БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

wireless technologies

www.wireless-e.ru

№ 1 (30) 2013 март

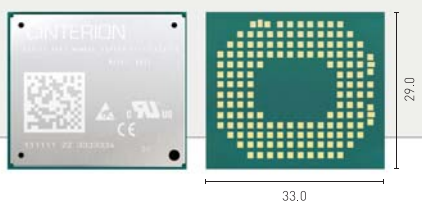
ISSN 2079-9233

gemalto

Cinterion® Products Approved Distributor

Новый Automotive лидер - Cinterion AHS3 - HSPA модуль, созданный для ЭРА ГЛОНАСС

AHS3



- Серия Automotive
- ЭРА ГЛОНАСС
- 3G/HSPA до 14.4 Мбит/с
- ГЛОНАСС/GPS
- Improved Power Management
- GPRS/EDGE класс 12
- Digital/Analog audio

ЭРА ГЛОНАСС	Качество	Функционал
• 100% ЭРА ГЛОНАСС • In-band модем • Режим «только экстренный вызов» • Категории сервиса • Качество аудио VDA 2a • Отложенное термовыключение	• VDA6.2/TS16949 • 100% X-ray • IMDS, GASDL • Строжайший контроль качества • e-mark • Automotive defect rate	• Сверхтонкий (толщина всего 2.4 мм) • Скорость передачи до 14.4 Мбит/с • Полная Pin-to-Pin совместимость • Диагностика антенны и микрофона • SIM Access Profile • Расширенный температурный диапазон -40°C...+95°C • Лёгкая миграция к LTE

EuroMobile WIRELESS SOLUTIONS

официальный дистрибьютор Gemalto в России и СНГ

Россия:

ЕвроМобайл Россия,
г. Санкт-Петербург,
пр. Энгельса, д. 71
Тел. +7 (812) 331-75-76;
+7 (495) 640-06-35
8 800 555-75-76
(звонок бесплатный)
www.euromobile.ru
info@euroml.ru

Украина:

ЕвроМобайл Украина,
г. Запорожье,
ул.Советской Украины,13
Тел. +380 (61) 213-41-77
www.euromobile.com.ua
info@euroml.com.ua

Беларусь:

ЕвроМобайл Беларусь,
г. Минск,
ул. Лобанка, д.79
Тел. +375 (17) 391-08-98
www.euromobile.by
info@euromobile.by

реклама

Сертификация навигационной аппаратуры ГЛОНАСС и ГЛОНАСС/GPS и навигационных модулей

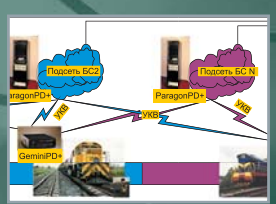
стр. 4

Новые GSM/3G-модули для спутниковой навигации от компании u-blox

стр. 28

Тест-обзор ГЛОНАСС/GPS-приемников

стр. 32



Технологические радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте

стр. 51

pt ELECTRONICS
Innovations & Technologies

ЕДИНЫЙ БЕСПЛАТНЫЙ ТЕЛЕФОН: 8-800-333-6350
ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА: NAVIA@PTELECTRONICS.RU
WWW.PTELECTRONICS.RU

НАВИА

ГЛОНАСС-МОДУЛЬ НАВИА ML8088E - САМЫЙ МАЛЕНЬКИЙ ПРИЕМНИК РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА СО ВСТРОЕННОЙ ESD ЗАЩИТОЙ!

- Современный чипсет
- Малое энергопотребление
- Компактные размеры 13x15x2.8 мм
- ESD защита 4kV
- Чувствительность обнаружение/слежение -145/-161 dBm
- Дифференциальный режим
- Использование поправок SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, QZSS)
- Использование поправок, передаваемых в модуль по протоколу RTCM SC-104
- ST-AGPS
- Загрузка данных о спутниковой обстановке
- Расширенный температурный диапазон: -50...+90°C
- Pin-to-Pin совместимость с ML8088s модулем

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛУГИ

БЕСПЛАТНЫЕ ОБРАЗЦЫ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

СКЛАД ПРОДУКЦИИ

ОФИСЫ КОМПАНИИ: САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, МОСКВА, НИЖНИЙ НОВГОРОД, ИЖЕВСК, ПЕРМЬ, ЕКАТЕРИНБУРГ, НОВОСИБИРСК, ЧЕБОКСАРЫ, ТАГАНРОГ, КИЕВ

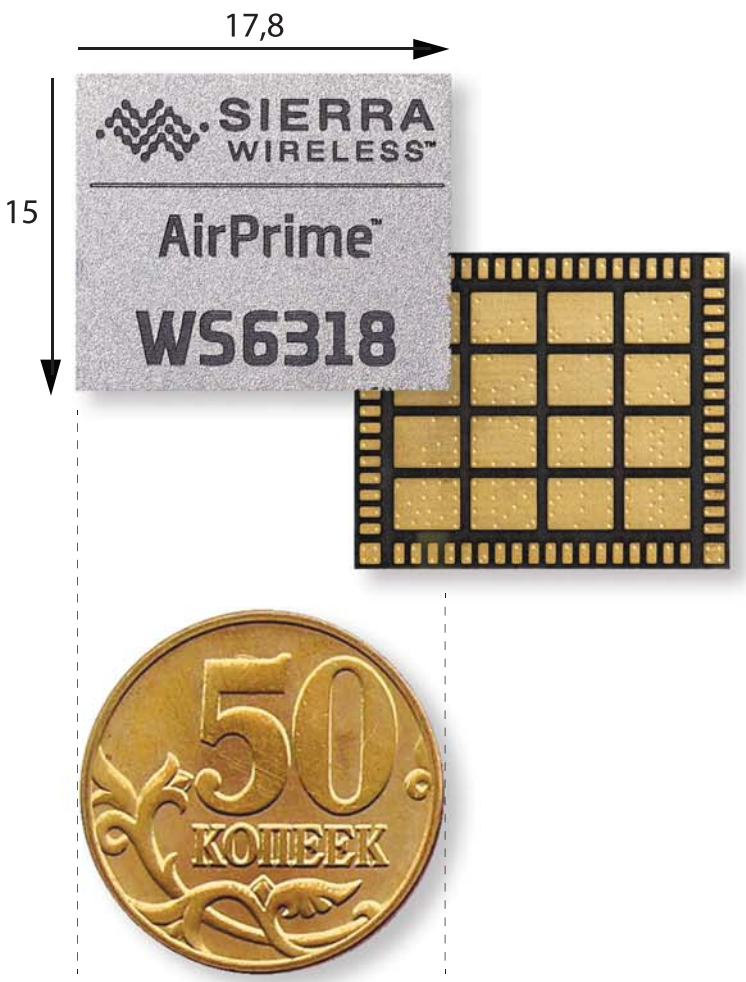
реклама

GSM МОДЕМ WISMO 6318

наименьшего размера

SIERRA WIRELESS™

ХИТ В НОВОМ ИСПОЛНЕНИИ



Системы АСКУЭ

Сигнализация и охрана

Терминалы оплаты

Персональные трекеры

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Свойства

- Встроенный DTMF декодер
- Встроенный стек протоколов TCP/IP с поддержкой FTP
- Сканирование сети (информация о текущей и соседних базовых станциях)
- Цифровой аудио интерфейс PCM

Встроенные интерфейсы ввода/вывода

- Последовательные порты: 2xUART
- Сеть: SIM (1,8 В/3 В), Tx Burst, Module Ready
- Аудио: 1xMicro, 2xSpeakers
- Цифровые: 11xGPIO, 2xPWM, Buzzer, On/Off, RTC, 32кГц, SIMPRES
- Аналоговые: 2xADC, 2,8 В на выходе

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

реклама

ЭЛТЕХ

www.eltech.spb.ru | wireless@eltech.spb.ru | **ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР SIERRA WIRELESS**

С-Петербург (812) 327-90-90 | **Москва** (499) 270-0787 | **Новосибирск** (383) 363-3550 | **Екатеринбург** (343) 311-4228 | **Ростов-на-Дону** (863) 206-2020 | **Чебоксары** (8352) 56-0505

БТ
БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 1 (30) 2013
март

Главный редактор
Павел Правосудов | pavel@fsmedia.ru
Заместитель главного редактора
Ольга Зайцева | olga_z@fsmedia.ru
Редактор
Елена Якименко | elena.yakimenko@fsmedia.ru
Новостной редактор
Наталья Новикова | Natalia.Novikova@fsmedia.ru
Дизайн и верстка
Дмитрий Никаноров | dmitry.nikanorov@fsmedia.ru
Отдел рекламы
Ирина Миленина | irina@fsmedia.ru
Отдел подписки
Наталья Виноградова | podpiska_kit@fsmedia.ru
Отдел распространения
Москва
105120, Нижняя Сыромятническая ул.,
д. 10, стр. 4, оф. 218
Тел./факс (495) 987-3720
Санкт-Петербург
190121, Садовая ул., 122
Тел. (812) 438-1538
Факс (812) 346-0665
e-mail: compitech@fsmedia.ru
web: www.finestreet.ru
Республика Беларусь
«ПремьерЭлектрик»
Минск, ул. Маяковского, 115, 7-й этаж
Тел./факс: (10*37517) 297-3350, 297-3362
e-mail: murom@premier-electric.com

Подписано в печать 01.03.2012
Тираж 3000 экз.
Свободная цена

Журнал «Беспроводные технологии»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране
культурного наследия. Свидетельство
о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС2-7791 от 07.11.2005.

Учредители
ООО «Издательство Файнстрит»
est. 1993 FINEstreet mediagroup
Дружинина Галина Алексеевна

Адрес редакции:
190121, г. Санкт-Петербург,
наб. р. Фонтанки, д.193Б
Издатель ООО «Издательство Файнстрит»
190121, г. Санкт-Петербург,
наб. р. Фонтанки, д. 193Б
Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»,
197374, г. Санкт-Петербург, ул. Оптиков, 4.
Редакция не несет ответственности
за информацию, приведенную в рекламных
материалах. Полное или частичное
воспроизведение материалов допускается
с разрешения ООО «Издательство Файнстрит».
Все рекламируемые товары и услуги имеют
необходимые лицензии и сертификаты.

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ).
На сайте Научной электронной библиотеки
eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные
тексты статей. Статьи из номеров журнала
текущего года предоставляются на платной основе.

Содержание

Приглашаем к обсуждению

Сертификация навигационной аппаратуры ГЛОНАСС и ГЛОНАСС/GPS и навигационных модулей 4

Технологии и стандарты

Виктор Лиференко, Наталья Шабалина
Перспективные направления развития стандартов IEEE: обновления 802.11aa, 802.11ae, 802.11ac 8

Виктор Лиференко, Наталья Шабалина
Перспективные направления развития семейства стандартов IEEE 802.16 10

Компоненты

Иван Гончаров
Новые решения Cinterion для автопрома 14

Наталья Коротких
3G/LTE-роутеры NetModule. «Пассажирский» Интернет и «умные» светофоры 16

Юрий Муренко
Радиочастотные модули ME50 от компании Telit с поддержкой протокола Wireless M-Bus 20

Роман Мишуков
Новые GSM/3G-модули для спутниковой навигации от компании u-blox 28

Юрий Висневский
Тест-обзор ГЛОНАСС/GPS-приемников 32

Алексей Аникин
Сравнительное тестирование GPS/ГЛОНАСС-приемников для систем мониторинга подвижных объектов 37

Интеграция

Виталий Полторацкий, Сергей Шатунов, Юрий Репин, Леонид Хватов
Принципы построения систем деформационного мониторинга сооружениий оползнеопасных участков автодорог 45

Обмен опытом

Сергей Маргарян, Ваган Саруханов, Андрей Щелухин
Технологические радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте 51

Юрий Брауде-Золотарев
Ошибки в новых войсковых радиостанциях 60

Схемотехника и конструирование

Вадим Шпенст, Антон Секретев
Метод маршрутизации беспроводных децентрализованных сетей на основе оптимизации сквозной пропускной способности 64

Ашраф Элгамрави(Ashraf Elghamrawi)
Квадратурные демодуляторы с высокой степенью интеграции 68

Измерение

Джоди Зелмер (Jodi Zellmer)
Новые возможности HSPA+ усложняют тестирование 70

SIMCom

МТ-Систем лучший официальный дистрибьютор компании SIMCom в России по итогам 2012 года

Новый компактный Quad-Band GSM/GPRS модуль SIM900E

*

QUAD-BAND | LGA | TCP/IP | HTTP | DTMF | MMS | SSL | ARM PLAY | -40 °C ... +85 °C

* в натуральный размер 19.8 мм на 19.8 мм

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА • СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТОВ • СКЛАД

MT system
www.mt-system.ru

Санкт-Петербург:
ул. Калинина, 13
Тел.: (812) 325-36-85
Факс: (812) 786-85-79
e-mail: info@mt-system.ru

Москва:
ул. Красноармейская, д.11, корп.1
Тел.: (495) 988-20-73
Факс: (495) 988-20-74
e-mail: moscow@mt-system.ru

Texas Instruments · IXYS · NXP · blue giga · WIZnet · molex · TE connectivity · SAMSUNG ELECTRONICS · Futaba · SIMCom · ON Semiconductor · LG Innotek · Panasonic · BRIDGELUX · amtec

реклама

Сертификация навигационной аппаратуры ГЛОНАСС и ГЛОНАСС/GPS

и навигационных модулей

Введение

Данная статья раскрывает нормативно-правовой вопрос о сертификации навигационных модулей и аппаратуры спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS (далее — абонентский терминал, рис. 1), применяемых в системах мониторинга автотранспорта. В статье рассказывается о существующих в России формах сертификации и обсуждается вопрос обязательности сертификации навигационных терминалов и навигационных модулей.

Рис. 1. Абонентский терминал ГЛОНАСС/GPS с антеннами

ГЛОНАСС и закон

ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) — в последние годы это слово стало знаменательным в области навигационной деятельности, что связано с реализацией российским правительством федеральной программы по «коммерциализации» российской спутниковой системы. Выбранное направление развития технологии, техники и науки породило ряд законов и подзаконных актов, сделавших обязательным внедрение технологии ГЛОНАСС в сферу государственного регулирования, а также формализовавших понятие навигационной деятельности в целом. Основным государственным регулятором в этом вопросе, как ни странно, стало Министерство транспорта РФ (далее — Минтранс). Именно Минтранс взял на себя выработку технических требований к навигационной аппаратуре ГЛОНАСС, определил основные понятия и взаимоотношения между участниками, реализующими исполнение глобального проекта.

Так, приказом Минтранса № 285 [1] была установлена отраслевая терминология, технические требования к аппаратуре спутниковой навигации, а также точные сроки начала обязательного оснащения аппаратурой ГЛОНАСС транспортных средств (ТС), участвующих в коммерческих перевозках пассажиров (категория M) и опасных грузов (категория N). Кроме того, постановлением правительства [2] на Минтранс было возложено определение: технических требований к тахографам; категорий и видов оснащаемых ими ТС; правил их использования, обслуживания и контроля их работы; порядка оснащения ТС тахографами. Начало обязательного оснащения ТС категорий N2, N3, M2 и M3 тахографами приходится на 1 апреля 2013 г. [3].

Модуль — не средство измерения

Предпринятые правительством шаги нашли самый живой отклик в отрасли мониторинга автотранспорта. На данный момент существует множество малых и крупных предприятий, специализирующихся на разработке и производстве абонентских терминалов. Подавляющее большинство из них уже начало массовое производство абонентских терминалов, соответствующих приказу Минтранса № 285. В соответствии со статьей № 12 Федерального закона об обеспечении единства измерений [4], подобные абонентские терминалы, применяемые в сфере государственного регулирования, обязаны пройти процедуру утверждения типа средств измерений с указанием параметров точности и интервалов поверки. Производитель для получения права участвовать в государственных тендерах на поставку абонентских терминалов обязан доказать метрологические качества своего оборудования, предоставив свидетельство об утверждении типа средств измерений. Этот документ в обиходе принято называть «обязательным метрологическим сертификатом». Он выдается аккредитованными организациями только после успешного прохождения испытаний абонентского терминала, утверждения его типа и внесения Росстандартом (Федеральное агентство по техническому регулированию

и метрологии) [5] в Государственный реестр средств измерений [6].

Надо сказать, что процедура внесения какой-либо аппаратуры в реестр средств измерений достаточно затратная и длительная по времени. Несмотря на то, что термины «средство измерения» и «тип средств измерений» четко определены и описаны в публичных источниках [7], многие производители абонентских терминалов предпочитают пойти на хитрость, которой способствуют заинтересованные поставщики электронных компонентов. Часто производитель для участия в тендере предоставляет обязательный метрологический сертификат, выданный на отладочный комплект (рис. 2), построенный на базе навигационного модуля ГЛОНАСС/GPS (рис. 3) и входящий в состав абонентского терминала. По сути, это является формой подлога.

Для пояснения на рис. 4 показана структурная схема стандартной системы мониторинга автотранспорта, в которую входят датчики уровня топлива, антенны и проч., а также абонентский терминал. Он состоит из монтажной платы, корпуса, разъемов и различных электронных компонентов, каждый из которых выполняет свою задачу: микропроцессор берет на себя функцию расчетов и управления другими элементами терминала; GSM/GPRS-модуль осуществляет передачу данных через сеть GSM; микросхемы питания обеспечивают преобразование бортового напряжения питания во внутрисхемные напряжения; навигационный модуль ГЛОНАСС/GPS осуществляет определение текущих координат, текущего времени, скорости и направления движения.

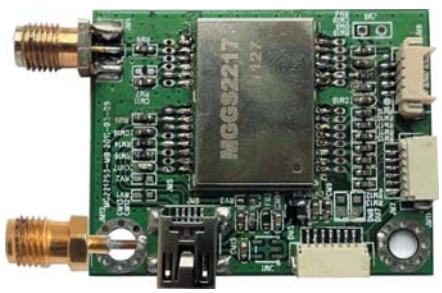


Рис. 2. Отладочный комплект на базе навигационного модуля MGGS2217

Рис. 3. Навигационный модуль ГЛОНАСС/GPS MGGS2217

Именно эти параметры являются предметом метрологического освидетельствования и должны быть подтверждены обязательным метрологическим сертификатом.

Дело в том, что для получения обязательного метрологического сертификата поставщики навигационных модулей подают на утверждение типа средств измерения отладочные комплекты (рис. 2), содержащие все необходимые элементы для проведения испытаний. При этом декларируется наименование отладочного комплекта, схожее с наименованием самого навигационного модуля [8–10]. В действительности вопрос отнесения навигационных модулей ГЛОНАСС/GPS к средствам измерения уже был официально разъяснен Росстандартом и сотрудниками ФГУП ВНИИМС [11]. Навигационные модули в отдельности не могут быть признаны средством измерения и не подлежат обязательной метрологической сертификации по той причине, что модули — это не законченное изделие, а лишь электронный компонент, не содержащий необходимые для функционирования модуля разъемы и радиотехнические элементы.

Поставщики электронных компонентов формально не совершают ничего противоправного, подавая отладочные комплекты на утверждение типа средств измерений. Более того, закон [4] допускает добровольное утверждение типа средств измерений. Однако производители оборудования, как и организаторы тендеров на закупку аппаратуры ГЛОНАСС, должны понимать, что обязательный метрологический сертификат, полученный на отладочный комплект навигационного модуля, может быть применен как документ, подтверждающий метрологические характеристики абонентского терминала, только в том случае, если в состав абонентского терминала входит сам отладочный комплект навигационного модуля (рис. 2), а не навигационный модуль (рис. 3). Иначе абонентский терминал не может быть признан удовлетворяющим ст. 12 Федерального закона об обеспечении единства измерений.

Добровольный сертификат соответствия

Получается, с одной стороны навигационные модули не являются средствами измерения и не могут быть внесены в реестр средств измерений. С другой стороны, в приложениях № 2 (пп. 20–22) и № 3 (пп. 23–25) к приказу № 285 есть четкие требования к метрологическим характеристикам отдельно взятого навигационного модуля, входящего в состав абонентского терминала. Требования звучат так:

- Навигационный модуль ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и других ГНСС обеспечивает точность определения текущего местоположения транспортного средства с погрешностью не более 15 м по координатной оси при доверительной вероятности 0,95.
- Навигационный модуль ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и других ГНСС обеспечивает формирование данных о местоположении (долгота, широта, высота), скорости движения и путевого угла, времени, дате в формате UTC. Формирование этих данных должно осуществляться с использованием навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС.
- Навигационный модуль ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и других ГНСС обеспечивает возможность доступа к навигационным данным в соответствии с протоколом IEC 61162 (NMEA-0183).

У производителей абонентских терминалов возникает справедливый вопрос о том, как подтвердить соответствие применяемого навигационного модуля указанным требованиям, первое из которых носит метрологический характер. По экспертному мнению сотрудников ФГУП ВНИИМС, для подтверждения метрологических свойств навигационного модуля существует система добровольной сертификации средств измерений. Добровольный сертификат соответствия удостоверяет успешное прохождение испытаний и подтверждает заявленные производителем метрологические характери-

Рис. 4. Структурная схема системы мониторинга автотранспорта

Несомненно, утверждение Минтрансом РФ требований к навигационной аппаратуре ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, предназначенной для оснащения транспортных средств, является серьезным шагом. Фактически, приказ № 285 на годы вперед формулирует единые правила для всех участников российского рынка транспортной телематики и спутниковой навигации. Насколько четко производители навигационного оборудования понимают предъявляемые к нему требования? Будет ли дальнейшее развитие проекта «ЭРА-ГЛОНАСС» стабильно успешным? Редакция журнала приглашает к обсуждению этих и смежных с ними вопросов как специалистов отрасли, так и просто заинтересованных в светлом будущем ГЛОНАСС лиц.
Статьи, мнения и предложения можно присылать в редакцию журнала на электронный адрес elena.yakimenko@fsmedia.ru

стики навигационного модуля. Добровольные сертификаты соответствия изготавливаются поставщиком навигационных модулей и, как правило, предоставляются производителям абонентских терминалов на безвозмездной основе.

Добровольный сертификат соответствия выдается аккредитованной организацией вместе с протоколом испытаний. Сопоставив протокол испытаний с требованиями приложений приказа № 285, организатору тендеров не сложно принять решение о соответствии или несоответствии абонентского терминала указанным условиям технического регламента.

Выводы

Не смотря на то, что существующие технические регламенты достаточно подробно описывают требования к аппаратуре спутниковой навигации ГЛОНАСС, среди организаторов государственных тендеров и заказчиков абонентских терминалов присутствует нехватка информации и точных ссылок на правовую документацию по вопросу сертификации оборудования и соответствию техническим регламентам. В статье показано, что существуют два типа документов, подтверждающих метрологические характеристики средства измерения:

- свидетельство об утверждении типа средств измерений Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии;
- сертификат соответствия системы добровольной сертификации средств измерения.

Первый документ относится к средствам измерения, в число которых входят абонентские терминалы. Для применения такого оборудования в сфере государственного регулирования свидетельство об утверждении типа средств измерений является обязательным условием. По этой причине данное свидетельство в обиходе называют «обязательным метрологическим сертификатом». Второй документ относится к навигационным модулям, которые применяются в составе навигационных терминалов. Он необходим, когда требуется удовлетворить требования приложений № 2 и № 3 к приказу Минтранса № 285. ■

Литература

1. Приказ Министерства транспорта РФ от 31.07.2012 № 285 «Об утверждении требований к средствам навигации, функционирующим с использованием навигационных сигналов системы ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и предназначенным для обязательного оснащения транспортных средств категории М, используемых для коммерческих перевозок пассажиров, и категории N, используемых для перевозки опасных грузов. http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=135553
2. Постановление Правительства РФ от 23.11.2012 № 1213 «О требованиях к тахографам, категориях и видах оснащаемых ими транспортных средств, порядке оснащения транспортных средств тахографами, правилах их использования, обслуживания и контроля их работы». www.rg.ru/2012/11/27/tahography-dok.html
3. Федеральный закон РФ от 14.06.2012 № 78-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «Об обязательном страховании гражданской ответственности перевозчика за причинение вреда жизни, здоровью, имуществу пассажиров и о порядке возмещения такого вреда, причиненного при перевозках пассажиров метрополитеном» www.rg.ru/2012/06/18/strahovka-metro-dok.html
4. Федеральный закон РФ от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». www.rg.ru/2008/07/02/izmereniya-dok.html
5. www.gost.ru/wps/portal/pages/main
6. www.vniims.ru/inst/gosreestr.html
7. www.vniims.ru/inst/termin/sredstva-izm-teh.html
8. Тип средств измерений MGGS2217 производства ООО «ГЛОНАСС Нева». http://fundmetrology.ru/10_tipy_si/view.aspx?num=49190-12
9. Тип средств измерений S1722G2F, S2525G2F, S3335G2F, GG12A производства SkyTraq Technology, Тайвань. http://fundmetrology.ru/10_tipy_si/view.aspx?num=49589-12
10. Тип средств измерений ГЕСО-1 производства ООО КБ «ГеоСтар навигация». http://fundmetrology.ru/10_tipy_si/view.aspx?num=44484-10
11. www.ultran.ru/newslist/besprovodnye-resheniya/osobennosti-utverzhdeniya-tipa-sredstv-izmereniya-v-sovremennyh

НОВОСТИ

Cinterion Wireless Modules меняет имя

Компания Gemalto объявляет о том, что Cinterion Wireless Modules теперь носит название Gemalto M2M, что свидетельствует о расширении ассортимента продукции и услуг M2M.

Gemalto предоставляет полный спектр сервиса для быстрой интеграции M2M-систем, применимых во многих сферах жизнедеятельности человека. В портфель компании теперь входят:

- Cinterion Wireless Modules — широкая линейка M2M-устройств, предназначенных для мобильной передачи данных с помощью LTE, UMTS/HSPA, GSM/GPRS/EDGE- и CDMA-технологий.
- Cinterion Machine Identification Modules (MIM) и услуги на основе MIM. MIM-модули — это торговая марка для встраиваемых SIM-чипов, применяемых в профессиональных M2M-разработках вместо стандартных SIM-карт для обеспечения максимальной надежности, безопасности данных и предоставления дополнительных сервисов.
- Cinterion Service — набор профессиональных услуг, ПО, консалтинга в сфере безопасности, который направлен на быструю и легкую интеграцию M2M-систем. Он включает в себя «облачные» приложения для быстрой интеграции M2M-решений, а также гибкое управление подписками и полный спектр услуг MIM, которые позволяют производителям усовершенствовать управление M2M-системами и продлить их жизненный цикл.

Таким образом, продукция и услуги Gemalto M2M призваны полностью обеспечить комплексный подход к M2M-решениям, при этом упрощается и сокращается процесс выхода приложений на рынок. Объединяя три лидирующие производственные линии, Gemalto M2M становится уникальной компанией, которая предоставляет единые решения по созданию M2M-приложений: от аппаратных и программных средств до обеспечения безопасного подключения к мобильным сетям и предоставления сервиса.

www.euromobile.ru

10-я Международная выставка геодезии, картографии, геоинформатики

15 – 17 октября 2013 года

Москва, ВВЦ

GeoForm+

Объединяя опыт, помогаем найти решения

Геодезия
Картография
Геоинформационные системы

Технологии и оборудование для строительства тоннелей

Интеллектуальные транспортные системы и навигация

Современное управление Situational Awareness Геопортал и геоинтерфейс

Технологии и оборудование для инженерной геологии и геофизики

Забронируйте стенд на www.geoexpo.ru

Организатор:

MVK
В составе группы компаний ПТЕ

Тел.: +7 (495) 935 81 00
E-mail: Zhukov@mvk.ru

Официальный спонсор: ГСИ

При поддержке: ТПП РФ

Генеральный информационный спонсор: ГЕОПРОФИ

реклама

ПОСТАВКА ПРОДУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

WIZnet

WIZFI210 / WIZFI220

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ UART – WI-FI

ДОСТУП В СЕТЬ ДЛЯ ЛЮБОГО УСТРОЙСТВА С ИНТЕРФЕЙСОМ UART ИЛИ SPI

WIZFI210 / WIZFI220

- Стандарт IEEE 802.11b (Wi-Fi)
- Высокая мощность передатчика: WizFi210 – 8 дБм, WizFi220 – 17 дБм
- Режимы работы: access point, ad-hoc, infrastructure
- Встроенная антенна или U.FL разъём
- Температурный диапазон: -40… +85 °C

АТ-КОМАНДАМИ ЗАДАЮТСЯ:

- Параметры беспроводного соединения (адрес точки доступа, мощность передатчика, используемый радиоканал)
- Сетевые параметры (IP-адрес, маска подсети, шлюз)
- Параметры безопасности (пароль, тип шифрования)
- Настройки обмена по интерфейсу UART
- Параметры сети, присоединение к которой будет осуществляться автоматически

УДОБНЫЕ ОТЛАДОЧНЫЕ ПЛАТЫ

WIZFI210-EVB / WIZFI220-EVB

ЭФО
WWW.EFO.RU

ООО «ЭФО» – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР WIZNET

WWW.WLESS.RU

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ:	МОСКВА:	КАЗАНЬ:	ЕКАТЕРИНБУРГ:	РОСТОВ-НА-ДОНУ:	ПЕРМЬ:	НИЖНИЙ НОВГОРОД:	НОВОСИБИРСК:
Т.: (812) 327-8654, Ф.: (812) 320-1819 E-MAIL: ZAV@EFO.RU	(495) 933-0743 MOSCOW@EFO.RU	(843) 518-7920 KAZAN@EFO.RU	(343) 278-7136 URAL@EFO.RU	(863) 220-3679 ROSTOV@EFO.RU	(342) 220-1944 PERM@EFO.RU	(831) 434-1784 NNOV@EFO.RU	(383) 240-8758 NSIB@EFO.RU

реклама

Перспективные направления развития стандартов IEEE:

обновления 802.11aa, 802.11ae, 802.11ac

Стандарты IEEE 802.11 в первую очередь находят широкое применение для организации связи с подвижными объектами и, кроме того, хорошо зарекомендовали себя при создании динамических беспроводных локальных сетей связи различных учреждений, фирм, зданий. Удобство использования, простота развертывания, легкость наращивания и масштабирования, возможность конфигурирования, хорошее качество и приемлемый объем предлагаемых услуг делают эти сети в настоящее время незаменимыми во всех вышеуказанных областях.

Виктор Лиференко,
д. т. н., профессор

Наталья Шабалина
basym@yandex.ru

С момента публикации первого стандарта IEEE 802.11 в 1997 г. разработка новых технических решений и предложений по их совершенствованию не останавливается. Практически каждый год ассоциация IEEE выпускает обновление к уже существующим стандартам, а также создаются новые, которые делают возможной не только передачу информации на более высоких скоростях, но и, как следствие, работу с более совершенными мультимедийными приложениями, такими как мобильный Интернет, передача фото и видео.

Не стал исключением и 2012 г., когда организацией IEEE были опубликованы две важные поправки к спецификации беспроводной связи 802.11 (Wi-Fi). Это обновления стандарта 802.11aa–2012, ae–2012 и 802.11ac–2012. Именно этим обновлениям и посвящен данный обзор.

На рисунке представлено направление развития стандартов беспроводной связи IEEE 802.11 [2].

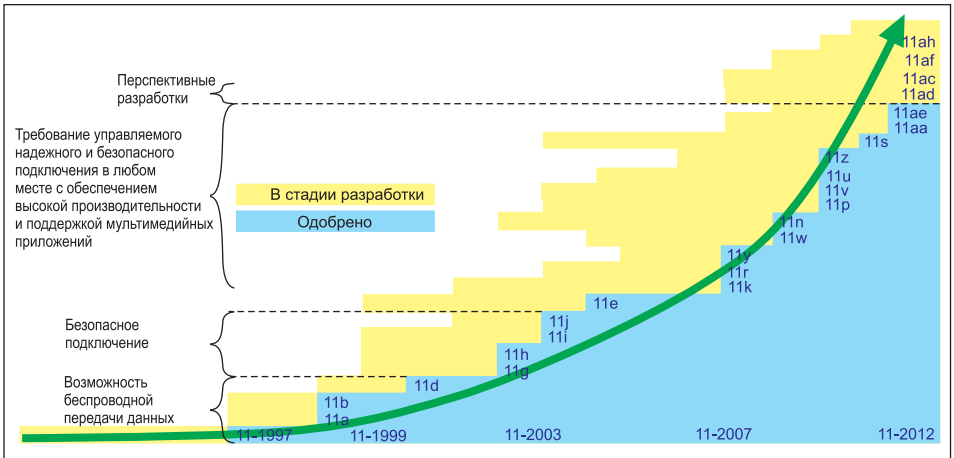


Рисунок. Развитие беспроводных стандартов IEEE 802.11

Изменения, которые было предложено внести в уже существующие стандарты, касаются совершенствования передачи потокового аудио/видео, а также совершенствования беспроводной сети и приложений.

В октябре 2012 г. были опубликованы данные о новых изменениях в стандартах. 802.11aa–2012 определяет новые функции QoS для более надежной аудио/видеотехники; 802.11ae–2012 определяет приоритетность управления кадрами в потоке данных, улучшает производительность сети. Обе эти поправки позволяют еще более активно использовать уже существующие стандарты и технические решения на их основе в различных отраслях промышленности, а также в повседневной жизни.

802.11aa содержит несколько новых важных качеств и принципов обслуживания (QoS) функций, в том числе службу классификации потоков, управление перекрытием сетей и поддержку 802.1Q потоков Reservation Protocol. Усовершенствования для 802.11 MAC (Medium Access Control) обеспечивают множество преимуществ, включая улучшение качества управления аудио/видеопотоком, надежность связи и производительность приложений в тех случаях, например, когда пропускной способности канала недостаточно или когда беспроводные сети перекрываются.

802.11ae определяет механизм для определения приоритетности кадров управления и протокол для взаимодействия приоритетов политики. Он позволяет организовать более сложную систему расстановки приоритетов, которая уравновешивает необходимость передачи информации и управление сетью и трафиком данных и обеспечивает повышенную производительность в сетях IEEE 802.11, а также высокую скорость и качество работы и приложений, которые их используют [1–3].

Появление новой модификации 802.1ac связывается с дальнейшим совершенствованием

существующих и уже внедренных стандартов (табл. 1). Он еще находится в стадии разработки и редактирования. Максимальная скорость передачи данных может достигать 6,9 Гбит/с, стандарт позволяет передавать информацию с очень высокими скоростями в частотной области 2,4 или 5 ГГц. Такое ускорение достигается за счет оптимизации протокола передачи данных и некоторых других методик:

- более высокоступенчатая модуляция (QAM26 вместо QAM64), кодируется 8 вместо 6 бит;
- ширина канала больше в четыре раза (160 вместо 40 МГц);
- возможность использования одновременно до восьми приемных антенн;
- возможность работы многопользовательских базовых станций со многими абонентами одновременно.

Стандарт 802.11ac принадлежит к следующему поколению беспроводных сетей, по сути дела являясь так называемым стандартом 5G. Использование того или иного предусмотренного частотного диапазона зависит от того, какие цели поставлены. Так, например, частотный диапазон 2,4 ГГц уже достаточно активно используется. Скорее всего, по умолчанию в качестве базового будет использоваться диапазон 5 ГГц, однако при работе со старыми устройствами чипы будут переключаться на низкие частоты [1–3].

Значительное увеличение скоростей передачи достигается за счет увеличения ширины канала в 2–4 раза до 160 МГц, причем количество этих каналов достигает восьми, и, как следствие, максимальная скорость передачи, которую возможно обеспечить, равна практически 7 Гбит/с.

В таблице 2 приведены отличающиеся характеристики нового и уже существующего стандартов. Общими же для них являются:

- поддержка кодирования CC и LDPC;
- поддержка технологии MIMO;
- дуплекс TDD;
- метод доступа CSMA/CA;
- переменная длительность кадра;
- поддержка возможности перемещения абонента.

Говоря о применимости вышеуказанных разрабатываемых стандартов, стоит отметить, что их распространения следует ожидать в среде мобильных устройств. Широкая популярность устройств на базе этих технологий вполне реальна, так как вышеуказанные преимущества говорят не только о возможности предоставления высокоскоростных услуг, но и о способности поддерживать передачу мобильным абонентам объемных мультимедийных приложений и видеофайлов при одновременной загрузке сети другими задачами.

Несмотря на то, что все скорости являются максимально возможными и теоретически достижимыми, в силу разных факторов (конфигурация помещений, наличие возможных помех) реальные скорости работы стандарта будут несколько меньше. Но, тем не менее, они все же будут больше, чем может предоставить потребителю любой другой стандарт беспроводной связи.

В заключение стоит отметить, что ситуация в сфере разработки стандартов беспроводной связи весьма изменчива. С каждым годом появляются обновления и принципиально новые стандарты беспроводной связи. Данный обзор отражает ситуацию, которая сложилась по состоянию на III–IV квартал 2012 г. ■

Таблица 1. Основные характеристики некоторых стандартов IEEE 802.11

802.11	Максимальная скорость одного канала, Мбит/с	Ширина канала, МГц	Максимальное количество каналов	Рабочая частота, ГГц
a	54	20	1	3,4/5
b	11	20	1	2,4
g	54	20	1	2,4
n	150	20/40	4	2,4/5
ac	866	20/40/80/160	8	5

Литература

1. IEEE Std 802.11-2012, IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, March 2012.
2. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update. 2010–2015. White paper. February 1, 2011.
3. IEEE 802.11aa, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Specific Requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Amendment 2: MAC Enhancements for Robust 12 Audio Video Streaming, May 2012.
4. IEEE 802.11ae, IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Amendment 1: Prioritization of Management Frames. April, 2012.
5. IEEE 802.1Q-2011, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks. August, 2011.
6. IEEE 802.1D-2004, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Media Access Control (MAC) Bridges. June, 2004.

Таблица 2. Сравнение характеристик нового стандарта с уже существующим

Стандарт IEEE	Номинальная пропускная способность канала, МГц	Модуляция (скорость кодирования, вверх/вниз)					Пиковая скорость передачи в канале, Мбит/с
		256-QAM OFDM	64-QAM OFDM	16-QAM OFDM	QPSK OFDM	BPSK OFDM	
802.11 (2012)	20; 40		2/3, 3/4, 5/6	1/2, 3/4	1/2, 3/4	1/2	75
P802.11ac	20; 40; 80; 160; 80+80	2/3, 3/4, 5/6					216

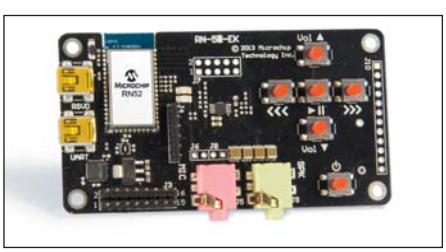
НОВОСТИ

Новый модуль Bluetooth от Microchip для потокового аудио

Компания Microchip расширяет ассортимент продукции для беспроводных применений выпуском Bluetooth-модуля RN52. Он имеет малое энергопотребление, компактный корпус для поверхностного монтажа и стандартные профили передачи аудио и данных для всех современных платформ смартфонов. Это позволяет легко разрабатывать беспроводные аудиосистемы, совмещенные с передачей данных, такие как колонки, наушники, гарнитуры, автомобильные hands-free системы, медицинские приборы и компьютерные аксессуары.

Модуль Microchip RN52 (основан на технологии Roving Networks) имеет встроенный стек, что позволяет собрать конечное изделие быстро и надежно, причем работать можно с любым микроконтроллером или микропроцессором. Стек поддерживает профили SPP, A2DP, HFP/HSP и AVRCP, iAP для работы с iPhone и iPod, а также кодеки SBC, aptX, AAC и MP3.

Для быстрого начала работ Microchip предлагает новый специальный отладочный набор — Bluetooth Audio Evaluation Kit (RN-52-EK). Сам модуль также доступен для заказа — RN-52-I/RM.



www.microchip.com

Перспективные направления развития

семейства стандартов IEEE 802.16

В статье рассматривается необходимость введения нового стандарта IEEE 802.16 m и его модификации IEEE 802.16 p. Поводом для данного шага является необходимость разгрузить сети связи, увеличить их пропускную способность, а также повысить качество передачи данных и их объем. В этом стандарте поддерживается технология MIMO (Multiple Input Multiple Output), позволяющая системам связи работать с несколькими передатчиками или приемниками информации и осуществлять загрузку сетей мобильных операторов связи вплоть до критической возможной скорости (180 Мбит/с), в несколько раз превышающей ту, которой можно достичь, используя сети, существующие в настоящее время. Что касается перспектив внедрения, то данный стандарт будет использоваться такими организациями, как TTA, ARIB и WiMAX. IEEE 802.16 m стал первым стандартом, который официально можно причислить к поколению 4G.

Виктор Лиференко, д. т. н., профессор

Наталья Шабалина

Краткий обзор и энергетическая эффективность стандарта IEEE 802.16 m

Особый интерес для рассмотрения представляет технология MIMO. В ней применено пространственное разнесение антенных элементов для улучшения пропускной способности системы и увеличения ее надежности при передаче данных. Канал связи при использовании лишь одной передающей антенны в условиях пересеченной местности или городской застройки подвержен многочисленным искажениям, к которым относятся мелкомасштабные и крупномасштабные замирания сигнала. Технология MIMO позволяет практически свести к минимуму этот эффект путем создания нескольких альтернативных путей распространения сигнала. Таким образом, на приемной стороне будет получена более полная информация о переданном сигнале. На рис. 1 представлена типичная схема организации приемопередачи с помощью технологии MIMO [1]. Переданные сигналы с помощью математических алгоритмов описаны с точки зрения времени, частоты и пространственных координат; используемая общая и основная технология — пространственное мультиплексирование. Сообщения, переданные каждым антенным элементом, независимы и кодируются отдельно. На приемной стороне сигналы декодируются и идентифицируются.

Применение технологии MIMO позволит увеличить охват территории обслуживания на 20–30%. Дальнейшее увеличение пропускной способности возможно за счет использования фемтосот (Femtocell). С помощью этого можно добиться уменьшения промежутков между зонами базовых станций. Кроме

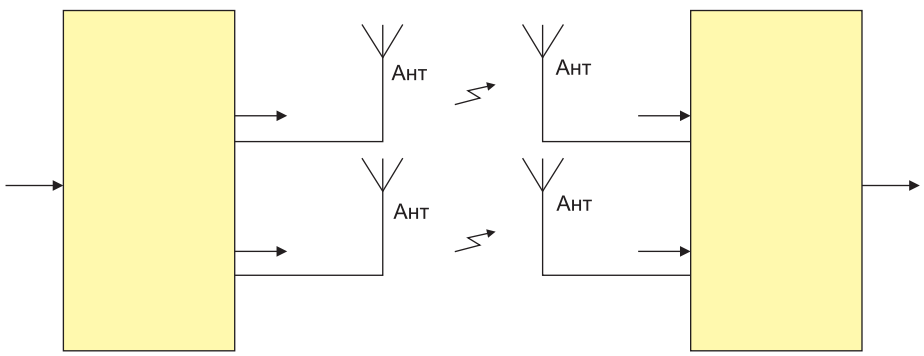


Рис. 1. Принцип действия технологии MIMO

того, предлагается внедрение следующих технологий:

- MIMO с размерностью порядка 8×4 (восемь антенн в направлении «вверх», четыре — в направлении «вниз»);
- контроль передачи данных с обратной связью;
- использование субканальных схем с циклическим префиксом 1/16.

Конечный результат использования всех вышеперечисленных технологий — увеличение спектральной эффективности и пропускной способности — представлен в таблице 1.

Архитектура протокола IEEE 802.16 m

Архитектура протокола IEEE 802.16 содержит два уровня — MAC и PHY (рис. 2) [2]. Слой MAC делится на три подуровня CSL: Convergence Sub layer (слой сходимости), MAC Common Part Sub layer (общая часть) и Security Sub layer (слой безопасности). Уровень Convergence Sub layer получает данные из более высоких слоев и Common Part Sublayer. Уровень Convergence Sub layer также сортирует рабочие данные. Следующий уровень — MAC Layer. В нем происходит управление полосой пропускания. Security Sub layer — уровень безопасности, который отвечает за обеспечение безопасности адреса уровня, установление подлинности, проверку ключей безопасности и шифрование данных. В нем происходит также обмен MAC с физическим уровнем.

Обеспечение передачи данных протоколом IEEE 802.16 m

В стандарте IEEE 802.16 m предусмотрено несколько классов для потоков передачи, что позволяет обеспечить гибкость потока:

- «низкоскоростное мультимедиа» — скорость передачи до 144 кбит/с;
- «среднескоростное мультимедиа» — скорость передачи достигает 2 Мбит/с;
- «высокоскоростное мультимедиа» — скорость передачи данных до 30 Мбит/с;
- «суперскоростное мультимедиа» — скорость передачи от 100 Мбит/с до 1 Гбит/с.

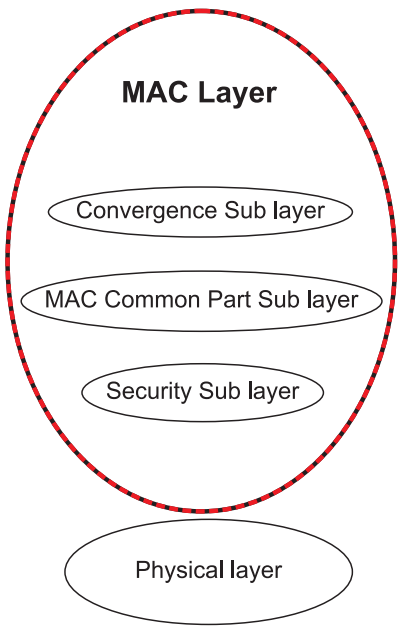


Рис. 2. Архитектура протокола IEEE 802.16 m

Таблица 1. Параметры спектральной эффективности для стандарта IEEE 802.16 m

Параметр	Конфигурация антенн	Спектральная эффективность, бит/с/Гц
Пиковая спектральная эффективность DL	MIMO 2×2	8,5
	MIMO 4×4	17
Средняя спектральная эффективность DL	MIMO 4×2	3,2 0,32 (на пользователя)
Пользовательская пропускная способность для края соты DL	MIMO 4×2	0,09
Пиковая спектральная эффективность UL	MIMO 1×2	4,6
	MIMO 2×4	9,3
Средняя спектральная эффективность UL	MIMO 2×4	2,6 0,26 (на пользователя)
Пользовательская пропускная способность для края соты UL	MIMO 2×4	0,11

Нельзя обойти вниманием и приложение к этому стандарту — обновление IEEE 802.16 p. В настоящее время актуальной задачей является создание сетей связи, которые позволят согласованно работать нескольким механизмам или устройствам, так называемая архитектура сети связи M2M (machine-to-machine) [3]. Требования, которые предъявляются к сетям этого типа, несколько отличаются от остальных, уже используемых. Области применения, представляющие интерес: наблюдение, слежение, государственная безопасность, биодатчики в здравоохранении, обслуживание и контроль технологических процессов, автоматизированные процессы в различных отраслях промышленности. Некоторые технические характеристики и возможности стандарта IEEE 802.16 p представлены далее.

Задачей разработки данного стандарта было предоставление оператору возможности обслужить максимальное количество активных пользователей, которым это может потребоваться в заданном районе действия антенны базовой станции. В таблицах 2–4 представлены характеристики стандарта IEEE 802.16 p, касающиеся

Таблица 2. Основные параметры стандарта IEEE 802.16 p

Параметры	Сеть IEEE 802.16 p в домашнем и промышленном использовании
Несущая частота, ГГц	2,5
Полоса рабочих частот, МГц	10, TDD
Размер соты (радиус покрытия, км)	1,5 (в городе)
	3,0 (на открытой местности)
Скорость перемещения абонента, км/ч	0–120
Количество передающих антенн базовой станции	2 (обязательные)
	4 (необязательные)
Количество приемных антенн базовой станции	1 (обязательные)
	2 (необязательные)
Мощность передатчика M2M	TBD
Мощность передатчика базовой станции на сектор, дБм	46
Высота антенны базовой станции, м	12,5
Количество передающих антенн базовой станции на сектор	2 (обязательные)
	4 (необязательные)
Количество приемных антенн базовой станции на сектор	2 (обязательные)
	4 (необязательные)
Число секторов	3
Усиление антенны в направлении «вперед–назад», дБ	30 (обязательно)
	20 (при необходимости)
Размер антенны	4 (обязательно)
	0,5 (при необходимости)
Количество передающих антенн M2M	1
Количество приемных антенн M2M	1
Тип антенны M2M	Горизонтальная поляризация
Усиление антенны в направлении главного лепестка, дБи	20
Ширина лепестка антенны по уровню 3 дБ	20
Усиление антенны, дБ	23
Уровень шума, дБ	5
Потери в кабеле, дБ	2

Таблица 3. Развертывание сети стандарта IEEE 802.16 p в качестве домашней сети

Параметр	Радиус соты, м	Число устройств в здании	Число зданий в сотах
Городская территория	1500	10	18116
Пригород	3000	10	20912

Таблица 4. Развертывание сети стандарта IEEE 802.16 p в качестве промышленной сети

Параметр	Радиус соты, м	Количество устройств в сотах
Город	1500	13583
Пригород	3000	7092

вопросов использования данного стандарта в быту и промышленности [2, 4–7].

Обобщая сказанное, стоит отметить основные преимущества и поддерживаемые услуги стандарта IEEE 802.16:

- расширенные услуги передачи информации, возможность обеспечить большую скорость передачи и спектральную эффективность;
- приложения, основанные на GPS и др., позволяющие определять местоположение абонента и поддерживающие другие возможности поиска и навигации (время ожидания порядка 30 с для определения местоположения);
- самоорганизующаяся сеть SON — одна из важнейших особенностей, позволяющая улучшить конфигурацию сети и оптимизировать ее путем самонастройки программными методами. Самоконфигурация позволяет достичь оптимального режима работы беспроводной сети связи в случае наличия ошибок и сложных условий радиовещания, гарантирует высокие показатели QoS;
- передовые схемы шифрования, конфиденциальность личности пользователя и переданных пакетов данных.

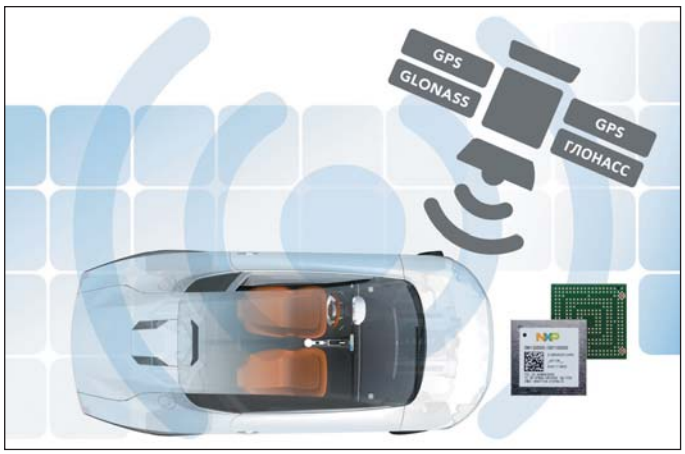
В заключение следует отметить, что динамика в сфере разработки стандартов беспроводной связи весьма изменчива и отражает уровень и тенденции развития беспроводной связи. ■

Литература

1. Dadhich R., Narang G., Yadav D. M. Analysis and Literature Review of IEEE 802.16 m (Mobile WiMAX) Security.
2. IEEE 802.16p Machine to Machine (M2M) Evaluation Methodology Document (EMD).
3. Booysen M. J., Gilmore J. S., Zeadally S., van Rooyen G.-J. Machine-to-Machine (M2M) Communications in Vehicular Networks.
4. IEEE 802.16p Machine to Machine (M2M) System Requirements Document (SRD) (initial working document revised).
5. Wireless MAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems // IEEE Microwave Theory and Techniques Society.
6. Trinity SMART sense for remotedevice management // Trinity Telecommunications. August, 2011.
7. Research and Innovative Technology Administration (RITA). U.S. Department of Transportation (US DOT). 2011.

НОВОСТИ

GloTOP от NXP с поддержкой спутниковой системы ГЛОНАСС



Компания NXP Semiconductors представила GloTOP 2.5G, новейшее дополнение к своему семейству телематических решений ATOP.

GloTOP предназначено специально для работы с российской спутниковой навигационной системой ГЛОНАСС и позволяет легко и быстро интегрировать телематические приложения в автомобили. Будучи оснащенным системой параллельного приема сигналов ГЛОНАСС и GPS, GloTOP может автоматически выбирать наиболее подходящий сигнал, в любой момент времени гарантируя максимальную точность позиционирования.

Для автопроизводителей особенно важно, что GloTOP и имеющиеся решения NXP ATOP совместимы по выводам и программно, благодаря чему обеспечивается их простая и экономически эффективная взаимозаменяемость. Это имеет решающее значение для компаний — производителей бортовых телематических модулей, стремящихся выйти на российский рынок, где предполагается установление значительных импортных пошлин на автомобили, не поддерживающие систему ГЛОНАСС. Также система ГЛОНАСС недавно была одобрена в качестве стандарта для Индии, поэтому решение GloTOP будет полезно для автомобильных концернов, поставляющих свою продукцию и на этот рынок.

Решение GloTOP, объединяющее в одном корпусе важнейшие функции ГЛОНАСС, GPS, GSM и NFC, обеспечивает возможности внедрения разнообразных телематических приложений — таких, например, как предупреждение перегрузки сети (congestion avoidance), диагностика бортовой системы автомобиля и управление автопарком. Эти решения могут работать параллельно, не требуя использования дополнительных модулей и значительно снижая сложность системы. Кроме того, разработка подобных систем упрощается благодаря поддержке Java, гибкого языка программирования высокого уровня, широко используемого при создании передовых приложений.

Как и в других решениях ATOP, в GloTOP изначально встроены аппаратные средства защиты, что является уникальным для телематической отрасли. Эта важная функция предназначена для защиты частной информации пассажиров транспортного средства.

Одним из ключевых применений GloTOP станут системы автоматического предупреждения об аварии, которые являются аналогом европейской eCall и с 2015 г., по планам, станут обязательным требованием ко всем новым автомобилям, продающимся в России. В случае серьезной аварии такая система сможет автоматически вызвать ближайшую службу неотложной помощи. При этом в спасательную службу передается минимальный набор данных, включая географическое местоположение, что позволяет спасателям намного быстрее прибыть на место аварии и спасти жизни пострадавших.

www.nxp.com.

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет получил грант Motorola Solutions Foundation

Компания Motorola Solutions объявила о предоставлении Санкт-Петербургскому государственному политехническому университету гранта в размере $25 000 в рамках международной благотворительной программы Motorola Solutions Foundation. Благодаря получению гранта Политехнический университет сможет реализовать программу курсов для обучения новейшим технологиям разработки программного обеспечения в области MESH-сетей.

Motorola Solutions Foundation предоставляет гранты компаниям по всему миру, делая акцент на развитии сферы программирования на рынках с сильным присутствием компании Motorola Solutions. В 2011 г. Motorola Solutions и Motorola Solutions Foundation предоставили гранты общей суммой более $3,9 млн за пределами США.

www.motorolasolutions.com

pt ELECTRONICS
Innovations & Technologies

ЕДИНЫЙ БЕСПЛАТНЫЙ ТЕЛЕФОН: 8-800-333-6350
ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА: CINTERION@PTELECTRONICS.RU
WWW.PTELECTRONICS.RU

gemalto
Cinterion® Products Approved Distributor

НОВЫЙ **3G МОДУЛЬ CINTERION AHS3** УДОВЛЕТВОРЯЕТ ВСЕМ ТРЕБОВАНИЯМ ПРОЕКТА ЭРА-ГЛОНАСС!

- 100% готовность к работе в системе ЭРА-ГЛОНАСС
- Скорость передачи данных 14,4Мбит/с
- GPRS/EDGE класс 12
- Диагностика антенны/микрофона;
- Remote SIM Access Profile;
- Advanced temperature management
- Качество звука VDA 2a
- Встроенный GPS/ГЛОНАСС
- Чувствительность в режиме слежения -158dBm
- A-GPS
- Расширенный температурный диапазон: -40...+85°C
- Pin-to-Pin совместимость с LTE модулем

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛУГИ

ОБРАЗЦЫ СО СКЛАДА

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

ОФИСЫ КОМПАНИИ: САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, МОСКВА, НИЖНИЙ НОВГОРОД, ИЖЕВСК, ПЕРМЬ, ЕКАТЕРИНБУРГ, НОВОСИБИРСК, ЧЕБОКСАРЫ, ТАГАНРОГ, КИЕВ

реклама

Новые решения Cinterion

для автопрома

Иван Гончаров
ivan.goncharov@ptelectronics.ru

Рынок автомобильных систем телеметрии и систем мониторинга подвижных объектов стремительно развивается. Не последнюю роль в этом играют GSM-модули и системы позиционирования. На сегодня наблюдаются две устойчивые тенденции: использование в одном устройстве комбинации GSM- и GPS/ГЛОНАСС-модулей и совмещенных решений от одного производителя.

Немецкая компания Cinterion, мировой лидер в области M2M и ключевой игрок на рынке автомобильной индустрии, предлагает качественные решения для разработки систем мониторинга и безопасности автотранспорта, а также новый флагманский продукт, разработанный для мировых лидеров автопрома, — модуль, который отвечает всем требованиям системы «ЭРА-ГЛОНАСС».

GSM-модули нового поколения

Недавно компания Cinterion обновила линейку своей продукции, выпустив модули нового поколения (рис. 1).

GSM-модули последнего поколения — BGS2, AGS2 и EHS5 — pin-to-pin совместимы между собой. Такое решение существенно облегчает переход от устройств 2G к 3G. Новый флагман в линейке для автомобильного применения, 3G-модуль AHS3 для системы «ЭРА-ГЛОНАСС», также pin-to-pin совместим с LTE-модулем PLS8. Такое решение существенно помогает разработчикам: не нужно заново разводить плату, что существенно экономит время разработки и сокращает финансовые затраты.

BGS2 выполнен в LGA-форм-факторе и имеет размеры 27,6×18,8×2,3 мм. Модуль отличает ультранизкое энергопотребление, что делает его самым экономичным из всех модулей данной серии, а миниатюрные габариты позволят использовать его в устройствах, размер которых критичен.

EHS5 — самый маленький в мире 3G-модуль с поддержкой Java, что позволяет использовать его без внешнего микроконтроллера. Встроенная виртуальная Java-машина (VJM) позволяет разработчикам писать различные приложения. Управление модулем осуществляется как AT-командами, так и при помощи программного обеспечения. Разработчикам доступен полный набор API. EHS5 поддерживает технологию обновления приложений и программного обеспечения модуля «по воздуху» (Over-The-Air, OTA).

Модуль для автомобильного применения AGS2

Cinterion имеет большой опыт разработки беспроводных решений для автомобильной промышленности. Компания принимала активное участие в разработке устройств для системы eCall, европейского аналога «ЭРА-ГЛОНАСС». GSM-модули для автопрома разработаны в соответствии со всеми стандартами качества, предъявляемыми к модулям такой серии, а также имеют все необходимые сертификаты. Они способны работать в самых жестких условиях.

Новый модуль AGS2, прошедший все необходимые сертификации, отличается особой прочностью, устойчивостью к температурным перепадам, вибрации, тепловым ударам (рис. 2).

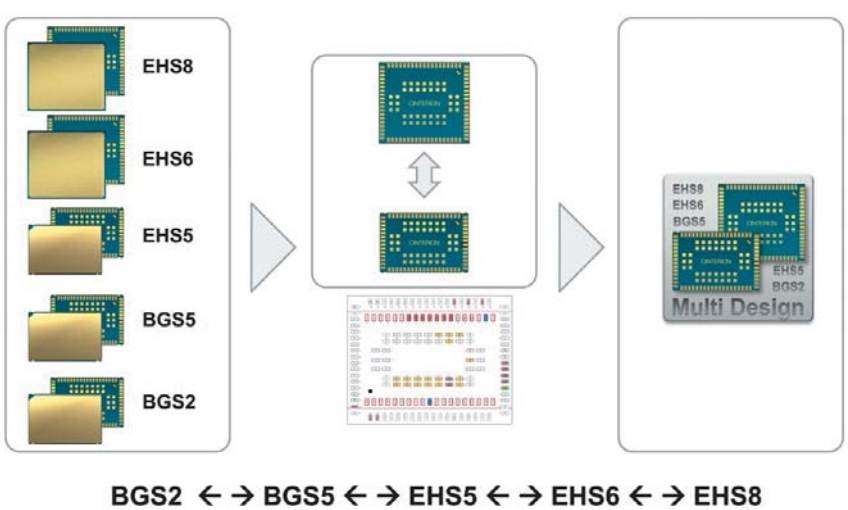


Рис. 1. GSM-модули последнего поколения

Рис. 2. GSM-модуль AGS2

Таблица 1. Технические характеристики модуля AGS2

Частотный диапазон, МГц	850/900/1800/1900
GPRS	Class 10
CSD	14,4 кбит/с
TCP/IP-стек	TCP клиент/сервер, UDP, HTTP, FTP, SMTP, POP3, Ping
Интерфейсы	Два последовательных интерфейса управления, 6 GPIO, I²C, PWM, ADC/DAC, RTC, интерфейс для подключения Flash или PSRAM, Sim-интерфейс 1,8/3 В
Аудиоинтерфейс	Цифровой и аналоговый
Напряжение питания, В	3,3–4,5
Ток потребления в режиме Sleep, мА	1,1
Габариты, мм	27,6×18,8×2,7
Температурный диапазон, °С	–40...+90

Таблица 2. Основные технически характеристики AHS3

Частотный диапазон, МГц	850/900/1800/1900/2100
GPRS/EDGE	Class 12
TCP/IP	TCP клиент/сервер, UDP, FTP, HTTP, SMTP, POP3, Ping
Скорость передачи данных, Мбит/с	14,4 — прием (DL), 5,7 — передача (UL)
Интерфейсы	Последовательный интерфейс управления, USB 2.0; антенные интерфейсы: два GSM/UMTS, один GPS, 10 GPIO, I²C, UICC/SIM 1,8/3 В
Характеристики GPS/ГЛОНАСС	Встроенный GPS/ГЛОНАСС-приемник; Протокол NMEA; Управление AT-командами; A-GPS; Чувствительность в режиме слежения –158 дБм
Аудиоинтерфейс	Аналоговое и цифровое аудио
Напряжение питания, В	3,3–4,2
Ток потребления в режиме Sleep, мА	1,5
Габариты, мм	33×29×2,4 мм
Температурный диапазон, °С	–40...+85

Его основные технические характеристики приведены в таблице 1.

GSM-модуль AGS2 обладает малыми габаритами, что удобно для разработки портативных устройств. Он демонстрирует самое низкое энергопотребление в своем классе, имеет расширенный температурный диапазон, встроенный in-band модем для системы eCall и голосовые подсказки. Модуль оснащен функциями защиты от перегрева и может работать на экстремальных температурах. Благодаря расширенной функции управления питанием устройство, разработанное на базе AGS2, сможет работать от автономного источника питания в течение нескольких лет. Кроме того, модуль оснащен такими полезными функциями, как диагностика антенного и аудиотракта, а также функцией обнаружения глушения радиоканала. Модуль полностью управляется AT-командами.

Достойным образом проявила себя комбинация AGS2 с GPS/ГЛОНАСС-приемником НАВИА-ML8088s (рис. 3).

Подключение выполняется через последовательный интерфейс. В качестве связующего микроконтроллера рекомендуется использовать STM32W от компании STMicroelectronics, разработанный специально для работы с беспроводными устройствами. Подключение модулей выполняется через последовательный интерфейс. По такой же схеме можно реализовать подключение модуля BGS2.

GSM/GPS/ГЛОНАСС-модуль AHS3 для системы «ЭРА-ГЛОНАСС»

В последнее время становятся все более популярными совмещенные решения GSM/GPS/ГЛОНАСС в одном модуле (рис. 4). Безусловно, они обладают рядом преимуществ: пропадает необходимость в использовании различных устройств, энергопотребление более выгодное. Пожалуй, единственным минусом таких решений можно считать габариты и суммарную площадь, занимаемую на плате.

AHS3 от Cinterion — надежное и качественное решение совмещенного модуля для системы «ЭРА-ГЛОНАСС». Новый продукт принят к использованию ведущими автомобильными производителями. AHS3 разработан с использованием современных передовых технологий и с соблюдением всех стандартов качества. Компании удалось добиться минимального числа брака и очень высокой надежности.

Модуль выполнен на передовом чипсете от Qualcomm, за счет чего удалось достичь компактных размеров и низкого энергопотребления. AHS3 является самым прочным и тонким модулем в своем классе, с расширенным температурным диапазоном. Модуль pin-to-pin совместим с LTE-модемом PLS8. Он обладает функциями тестирования антенных трактов GSM/UMTS, GPS и аудиотракта, поддерживает функцию определения глушения радиоканала. Оптимальное управление энергопотреблением AHS3 сохраняет заряд аккумуляторной батареи и снижает нагрев. Основные технические характеристики приведены в таблице 2.

AHS3 имеет встроенный усовершенствованный in-band модем, отвечающий всем требованиям 3GPP Rel.8, и высокое качество звука, отвечающее стандарту VDA 2a. Еще одной отличительной особенностью модуля является поддержка Dormant Mode — это сканирование сетей в ждущем режиме для быстрой регистрации в случае аварии. 6/7 бит — специальный признак автоматического или ручного тревожного сигнала.

Некоторые характеристики встроенного GPS/ГЛОНАСС-приемника:

- выдает координаты в формате NMEA;
- поддерживает функцию точного расчета траектории движения управляемого объекта (dead reckoning);
- работает с активной GPS/ГЛОНАСС-антенной;
- поддерживает функцию расчета предполагаемого места положения без сигналов GPS/ГЛОНАСС на основе имеющихся данных.

Чувствительность в режиме слежения составляет –158 дБм. Все настройки GPS/ГЛОНАСС устанавливаются через AT-команды.

Выпускаемые компанией Cinterion компоненты неизменно отличаются высоким качеством. Недавние новинки не стали исключением, особенно совмещенный 3G-модуль AHS3 для системы «ЭРА-ГЛОНАСС». Благодаря толщине всего 2,4 мм устройство прекрасно подходит для интеграции в компактные автомобильные решения. Особая прочность и долговечность корпуса соответствуют требованиям разрабатываемых устройств автомобильного сегмента. Посадочное место разработано с учетом применения модулей, поддерживающих связь 4G. ■

Рис. 3. Блок-схема подключения GSM-модуля и GPS/ГЛОНАСС при помощи микроконтроллера

Рис. 4. 3G-модуль AHS3 со встроенным GPS/ГЛОНАСС-приемником

3G/LTE-роутеры NetModule.

«Пассажирский» Интернет и «умные» светофоры

В статье рассматриваются 3G/LTE-роутеры компании NetModule и их применение в автобусах, поездах, теплоходах, «умных» светофорах.

Наталья Коротких
info@euroml.ru

Транспортные компании, специализирующиеся на пассажирских перевозках, вводят услугу Wi-Fi (доступ к сети Интернет) и другие информационно-развлекательные сервисы, тем самым предоставляя пассажирам в дороге доступ к электронной почте, социальным сетям, расписанию, билетам и др. В Швеции, например, бесплатный Wi-Fi есть во всех скоростных поездах и электричках. Такие системы строятся на базе беспроводных модемов или роутеров (маршрутизаторов) с выходом в мобильный Интернет. Стандарты третьего поколения поддерживают скорости загрузки данных до 14,4/21,6 Мбит/с, стандарт LTE — в условиях обмена данными с мобильными устройствами — до 100 Мбит/с; уже сейчас скорости достигают десятков мегабит/с.

С развертыванием LTE-сетей в России свои позиции на рынке беспроводных M2M-систем постепенно занимают 3G/LTE-модемы и роутеры. Высокая пропускная способность сети, безусловно, необходима и при выходе в Интернет (скорость загрузки), и при обновлении рекламного контента через 3G/LTE-сети, загрузке данных в путеводители (или дисплеи), системах видеонаблюдения удаленных объектов и т. п.

Специфика организации интернет-доступа на транспорте подразумевает использование не одного, а двух или более 3G/LTE-модулей в устройствах, а также программное увеличение скорости (агрегация каналов и др.). Что же касается междугороднего и международного сообщения, задача также состоит в том, чтобы предоставить пассажирам во время всего пути мобильный Интернет (в роуминге) по местным тарифам. Для автоматического перехода на другого оператора используются маршрутизаторы с возможностью установки в них нескольких SIM-карт.

LTE

Компания NetModule AG — ведущий мировой разработчик и производитель LTE-оборудования для межмашинных (M2M) коммуникаций в промышленности. Штаб-квартира компании

Таблица. Сравнительная характеристика функциональных возможностей роутеров NetModule

Параметр	NB1600				NB2700		NB3700
	Mobile&WLAN*			Wireline	Mobile&WLAN*		
	Mobile LTE/4G	Mobile 3G	WLAN		Mobile	WLAN	
3G/GPRS/GSM	•	•	–	–	• 2 UMTS (3G) модуля**	–	• 4 UMTS (3G) модуля**
LTE (4G)	•	–	–	–	•**	–	• 2 LTE (4G) модуля**
Количество SIM	–	–	–	–	2	–	2/4**
Wi-Fi клиент/точка доступа	–	–	•	–	–	•	• 2 Wi-Fi модуля**
Число Ethernet-портов	2 (RJ45)	2 (RJ45)	2 (RJ45)	2 (RJ45)	5 (RJ45)	5 (RJ45)	5 (M12)
WAN/LAN-подключение	•	•	•	•	•	•	•
Голосовая связь по IP (SIP)	–	–		–	**•	•	•
GPS-приемник	–	–	–	–	**• антенный SMA-разъем	–	**• антенный TNC-разъем
Интерфейсы	USB, 2 DI, 2 DO, RS-232						
Конфигурирование	Сетевое подключение, «по воздуху» (TCP/IP, SMS)						
Сетевые функции	VPN (IPSec, OpenVPN), NAT, DDNS, DNS Proxy, SNMP, DHCP, SSH, e-mail, SMS						
Диапазон рабочих температур, °C	LTE: –25...+60; UMTS/WLAN: –25...+70; –40...+80						

Примечание: * — роутер Mobile&WLAN включает в себя все функции как Mobile, так и WLAN; ** — в зависимости от модели роутера: NB2700-2U-GV, NB2700-2UW-G: 2×UMTS(3G); NB3700-2L4U2W-G: 2×LTE(4G), 4×UMTS(3G), 2×WLAN(Wi-Fi) 802.11b/g/n точка доступа/клиент, GPS-приемник.

расположена в г. Берн (Швейцария), филиалы находятся в Германии и Гонконге. В России и странах СНГ официальным дистрибьютором NetModule AG является ООО «Евромобайл». NetModule AG имеет богатый опыт реализации технически сложных проектов по всему миру. Разработчики NetModule AG предлагают как аппаратные, так и программные продукты (Netbox SDK, PRP-драйвер и др.).

Все производимые компанией роутеры выполнены в металлических корпусах, имеют широкий диапазон входного напряжения, различные интерфейсы (Ethernet, RS-232, USB, DI/DO) и характеризуются прозрачным переключением между GSM, GPRS, EDGE, 3G(UMTS), HSPA+, 4G(LTE)-сетями.

В таблице приведена сравнительная характеристика функциональных возможностей роутеров NetModule NB1600, NB2700 и NB3700.

NB1600

В линейку беспроводных маршрутизаторов NB1600 входят следующие разновидности:

- Mobile LTE;
- Mobile 3G;
- WLAN;
- Mobile&WLAN (WIAP) (рис. 1);
- Wireline.

Рис. 1. 3G/LTE-роутер NB1600 Mobile&WLAN производства NetModule

NB1600 LTE и WIAP осуществляют трансляцию информации через сети мобильных операторов. NB1600 LTE, как и следует из названия, поддерживает LTE-стандарт (4G-сети), характеризующийся высокими скоростями передачи данных, которые недавно начали разворачиваться в России. Роутер работает также и в 3G-сетях, как и NB1600 WIAP (Wireless Access Point — «беспроводная точка доступа»). NB1600 WIAP, в отличие от LTE-модели, может выступать Wi-Fi-точкой доступа (или клиентом), и к нему может подключаться до 110 клиентов одновременно (WPA2-шифрование). А благодаря функции мульти-SSID одновременно могут функционировать несколько Wi-Fi-сетей. Для подключения Wi-Fi-антенн на корпус вынесено два SMA-разъема (WLAN1/2), а также SMA-разъем для GSM/3G-антенны (Mobile).

NB2700

Беспроводные маршрутизаторы NetModule NB2700 Mobile (рис. 2) отличаются от серии NB1600 бóльшим числом Ethernet-портов, наличием двух слотов для SIM-карт и встроенного GPS-приемника (кроме NB2700-U/-U-V/-UW). В линейке беспроводных маршрутизаторов NB2700 присутствуют следующие модели:

- Mobile;
- Mobile&WLAN;
- WLAN.

Рис. 2. 3G/LTE/2SIM-роутер NB2700 Mobile&WLAN производства NetModule

NB2700 сертифицированы для применения на автомобильном транспорте в Европе (соответствие европейскому стандарту E1). WLAN-роутеры могут предоставлять доступ к мобильному Интернету через Wi-Fi.

Модели NB2700-2U-GV и NB2700-2UW-G с двумя встроенными UMTS(3G)-модулями работают в сетях двух сотовых операторов одновременно и осуществляют «горячее» резервирование беспроводных 3G-каналов. Тем самым обеспечивается надежность и гибкость функционирования беспроводного канала. Для подключения GSM-антенн на корпус вынесено два SMA-разъема Mobile, а также два SMA-разъема для Wi-Fi-антенн (WLAN-модели).

NB3700

3G/LTE-роутер с несколькими слотами для SIM-карт NB3700 (рис. 3) разработчиками позиционируется как продукт для применения в железнодорожном транспорте. Все разъемы (TNC, M12, USB) и индикаторы роутера расположены на передней панели, благодаря чему NB3700 может легко встраиваться в приборную панель. Роутер сертифицирован для применения на ж/д транспорте (в поездах): соответствует европейским стандартам электромагнитной совместимости с приборами подвижного состава железнодорожного транспорта EN50155 (условия работы, исполнение, конструктивные особенности, тестирование электронного оборудования, используемого в подвижном составе железных дорог). Особый интерес представляет «мощная» модель с двумя встроенными LTE-модулями, четырьмя 3G (UMTS)-модулями, двумя Wi-Fi -модулями и GPS-модулем. В отличие от серии NB2700, этот роутер с несколькими 3G-модулями работает и в LTE-диапазоне.

Рис. 3. 3G/LTE-роутер NB3700 производства NetModule

Настройка

Настройка роутеров NetModule может производиться одним из следующих способов:

- Удаленно по TCP или через сетевое подключение по локальной сети (к компьютеру или ноутбуку). IP-адрес роутера NB2700 по умолчанию 192.168.1.1. Веб-интерфейс конфигуратора приведен на рис. 2.
- По SMS — отправкой SMS-сообщений на телефонный номер SIM-карты: подключение, переподключение, запрос состояния или перезагрузка роутера. Выдаваемая роутером SMS-информация: 3G-подключение, координаты местоположения роутера (кроме NB1600), виртуальная частная сеть (состояние туннеля), состояние цифровых входов и выходов.

Имеется возможность создавать сертификаты и ключи безопасности, которые необходимы для построения защищенных каналов передачи данных, средствами встроенного ПО роутера — в пункте меню веб-конфигуратора **Keys&Certificates** (**«Ключи и сертификаты»**). Высокая сетевая безопасность достигается шифрованием каналов (SSL-сертификаты, ключи, WPA/WPA2-шифрование и др.). Маршрутизатор может выступать в роли OpenVPN/IPSec-клиента и сервера.

Netbox SDK

Бесплатная платформа Netbox SDK предоставляет широкие возможности разработки программного обеспечения в Visual Studio 2010, необходимы Microsoft Platform SDK, Perl 5 (для компиляции openssl), UnxUtils, nasm (Netwide Assembler).

Mobile IP

Протокол Mobile IP (MIP) используется для бесшовного переключения между различными вариантами WAN-подключений (WWAN-WLAN). Переключение между сетями (например, Ethernet и 3G) происходит автоматически за очень короткий интервал и не воспринимается как прерывание связи. Принцип основывается на двух главных механизмах: назначении глобального дополнительного IP-адреса или использовании агента. Домашний агент решает задачу путем создания туннеля (похожий на туннель VPN) с мобильным узлом. Переключение WAN происходит с оповещением агента об изменении WAN IP-адреса (так называемый временный адрес в MIP). В режиме туннелирования и инкапсуляции агент направляет сообщения по дополнительному IP-адресу.

Wi-Fi

Роутеры NB2700 Mobile&WLAN и WLAN, NB1600 WIAP и WLAN имеют один встроен-

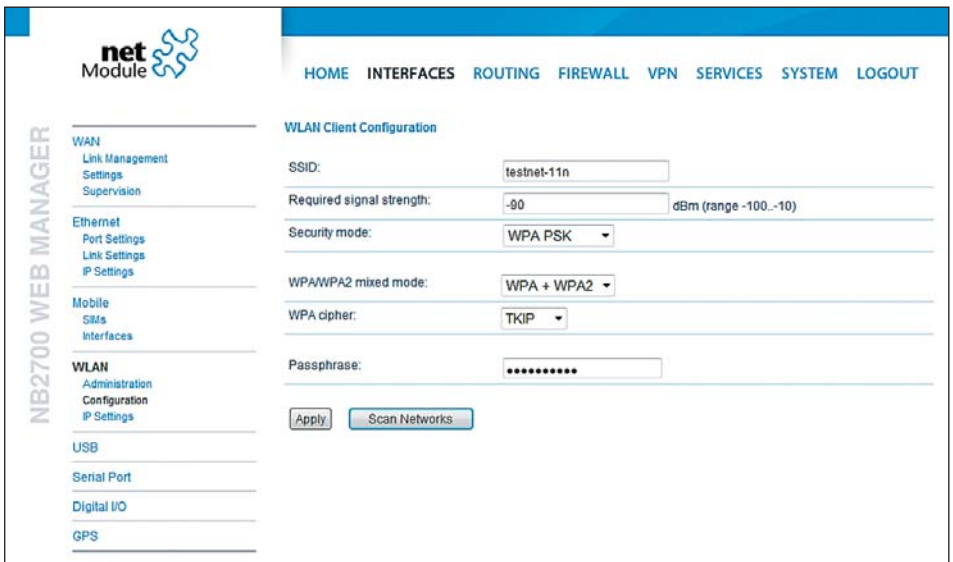


Рис. 4. Настройка Wi-Fi-роутера NB2700

ный Wi-Fi-модуль (802.11b/g/n, 2,4 ГГц) и два антенных входа. Роутер может выступать как точкой доступа Wi-Fi, так и клиентом. Настройка производится в соответствующем разделе веб-конфигуратора **Interfaces→WLAN** («**Интерфейсы→Беспроводная локальная сеть**»): **administration**, **configuration** (рис. 4), **IP Settings**.

Технология Multiple In Multiple Out (MIMO) увеличивает физическую скорость передачи данных при использовании стандарта 802.11n. MIMO обеспечивает одновременную передачу нескольких сигналов с помощью нескольких антенн вместо одной.

Мульти-SSID технология, реализованная в роутерах NetModule, заключается в том, что помимо основной беспроводной Wi-Fi-сети можно организовывать и другие сети с отличающимися SSID, которые скрыты из списка (то есть их имя придется вводить при подключении клиента) и изолированы от других «гостевых» и основной сети.

Интернет в международном, междугороднем сообщении

Мобильный Интернет, его наличие и скорость соединения напрямую зависят от покрытия сети и от базовых станций (GPRS/3G/LTE). К примеру, у спутникового Интернета (Iridium и др.) 100% покрытие сети и очень дорогой трафик.

Многомодульные (3G/LTE) роутеры с несколькими SIM-картами, установленные на транспорте, позволяют склеивать зоны покрытия операторов связи по местным тарифам во время всего пути следования транспорта. При этом каждому пассажиру не надо заботиться о балансе, а также в целях экономии покупать в дорогу два или более 3G/4G-модема от разных операторов связи (роуминг внутри России или международный, «слепые» зоны). При перемещении в зону более уверенного приема другого оператора или въезде в зону роуминга роутер автоматически переключится на сеть другого оператора (вторая SIM). В один роутер устанавливается две SIM-карты (четыре в многомодульный NB3700) с выгодными для выхода в Интернет тарифами, отключается услуга международного или внутрироссийского роуминга (необходимо при подключении узнавать у оператора о такой услуге, стоимости трафика и ограничениях). В случае замены SIM-карт одних операторов связи на другие требуется перенастройка маршрутизатора.

Увеличить скорость (пропускную способность интернет-каналов) можно, задействовав сразу два 3G-канала (рис. 5). В случае установки двух SIM-карт одного оператора по двум 3G-каналам доступ к Wi-Fi-сети можно разделить между пассажирами. Аналогичных результатов можно достичь и программными методами: агрегацией каналов, подбором параметров пакетов и др. Можно также устанавливать не один, а два или более параллельно подключенных роутера.

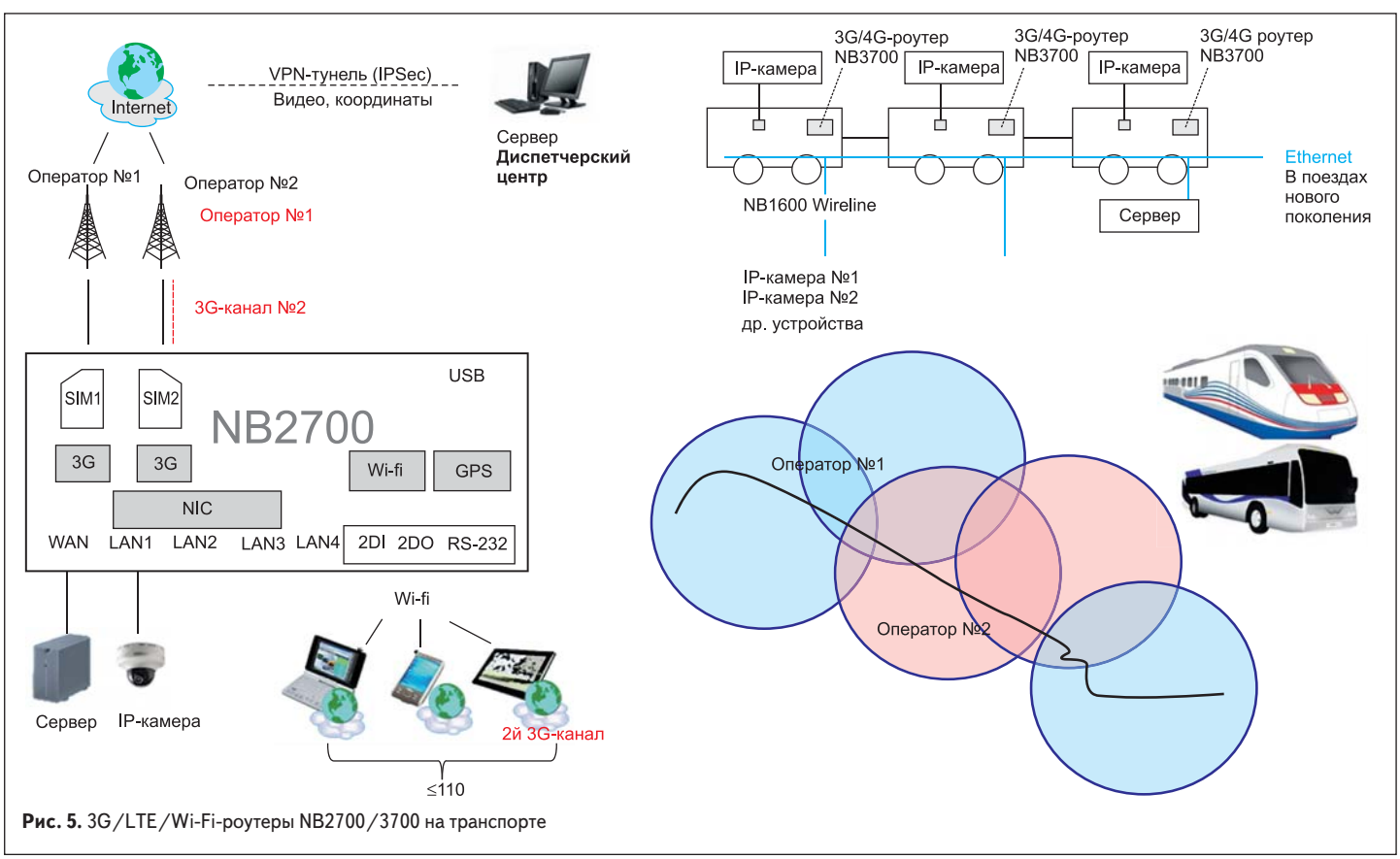


Рис. 5. 3G/LTE/Wi-Fi-роутеры NB2700/3700 на транспорте

Определение местоположения транспортного средства по сигналам навигационной спутниковой системы GPS — дополнительная опция в роутере. В России транспорт (пассажиро- и грузоперевозки) должен оснащаться ГЛОНАСС-трекерами или совмещенными ГЛОНАСС/GPS-трекерами. Возможно, производитель доработает свою продукцию с учетом работы по сигналам ГНСС ГЛОНАСС для поставок в Россию.

Роутеры отлично работают при температурах до +60 °С и при минусовых температурах (до –25 °С), ПК (или ноутбук) в автобусе или вагоне не нужен.

Безопасность

3G-роутеры часто используются в охранных системах для организации беспроводных систем удаленного видеонаблюдения. В зависимости от типа видеокамер они могут быть подключены к роутеру как по проводному, так и беспроводному интерфейсу (Wi-Fi). С видеокамеры с помощью роутера через один 3G-канал можно отправлять изображения среднего качества 2–3 кадра в секунду.

При передаче больших объемов информации (видео) сеть должна быть организована соответствующим образом; если планируется установить не одну камеру в салоне или вагоне, то целесообразнее транслировать видео через локальную сеть (Ethernet) на сервер, установленный в этом вагоне (автобусе) или другом вагоне (рис. 5), и эпизодически выгружать видеозаписи с сервера. В качестве коммутатора можно использовать NB1600 Wireline, а в качестве сервера — промышленные компьютеры (Techbase или др.) с жестким диском большого объема.

Коммуникационная Ethernet-сеть железнодорожного состава есть не во всех поездах (в новых поездах, фирменных, экспресс), зато такая сеть эффективна при построении единой системы видеонаблюдения высокого разрешения. Плюсом такого решения в будущем может стать автоматическое распознавание лиц, например для розыска полицией.

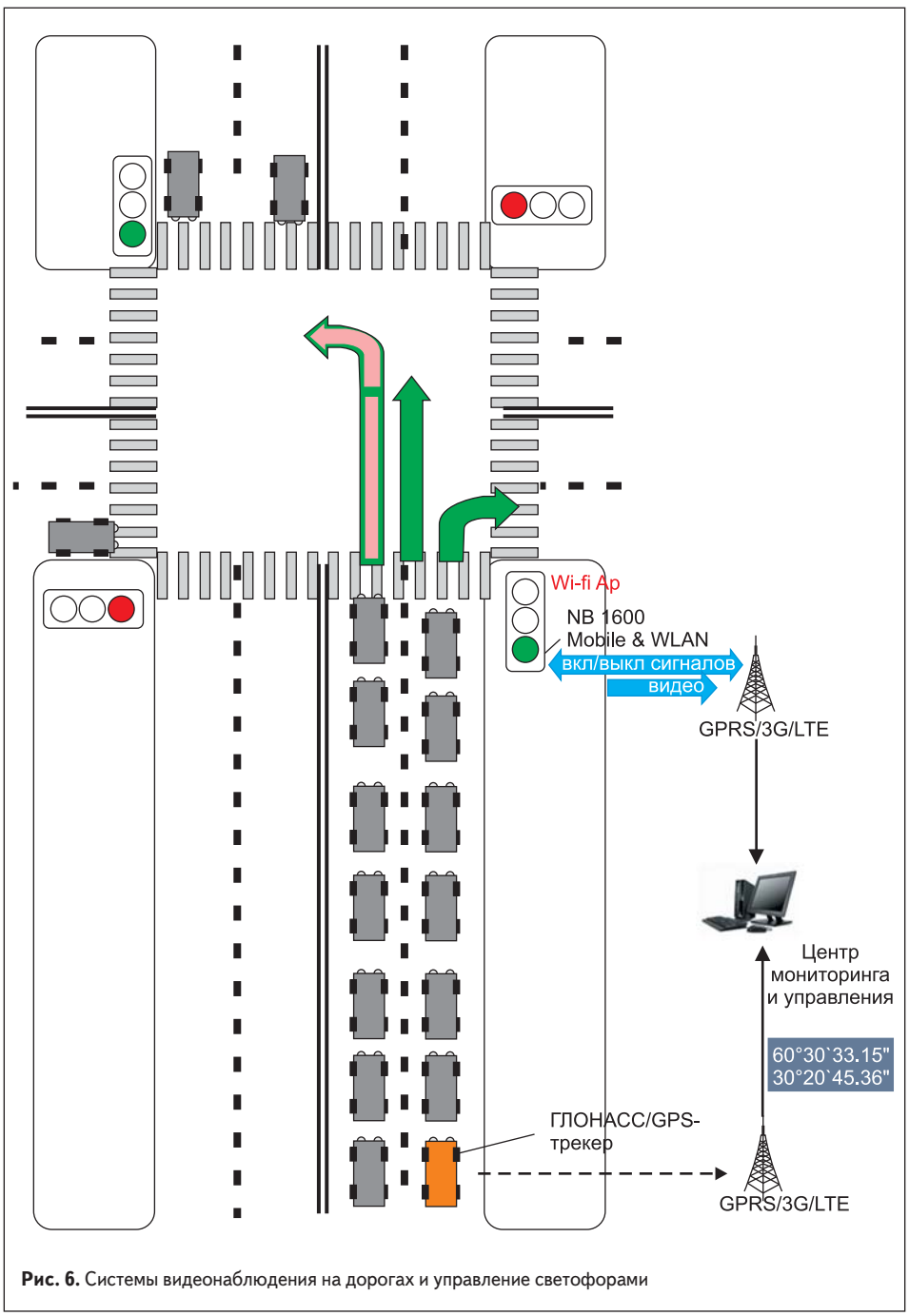


Рис. 6. Системы видеонаблюдения на дорогах и управление светофорами

«Зеленый» свет

Безопасности движения на перекрестках и автомобильных магистралях сейчас уделяется немалое внимание, в том числе уличному видеонаблюдению и внедрению интеллектуальных систем управления, систем информирования о пробках. Интеллектуальная система управления светофорами напрямую связана с внедрением устройств передачи данных (преимущественно беспроводных).

Компактный 3G/LTE-роутер NB1600 Mobile&WLAN (NB-1600LW), установленный в одном из светофоров (рис. 6), осуществляет передачу видеоизображений с камер по защищенному каналу передачи данных, а также из центра мониторинга производится передача корректировок времени вкл/выкл сигналов светофоров (из центра управления в «светофорный» контроллер). К роутеру подключается контроллер включения сигналов светофоров. В случае затора перед перекрестком при подъезде спецмашины (МЧС, пожарные, скорая помощь и т. п.) включается зеленый свет, тем самым освобождается проезд до тех пор, пока машина не проедет. В центре мониторинга в автоматическом режиме анализируется местоположение (и скорость) машин, оборудованных ГЛОНАСС/GPS-трекерами, и координаты светофора. Алгоритм анализа непрост, так как множество факторов оказывает влияние на результат: разнообразие перекрестков в мегаполисах, соблюдение правил дорожного движения, точность местоопределения в условиях городской застройки и др.

С роутером возможно настроить Wi-Fi-сеть для связи между соседними перекрестками и улицами с целью сбора данных с метео-, видеодатчиков (видеоанализаторов трафика, заторов).

Заключение

3G/LTE-роутеры NB2700 и NB3700 с двумя/четырьмя 3G-модулями — отличное решение для беспроводного доступа в Интернет, IP-видеонаблюдения и предоставления различных IP-сервисов пассажирам автобусов, поездов и теплоходов (паромов) международного и междугороднего сообщения. Роутеры NetModule отличает хорошее качество сборки и стабильная работа. Тестирование показало, что туннели поднимаются быстро. Возможность использования нескольких SIM-карт позволяет снизить затраты в роуминге, а также переключаться между операторами сотовой связи в «слепых» зонах (или зонах неуверенного приема). ■

Литература

1. www.euromobile.ru
2. http://netmodule.it/products.html
3. NetModule Router NB2700. User Manual. V 1.0. NetModule AG.

Радиочастотные модули ME50

от компании Telit с поддержкой протокола Wireless M-Bus

Юрий Муренко
info@atoma.spb.ru

Организация передачи данных от устройства учета расхода энергии на терминал оператора — одна из важнейших задач в разработке современных цифровых счетчиков. Она имеет несколько особенностей: объем передаваемой информации небольшой, соответственно, не требуется высокая скорость передачи; счетчики и концентратор находятся в фиксированных местах в пределах одного здания, то есть не требуется большая мощность передаваемого сигнала; нет необходимости в постоянной передаче данных на концентратор. Пока еще большинство счетчиков энергии, установленных у конечных потребителей, являются механическими, и, соответственно, без связи с базовым узлом. Это усложняет учет расхода энергии и передачу показаний приборов: потребитель сам озвучивает показания счетчиков учетной организации либо по телефону, либо в пунктах оплаты, что вызывает дополнительные неудобства. Механические (аналоговые) счетчики также не позволяют применить дифференцированные системы тарифов.

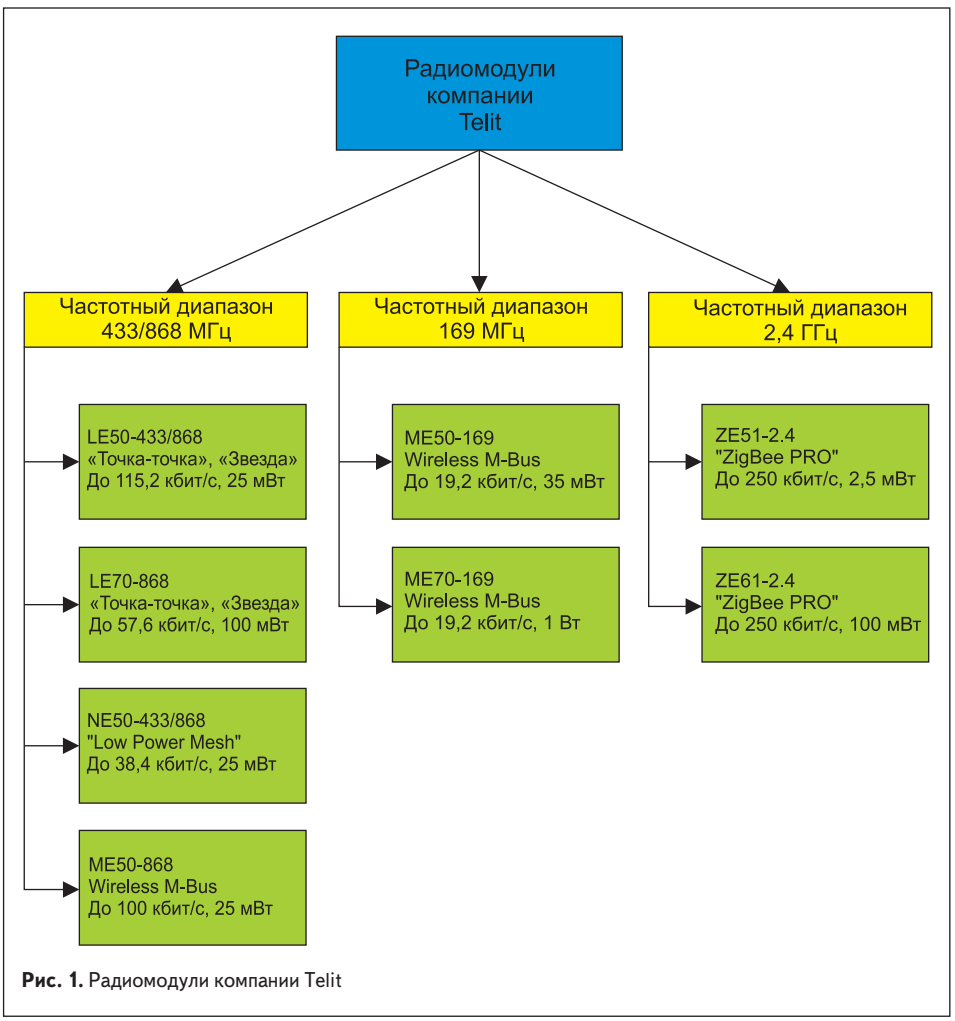


Рис. 1. Радиомодули компании Telit

Первыми цифровыми приборами учета расхода энергии стали электросчетчики, в них же была заложена возможность передачи данных на маршрутизатор/центральный узел. Традиционно для этого использовались PLC-модемы (Power Line Communication), которые передавали информацию по линиям питания, что избавляло производителей и обслуживающие организации от необходимости прокладывать дополнительную линию связи. Но данное решение было неприменимо в приборах учета расхода воды, тепла и газа в связи с отсутствием линий электропередачи. Для связи счетчика с концентратором применялось несколько протоколов, наиболее распространенные из которых PLC (электроэнергия), Modbus и M-Bus.

M-Bus (Meter-Bus) — коммуникационный протокол (европейский стандарт EN 1434/IEC870-5, EN 13757-2 физический и канальный уровни, EN 13757-3 прикладной уровень), основанный на стандартной архитектуре «клиент-сервер». Это один из распространенных протоколов передачи данных для ряда специфических электронных устройств, таких как приборы учета расхода энергии (электричество, тепло, вода и газ), некоторые исполнительные устройства и т. п. Данные передаются на компьютерную станцию (сервер) напрямую или через концентраторы шины M-Bus, усилители-повторители сигнала. Отличие от протоколов Modbus стандарта RS-485 — другие уровни логических сигналов, низкая скорость передачи данных (300–9600 бит/с), низкие требования к линии связи, возможность питания устройств от линии M-Bus, отсутствие требований к соблюдению полярности. Протокол из-за ряда особенностей не является промышленным и применяется только в тех устройствах, где не критична низкая скорость и даже потеря части передаваемых данных. К достоинствам протокола можно отнести минимальные тре-

Таблица 1. Сетевая модель OSI для WM-Bus

Уровень	Стандарт
7. Прикладной	EN 13757-3 (один из возможных вариантов)
6. Представительский	-
5. Сеансовый	-
4. Транспортный	-
3. Сетевой	EN 13757-5
2. Канальный	EN 13757-4; EN 13757-5
1. Физический	EN 13757-4; EN 13757-5

бования к оборудованию и линиям связи, простоту и скорость внедрения и монтажа. Данный протокол имеет несколько физических уровней: витая пара, оптопара и радиоканал.

Wireless (беспроводной) M-Bus — вариант протокола M-Bus, использующий в качестве физического уровня радиоканал. В стандартах [1] и [2] описаны физический, канальный и сетевой (для EN 13757-5) уровни модели взаимодействия открытых систем OSI протокола WM-Bus (таблица 1). Данные стандарты предусматривают работу устройств в частотных диапазонах 169, 434 и 868 МГц, поэтому модули со встроенным стеком Wireless M-Bus должны соответствовать общему стандарту устройств с малой дальностью передачи [3].

Один из лидеров рынка беспроводных решений, — компания Telit предлагает большую линейку беспроводных модулей в субгигагерцовом диапазоне с различными встроенными стеками (рис. 1). Наибольший интерес представляет линейка модулей xE50-433/868, данные модули работают в диапазонах 433 и 868 МГц с выходной мощностью до 25 мВт, что позволяет свободно их применять без дополнительного лицензирования и разрешения на установку. Модули различаются встроенными стеками протоколов. Так, LE50-433/868 поставляются со встроенным стеком протокола, обеспечивающим простую топологию типа «точка–точка» или «звезда», NE50-434/868 поставляются со стеком Low Power Mesh, а ME50-868 — со стеком Wireless M-Bus. Также компания Telit начала выпуск модулей xE70, выходная мощность которых может достигать 0,5–1 Вт, и модулей для частотного диапазона 169 МГц. Основное достоинство радиомодулей xE50 и xE70 — совместимость pin-to-pin между собой и ZEx1-2.4 (модули со встроенным протоколом ZigBee PRO). Все радиомодули построены на одной аппаратной платформе и обеспечены поддержкой общего программного обеспечения от компании Telit.

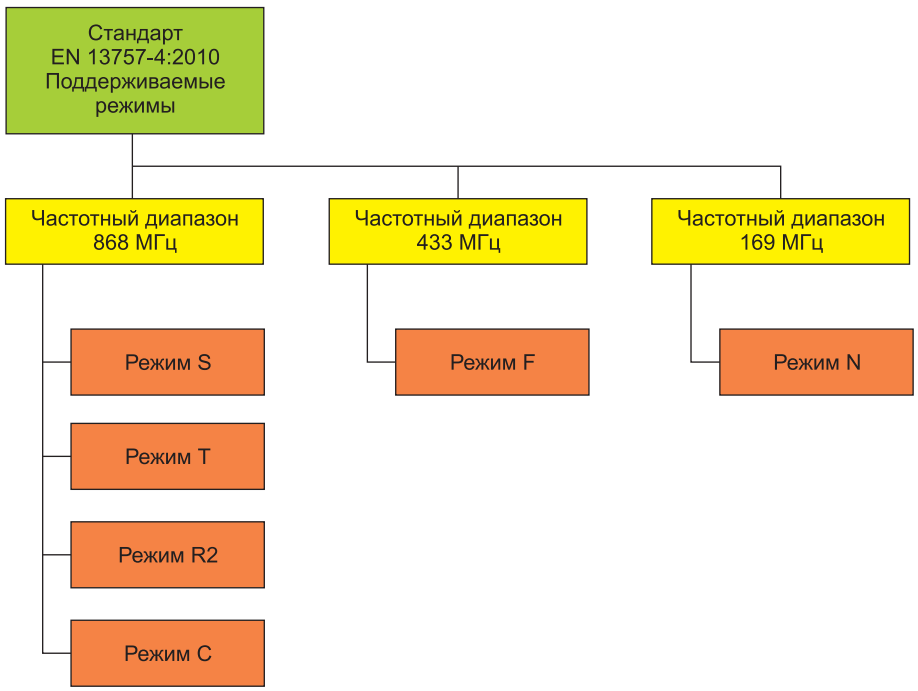


Рис. 2. Стандарт EN 13757-4:2010 и поддерживаемые режимы

Устройства, работающие по протоколу беспроводной M-Bus, подразделяются на счетчики и «другие» устройства: счетчики только передают информацию о расходе, «другие» устройства (также рассматриваются как концентраторы) отвечают за сбор данных и могут осуществлять управление счетчиками. Техническое описание протокола Wireless M-Bus в [1] обеспечивает соединение по радиоканалу с топологией «точка-точка» между счетчиком и концентратором. Стандарт [2] описывает соединение конечного устройства и концентратора через несколько промежуточных точек.

Стандарт EN 13757-4

Протокол Wireless M-Bus стандарта [1] определяет шесть режимов (рис. 2) взаимодействия счетчиков и «других» устройств:

- S — «стационарный»;
- T — «частая передача»;
- R2 — «частый прием»;
- C — «компактный»;
- N — «узкополосный ВЧ» (Narrowband VHF);
- F — «частый прием и передача».

Режимы S, T, R2 и C разработаны для работы в частотном диапазоне 868 МГц, N — 169 МГц, F — 433 МГц. Компания Telit предлагает несколько радиомодулей с поддержкой данного стандарта: ME50-868, ME50-169 и ME70-169. Соответственно, модули ME50-868 поддерживают все режимы, разработанные для частотного диапазона 868 МГц, а модули ME50-169 и ME70-169 обеспечивают работу в режиме N [4]. В нашем регионе частотный диапазон 169 МГц запрещен к использованию, поэтому ниже описаны режимы стандарта [1] для частотного диапазона 868 МГц.

Режим T

В данном режиме счетчик посылает данные случайным образом, с любой периодичностью или стохастически. Кадры данных передаются счетчиком на «другие» устройства со скоростью 100 кбит/с, а обратная связь осуществляется на скорости 32,768 кбит/с. Режим T подразделяется на T1 и T2. В режиме T1 счетчик передает данные вне зависимости от наличия получателя. Он выходит из энергосберегающего режима, посылает

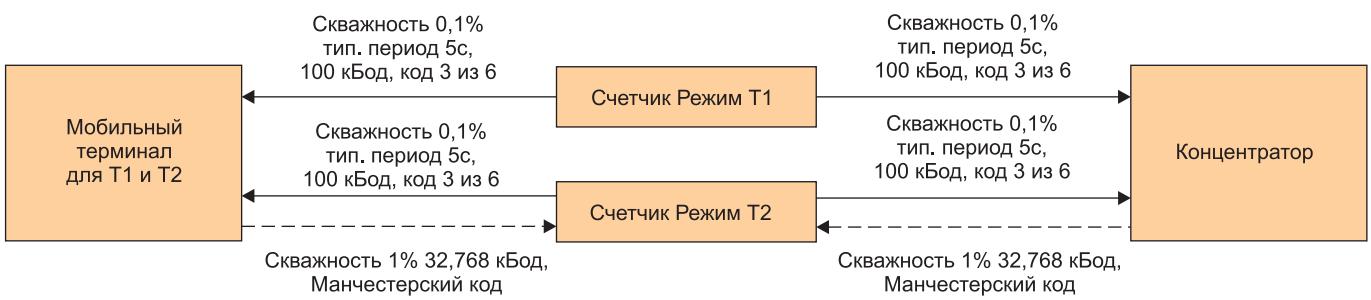


Рис. 3. Режим T

данные и сразу возвращается в спящий режим. В режиме T2 счетчик посылает данные и остается в активном состоянии в течение короткого промежутка времени после передачи для получения возможного ответного пакета. Если ответ не получен, счетчик возвращается в энергосберегающий режим. Если ответ получен, тогда устанавливается двунаправленное соединение между счетчиком и концентратором.

Режим R2

Счетчик периодически переходит в режим приема и ожидает команды от концентратора. Если получена команда на пробуждение, то устанавливается двунаправленное соединение между счетчиком и «другим» устройством. В данном режиме для обмена используется скорость 4,8 кбит/с.

Режим S

Скорость соединения составляет 32,768 кбит/с. Подразделяется на S1 и S2.

Режим S1 работает аналогично режиму T1 (однонаправленная спонтанная передача данных), но используется другой радиоканал. Режим S2 аналогичен режиму T2, но также с использованием другого радиоканала.

Режим C

Данный режим похож на режим T, но использует другую схему кодирования (NRZ). Скорость передачи от счетчика к «другому» устройству — 100 кбит/с, в обратном направлении — 50 кбит/с. Подрежимы: C1 — однонаправленная связь; C2 — двунаправленная связь.

Физический уровень

Физический уровень стандарта EN 13757-4:2010 реализован в виде трех радиоканалов:

- A — частота 868,3 МГц, скорость 32,768 кбод, манчестерский код;
- B — частота 868,95 МГц, скорость 100 кбод, код 3 из 6;
- C — частота 868,03 МГц, скорость 4,8 кбод, манчестерский код.

Точные характеристики радиоканала можно найти в документе [5] и в описании стандарта EN 13757-4.

Канальный уровень

Канальный уровень стандарта EN 13757-4:2010 определяет два различных формата фрейма — A и B. Поля из нескольких байт передаются с младшего байта, за исключением поля CRC, в котором сначала передается старший байт.

Формат A может использоваться в любом режиме стандарта EN 13757-4:2010. Он имеет вид:

Преамбула—Блок 1—Блок 2—Блок *n*—Заключение.

Преамбула используется для синхронизации передатчика и приемника. Стандарт EN 13757-4:2010 определяет минимальную длину преамбулы, которая зависит от используемого режима:

- S — 6 байт при использовании короткой преамбулы или 72 байта (длинная преамбула);
- T — 6 байт;
- R2 —12 байт;
- C — 8 байт;
- N — длина преамбулы зависит от типа модуляции (4 байта для GFSK и GMSK, 8 байт для 4GFSK);
- F — 12 байт.

Модули ME50-868 при передаче фреймов всегда используют минимально требуемую длину преамбулы (таблица 2).

Блоки 2 и *n* необязательны. В фрейм A может входить несколько блоков *n*, их количество зависит от длины поля данных. Заключение фрейма A — это короткая последовательность бит, добавляемая в конце фрейма в режимах S, T и R2.

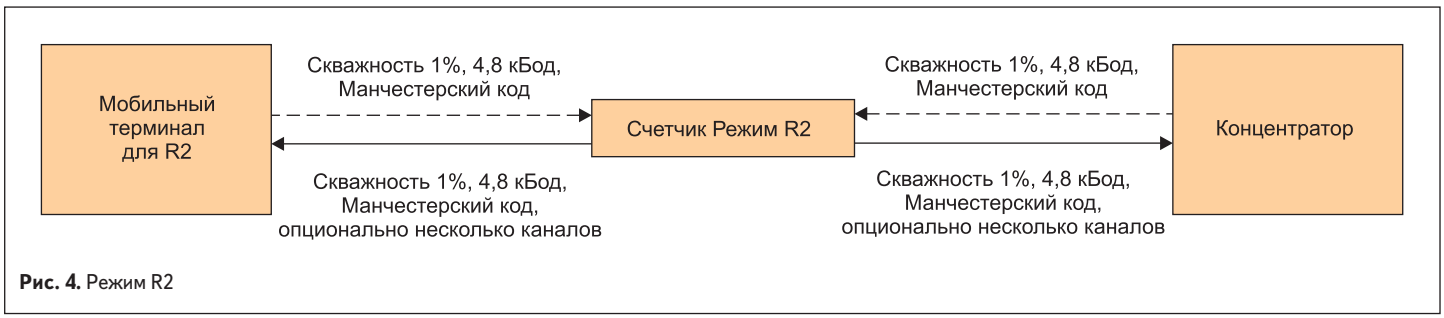


Рис. 4. Режим R2

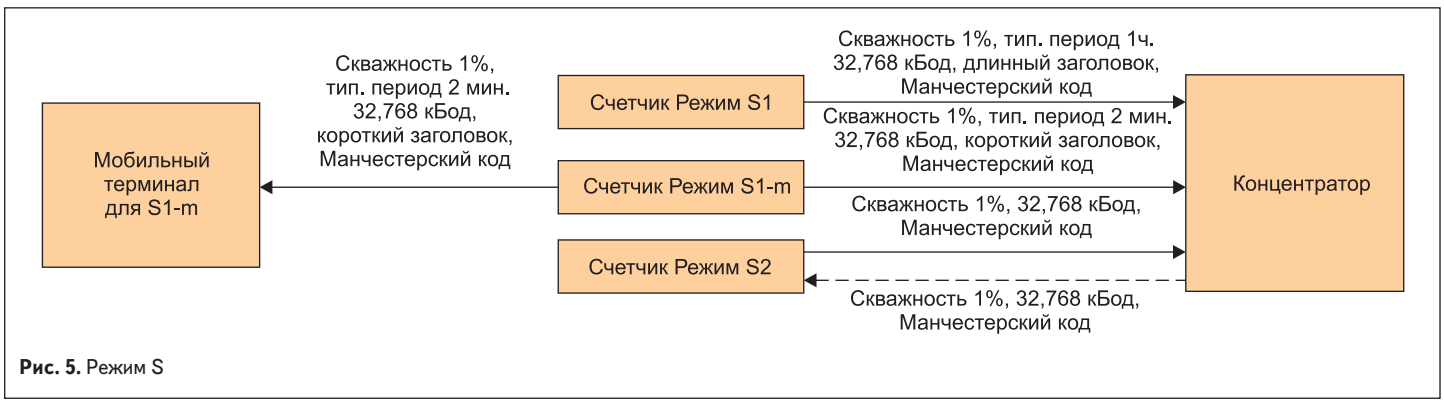


Рис. 5. Режим S

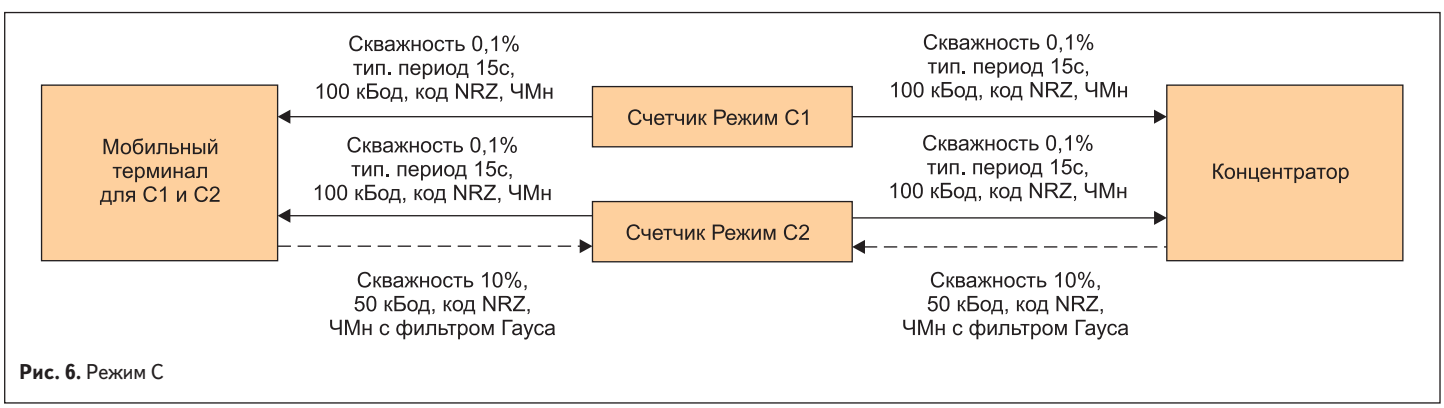


Рис. 6. Режим C

Таблица 2. Структура полей фрейма формата A

Блок	Поле	Длина, байт
1	L	1
	C	1
	M	2
	A	6
	CRC	2
2	CI	1
	Поле данных	15 или (L–9) mod 16–1
	CRC	2
n	Поле данных	16 или (L–9) mod 16
	CRC	2

Формат B может опционально применяться в режимах C, N и F. Его структура:

Преамбула—Блок 1—Блок 2—Блок 3.

Как и в формате A, преамбула необходима для синхронизации передатчика и приемника. Ее длина составляет: 8 байт для режима C; 4 или 8 байт для N (зависит от типа модуляции); 12 для F. Структура полей «Блок 1», «Блок 2» и «Блок 3» показана в таблице 3.

Таблица 3. Структура полей фрейма формата B

Блок	Поле	Длина, байт
1	L	1
	C	1
	M	2
	A	6
2	CI	1
	Поле данных	115 или (L–12)
	CRC	2
3	Поле данных	(L–129)
	CRC	2

Поля «Блок 2» и «Блок 3» опциональны. Если поле данных превышает число байт, разрешенных в Блоке 2, то только тогда применяется Блок 3. Поле CRC Блока 2 рассчитывается для объединенных Блоков 1 и 2.

Назначение служебных полей данных

Служебные поля, приведенные в предыдущих пунктах:

- L — индикатор длины: в формате фрейма A это поле не включает длину CRC, а в формате B включает.
- C — обозначение типа связи (запрос, посылка, ожидание ответа, ACK и др.).
- M — это ID производителя посылающего устройства.
- A — адрес отправителя. Он состоит из идентификационного номера (4 байта), кода версии (1 байт) и кода типа устройства (1 байт).
- CI — контрольная информация для определения протокола, используемого на верхнем уровне.

«Беспроводной M-Bus» — это протокол, использующий несбалансированную передачу, описанную в стандарте IEC 60870-5-2. Формат поля C показан в таблице 4.

Таблица 4. Формат контрольного поля

RES	PRM	FCB / ACD	FCV / DFC	Function			
бит 7	бит 6	бит 5	бит 4	бит 3	бит 2	бит 1	бит 0

Значение битов 5 и 4 зависит от значения бита 6 (PRM): если PRM установлен в «1», биты 5 и 4 определяются как поля FCB и FCV, иначе — как поля ACD и DFC. RES — резервный бит, он должен быть установлен в «0». PRM показывает направление передачи фрейма: от головного устройства на вторичное (установлен в «1») или наоборот («0»). Роль счетчика и концентратора как головного или вторичного устройства определяется приложением. FCB (Frame Count Bit) используют для выявления повторов: его значение должно переключаться между «0» и «1» при успешной передаче фреймов от головного устройства к тому же второстепенному устройству. FCV (Frame Count Valid) в фрейме, отправленном от головного устройства, определяет использование механизма обнаружения повторов. FCB используется, когда бит FCV установлен в «1». ACD (Access Demand), установленный в «1», показывает, что более высокий приоритет имеют готовые к отправке данные вторичного устройства, запрошенные головным устройством. DFC (Data Flow Control), установленный в «1», показывает, что ведомое устройство не может обрабатывать последующие фреймы головного устройства. Данный бит может быть использован в качестве механизма контроля потока для предотвращения переполнения данных на ведомой станции. Function — это числовой код, определяющий тип отправленного фрейма, он зависит от направления передачи данных: от головного устройства на ведомое или наоборот.

Расширенный канальный уровень

Если поле CI принимает значение 0x8C, 0x8D, 0x8E или 0x8F, первый байт поля данных содержит расширение канального уровня, за которым следует другое поле CI, а затем уже данные прикладного уровня. Формат расширения канального уровня зависит от значения поля CI, в таблице 5 показаны его варианты.

CC — это поле контроля установленного соединения. Его расшифровка такова:

- B — бит 7. Определяет тип передачи: «1» — двунаправленная, «0» — однонаправленная.
- D — бит 6. Определяет задержку ответа: «1» — малая задержка, «0» — большая задержка.

Таблица 5. Форматы расширения канального уровня

Значение поля CI	Поле	Длина, байт
0x8C	CC	1
	ACC	1
0x8D	CC	1
	ACC	1
	SN	4
	PayloadCRC	2
0x8E	CC	1
	ACC	1
	M2	2
	A2	6
0x8F	CC	1
	ACC	1
	M2	2
	A2	6
	SN	4
	PayloadCRC	2

- S — бит 5. Определяет тип фрейма: синхронизированный («1») или не синхронизированный («0»).
- H — бит 4. Указывает на использование ретранслятора: «1» — фрейм передан.
- P — бит 3. Определяет уровень приоритета: «1» — высокий.
- A (Accessibility) — бит 2. Используется совместно с B, указывает, что счетчик доступен к приему данных после передачи фрейма.
- R (Repeated access) — бит 1. Используются ретрансляторами согласно стандарту [2].
- Бит 0 зарезервирован.

Поле ACC — это номер доступа. Используется для определения повторяющихся фреймов и связи фреймов запроса и ответа.

SN (Session Number) — это четырехбайтное поле (первым передается младший байт). Его структура:

- ENC — биты 31–29. Определяет применение шифрования. Если значение поля «0», то шифрование не применяется; «1» — применение AES-128 в режиме счетчика; другие значения зарезервированы для будущего использования. Если используется AES-128 в режиме счетчика, то остальные байты фрейма (кроме поля CRC) будут зашифрованы.
- Time — биты 28–4. Счетчик относительных минут совместно с полем Session гарантирует, что зашифрованная передача защищена от повторяющихся атак.
- Session — биты 3–0. Индекс сеанса связи с отсчетом от нуля.

Поля M2 и A2 используются со значениями 0x8E и 0x8F поля CI, как правило, для передачи данных от концентратора на счетчик и отображают ID производителя и адрес получателя фрейма. Формат данных полей аналогичен формату полей M и A соответственно.

Прикладной уровень

Если прикладной уровень определен использованием стандарта EN 13757-3, то, в зависимости от значения поля CI, первый байт поля данных может содержать заголовок данных, описанный ниже. Определено два типа заголовка данных: короткий и длинный. Короткий задается, если поле CI принимает одно из следующих значений: 0x5A, 0x61, 0x65, 0x6A, 0x6E, 0x74, 0x7A, 0x7B, 0x7D, 0x7F и 0x8A. Его формат:

- ACC — 1 байт;
- STS — 1 байт;
- Conf — 2 байта.

Длинный заголовок задается, когда в поле CI находится одно из следующих значений: 0x5B, 0x60, 0x64, 0x6B, 0x6C, 0x6D, 0x6F, 0x72, 0x73, 0x75, 0x7C, 0x7E, 0x80, 0x84, 0x85 или 0x8B. Формат длинного заголовка приведен в таблице 6.

Набор полей «Идентификационный номер», «ID производителя», «Версия» и «Тип устройства» определяет адрес устройства в используемом прикладном уровне.

Стандарт EN 13757-3:2011 определяет два криптографических алгоритма для M-Bus протокола: DES и AES-128. Оба они работают в режиме сцепления блоков шифротекста. Коды 2–5 различают четыре различных режима шифрования: 2 и 3 определяют использование

Таблица 6. Формат длинного заголовка

Поле	Длина, байт	Назначение
Идентификационный номер	1	Уникальный код устройства из восьми двоично-десятичных символов.
ID производителя	1	Идентификатор производителя.
Версия	2	Номер версии устройства.
Тип устройства	1	Функциональный тип устройства (например, электросчетчик).
ACC	1	Номер доступа, используется для выявления повторяющихся фреймов и связывает фреймы запроса и ответа.
STS	1	Байт статуса. Значение зависит от того, был фрейм послан счетчиком или концентратором.
Conf	2	Конфигурационное слово, определяет используемый метод шифрования фрейма.

алгоритма DES, а 4 и 5 — AES-128. Код 3 требует использования длинного заголовка для инициализации режима сцепления блоков шифротекста (Cipher Block Chaining, CBC). Остальные три режима могут использоваться как с длинным заголовком, так и с коротким.

Конфигурационное слово заголовка данных содержит длину зашифрованного содержимого (в первом байте) и код метода шифрования (в четырех младших битах второго байта). Поскольку шифрование и дешифрование может быть выполнено поблочно, количество зашифрованных байт кратно размеру блока (8 для DES и 16 для AES-128). Таким образом, 3 или 4 младшие биты первого байта конфигурационного слова не входят в количество зашифрованных байт и могут быть использованы для других целей.

В заголовке фреймов канального уровня Wireless M-Bus заданы идентификатор производителя и адрес передающего устройства в поле M и A соответственно. Совокупность этих двух полей называют «Адрес канального уровня» (Link Layer Address, LLA). В фреймах, отправленных концентратором, дополнительные поля необходимы для идентификации счетчика получателя. Для этой цели используется «Адрес прикладного уровня» (Application Layer Adress, ALA). LLA и ALA отличаются относительным положением их субполей: в LLA ID производителя является первым субполем, а в ALA он вставляется между идентификационным номером и версией кода.

Таблица 7. Характеристики модуля ME50-868 с прошивкой EN 13757-4:2010

Параметр	Режим	Минимальное значение	Типовое значение	Максимальное значение	Примечание
Центр. частота, МГц	S	868,278	868,3	868,322	25 ppm
	T	868,90	868,95	869	60 ppm
	R	868,313	868,330	868,347	20 ppm
	C (счетчик)	868,928	868,950	868,972	25 ppm
	C (концентратор)	869,503	869,525	869,547	25 ppm
Количество каналов	S	–	1	–	
	T	–	1	–	
	R	–	10	–	868,03+(n × 0,06) (868,03–868,57 МГц)
	C	–	1	–	
Выходная мощность, дБм	S	–	+13	+14	EN 300 220-2 v2.3.1. Выбирается программно от 0 до +14 дБм
	T				
	R				
	C				
Скорость передачи, кБод	S	–	32,768	–	±1,5%
	T	90	100	110	
	R	–	4,8	–	±1,5%
	C (счетчик)	–	100	–	
	C (концентратор)	–	50	–	
Девиация частоты, кГц	S	±40	±50	±80	EN 13757-4
	T	±40	±50	±80	
	R	±4,8	±6	±7,2	
	C (счетчик)	±33,75	±45	±56,25	
	C (концентратор)	±18,75	±25	±31,25	
Скважность, %	S	–	0,02	1	EN 300 220-2 v2.3.1 EN 13757-4
	T	–	–	0,1	
	R	–	–	1	
	C (счетчик)	–	–	0,1	
	C (концентратор)	–	–	10	
Чувствительность, дБм	S	–	–100	–	EN 13757-4
	T	–	–101	–	
	R	–106	–107	–108	
	C	TBD	TBD	TBD	
Ширина полосы приема, кГц	S	–	80	–	
	T	–	200	–	
	R	–	10	–	
	C (счетчик)	–	500	–	
	C (концентратор)	–	250	–	

Характеристики модуля ME50-868

Характеристики модуля ME50-868 с прошивкой, работающей согласно стандарту [1], приведены в таблице 7 [6]. Точно определяет параметры радиочасти стандарт [7].

Стандарт EN 13757-5

Как уже было сказано, протокол Wireless M-Bus описан в европейских стандартах [1] и [2]. EN 13757-5, в отличие от EN 13757-4, предусматривает построение сети со сложной топологией, например иерархической, и определяет работу устройств в нескольких режимах (рис. 7). Модули ME50-868 компании Telit поддерживают режим Q стандарта EN 13757-5 [8].

Режим Q

Режим Q описан в части 7 стандарта [2]. В данном режиме протокола Wireless M-Bus в состав сети входит головное устройство (дата-центр или концентратор) и несколько второстепенных устройств. Режим предусматривает сеть с иерархической топологией: головное устройство выступает в роли корневого узла, вторичные устройства могут исполнять роль роутеров, счетчиков или обе функции одновременно. Связь между первичным устройством и счетчиком может быть установлена напрямую или через несколько промежуточных узлов сети (роутеров). Роутеры увеличивают дальность связи, так что концентратор может связаться со счетчиком, находящимся за пределами охвата радиосвязи головного устройства. Типичный поток данных состоит из запроса головного устройства счетчику и его последующего ответа, счетчик может отправить данные на концентратор без запроса, например для отчета об аварийной ситуации. Фрейм, передаваемый головным устройством счетчику, называется нисходящим, а фрейм от счетчика к концентратору — восходящим.

Чтобы блок сбора данных мог установить связь с любым заданным узлом сети, процедура поиска и протокол управления сетью выбираются таким образом, чтобы они позволяли найти все непосредственно доступные узлы

Рис. 7. Стандарт EN 13757-5

и определить путь к узлам, которые находятся вне зоны непосредственной радиосвязи.

Узлы сети могут быть переведены в режим пониженного энергопотребления, в котором радиоприемник обычно отключен и периодически включается на короткие промежутки времени. Сигнал пробуждения может быть послан перед кадром данных с целью убедиться, что конечный узел вышел из режима пониженного энергопотребления и готов к приему кадра данных. В модуле ME50-868 длительность сигнала пробуждения составляет 5,2 с, таким образом, узел сети гарантированно получит фрейм данных, если его радиоприемник включается хотя бы каждые 5 с.

Перед отправкой фрейма данных узел сети прослушивает радиоканал, чтобы определить, не ведет ли передачу другой узел сети в данный момент, и, соответственно, уменьшить вероятность коллизии. Механизм подтверждения может быть использован для обеспечения обратной связи по результату успешного приема фрейма данных. Если процедура подтверждения активна, на каждом этапе передачи от источника получателю принимающий узел должен подтвердить получение фрейма данных, иначе передающий будет ретранслировать этот фрейм, пока не получит подтверждение или не превысит максимальное число попыток.

Физический уровень

Протокол Wireless M-Bus по стандарту [2] использует модуляцию GFSK (Gaussian Frequency-Shift Keying — вид частотной манипуляции модуляцией, при которой используется фильтр Гаусса) в частотном диапазоне 868 МГц. В режиме Q устройство может использовать 10 различных радиоканалов, центральная частота первого радиоканала 868,03 МГц, шаг 60 кГц между соседними каналами; фрейм передается со скоростью 4,8 кбит/с с NRZ-шифрованием.

Канальный уровень

Фрейм данных канального уровня в режиме Q стандарта EN 13757-5 имеет структуру, показанную в таблице 8.

Максимальная длина кадра канального уровня — 225 байт. Адрес узла сети состоит из семи байт и может быть одного из следующих типов:

- Адрес устройства, т. е. идентификатор конкретного узла связи. Наиболее значимый бит первого байта всегда равен «0». Этот адрес может быть как физическим (определяется заводом-изготовителям перед реализацией и уникален во всем мире), так и логическим, в последнем случае — чтобы различные устройства в одной сети правильно передавали пакеты между собой. При выборе логического адреса необходимо соблюдать следующее правило: первые три байта (за исключением двух старших бит первого байта) адреса должны быть одинаковыми для всех устройств сети, а последние два байта должны быть уникальными для каждого устройства. Часть логического адреса из первых трех байт, которые являются общими для всех узлов сети, называют «маска адреса» (маска сети).

Таблица 8. Структура фрейма данных канального уровня в режиме Q

Поле	Длина, байт	Назначение
L	1	Отображает длину фрейма, включая и само поле L.
DA	7	Адрес назначения.
SA	7	Адрес источника.
FC	1	Контрольное поле фрейма. Формат указан в таблице 9.
DLY	2	Задержка в миллисекундах, как правило, беззнаковое число с первым младшим байтом. Обозначает время между тем, когда данные прикладного уровня сгенерированы и когда фрейм данных отправлен по радиоканалу. Специальные значения 0xFFFE и 0xFFFF указывают на переполнение и недопустимое значение соответственно.
Поле данных	N	Может содержать данные сетевого или прикладного уровня.
FCS	2	Проверочная последовательность кадра.

Таблица 9. Формат поля FC

Поле	Бит	Значение «1»	Значение «0»
Data	1	Передается фрейм данных.	Передается фрейм подтверждения.
Acknowledge	1	Принимающий узел должен отправить в ответ фрейм подтверждения.	
Reserved	1		
Direct	1	Фрейм передается от источника узлу назначения без промежуточных узлов.	Передача фрейма ведется в несколько этапов.
Search	1	Фрейм передается с использованием процедуры поиска соседнего узла.	
Reserved	3	Биты, зарезервированные под будущее использование. Должны быть установлены в «0».	

- Короткий адрес. Два старших бита первого байта имеют значения «1» и «0» соответственно. Оставшаяся часть первого байта вместе со вторым и третьим байтами берется из «адресной маски» устройства, четвертый и пятый байт устанавливаются в 0xFF, а последние два байта соответствуют последним двум байтам устройства. Узел сети, получивший фрейм с адресом этого типа, должен его обработать, если адресная маска и последние два байта адреса назначения совпадают с маской адреса и последними двумя байтами адреса этого узла.
- Групповой адрес. Два старших бита первого байта установлены в «1». Аналогично короткому адресу, оставшаяся часть первых трех байт содержит маску адреса, а оставшиеся байты установлены в 0xFF. Устройство, получившее фрейм данных с групповым адресом назначения, должно его обработать, если адрес маски фрейма соответствует адресу маски устройства.
- Широковещательный адрес. Все биты поля адреса назначения установлены в «1». Каждое устройство, получившее фрейм с таким адресом назначения, должно его обработать.

Сетевой уровень

Если фрейм передается непосредственно от источника получателю, т. е. бит Direct поля FC установлен в «1», то поле данных содержит только данные прикладного уровня. Если фрейм должен передаваться через промежуточные узлы до конечного узла, то первая часть поля данных содержит заголовок сетевого уровня с информацией, необходимой промежуточным узлам для маршрутизации фрейма до его получателя. Данные прикладного уровня следуют за заголовком сетевого уровня. Формат заголовка сетевого уровня показан в таблице 10.

Таблица 10. Заголовок сетевого уровня

Поле	Длина, байт	Назначение
NCtrl	1	Поле контроля сети.
TID (Transfer IDentification)	1	Используется для определения соответствия запроса от головного устройства второстепенному и ответа второстепенного устройства. Значение TID увеличивается на единицу при каждом последующем запросе первичного устройства, и в ответе устанавливается в то же значение, что и в запросе. Значение «0» зарезервировано для нежелательных сообщений от вторичных устройств.
Destination	7	Адрес второстепенного устройства на одном конце маршрута между источником и получателем.
Source	7	Адрес головного устройства на другом конце маршрута между источником и получателем.
TTL (Time To Live)	1	Количество промежуточных этапов между источником и получателем (максимум 10). Инициализируется источником и уменьшается на единицу на каждом промежуточном узле.
SNR (Signal to Noise Ratio)	1	Соотношение сигнал–шум радиоканала между соседними узлами. Инициализируется узлом-отправителем и может быть обновлено каждым узлом на пути от источника к получателю, в соответствии с содержимым поля NCtrl. Узел сети, который не поддерживает измерения соотношения сигнал–шум, не обновляет значение данного поля.
Nodes	1	Количество промежуточных узлов между источником и получателем (максимум девять).
Current	1	Указатель на узел-приемник для текущего перехода. Во время нисходящей передачи это поле устанавливается в «1» источником и увеличивается на единицу на каждом промежуточном узле; при передаче данных вверх это поле устанавливается в значение поля Nodes источником и уменьшается на единицу на каждом промежуточном узле.
Address List	Nx2 байта	Список промежуточных узлов между источником и получателем в порядке нисходящего потока. Каждая запись — это два байта сокращенного адреса, соответствующих двум младшим байтам адреса промежуточных узлов.

Таблица 11. Поле NCtrl

Поле	Бит	Значение «1»	Значение «0»
Reserved	1		
Req/Resp	1	Во фрейме запроса (нисходящем).	Во фрейме ответа.
Error	1	Во фрейме, содержащем информацию об ошибках в их прикладном уровне.	
Agg SNR	1	Каждый промежуточный узел может обновить поле SNR в заголовке сетевого уровня, чтобы получить минимальное значение соотношения сигнал—шум на маршруте от источника до получателя.	Только узлы в последнем переходе (ближайшие к второстепенному устройству) могут обновить значение поля SNR, чтобы получить соотношение сигнал—шум между счетчиком и ближайшим маршрутизатором.
Reserved	4	Зарезервированные биты. Должны быть установлены в «0»	

Таблица 12. Формат TLV

Поле	Длина, байт	Назначение
Tag	1	Код типа данных прикладного уровня в поле Value.
Length	1	Длина в байтах поля Value.
Value	N	Содержит данные прикладного уровня, длина этого поля определяется полем Length.

Таблица 13. Параметры модуля ME50-868 в режиме Q

Параметр	Значение
Напряжение питания, В	2,0—3,6
Частотный диапазон, МГц	868,0—868,6
Количество радиоканалов	10
Скорость радиоканала, кбит/с	4,8
Выходная мощность при напряжении 3,6 В, мВт	1—25 (настраивается программно)
Чувствительность, дБм	—108
Ток потребления при передаче (мощность 25 мВт), мА	39
Ток потребления при приеме, мА	28
Ток потребления в спящем режиме, мкА	1,9 (радиоприемник активен)
	1,4 (радиоприемник отключен)

Формат поля NCtrl показан в таблице 11.

Каждый промежуточный узел от источника до получателя обновляет поля TTL и Current заголовка сетевого уровня получаемого фрейма данных и направляет этот фрейм к следующему узлу, используя информацию, содержащуюся в заголовке. Если адрес следующего узла является сокращенным, то он преобразуется в короткую форму адреса, используя адрес маски следующего узла сети. Это значит, что адреса маски всех второстепенных устройств заданной сети должны быть одинаковыми, чтобы получать фреймы друг от друга.

Прикладной уровень

Для формирования данных прикладного уровня используется формат TLV, показанный в таблице 12.

Поле данных прикладного уровня может содержать несколько форматов TLV — при условии, что размер фрейма не превышает максимального значения (255).

Параметры модуля ME50-868 в режиме Q

В таблице 13 приведены параметры модуля ME50-868 компании Telit в режиме Q.

Заключение

Протокол Wireless M-Bus является наиболее интересным решением для построения сетей, предназначенных для получения данных с устройств учета расхода энергии, будь то электросчетчики, счетчики расхода газа и воды, теплосчетчики и др. Протокол беспроводной, что упрощает установку счетчиков расхода, так как не требуется монтаж проводного интерфейса. Устройства, использующие данный протокол для передачи данных, не потребуют больших дополнительных энергозатрат для коммуникации. Протокол описан в двух европейских стандартах [1] и [2], которые описывают работу устройств на физическом, канальном и сетевом (для EN 13757-5) уровнях. Режимы работы по радиоканалу, заданные этими стандартами, просты для понимания и реализации. Стандарты предусматривают работу в трех частотных диапазонах: 169, 433 и 868 МГц (в России диапазон 169 МГц закрыт для гражданского использования).

Модули компании Telit ME50-868 работают в разрешенном частотном диапазоне с выходной мощностью 1–25 мВт, что позволяет использовать эти модули без дополнительной сертификации и получения разрешения. Модули ME50-868 поставляются со встроенным стеком и легко настраиваются через последовательный порт при помощи ПО SR Manager Tool компании Telit и AT-команд. Небольшие габариты, малое энергопотребление, легкость монтажа и управления модулями делает их прекрасным решением для использования в устройствах учета. ■

Литература

1. EN 13757-4:2010 Communication systems for meters and remote reading of meters. Part 4. Wireless meter readout (Radio meter reading for operation in the 868 MHz to 870MHz SRD band).
2. EN 13757-5:2010 Communication systems for meters and remote reading of meters. Part 5. Wireless relaying.
3. ETSI EN 300 220-1 V2.4.1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW. Part 1. Technical characteristics and test methods.
4. Telit Wireless M-Bus 2010. Part 4. User Guide. Rev. 4. 2012-11-09.
5. Texas Instruments. Application Note: AN067 — Wireless MBUS Implementation with CC1101 and MSP430 (Rev. A).
6. Telit Wireless M-Bus. Part 4, 5. Mode R2. User Guide. Rev. 5. 2011-06-23.
7. ETSI EN 300 220-2 V2.3.1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW. Part 2. Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.
8. Telit Wireless M-Bus. Part 5. Mode Q. User Guide. Rev. 1. 2011-05-06.

НОВОСТИ

Новый ГЛОНАСС/GPS-трекер FM5500 с двумя SIM-картами

Компания Teltonika объявила о выходе нового ГЛОНАСС/GPS-трекера Teltonika FM5500, предназначенного для определения местоположения и мониторинга транспортных средств.

Отличительные особенности устройства:

- наличие двух SIM-карт;
- защита по питанию до 60 В;
- интерфейс RS-485.

www.euromobile.ru

МИКРОЭМ
Электронные компоненты

IT530M и SARA-G350 —
НОВИНКИ для мобильных приложений от u-blox

IT530M — ГЛОНАСС/GPS приемник

- Миниатюрный 9.6 X 9.6 X 1.85 мм
- Высокая чувствительность –165dBm
- Низкое энергопотребление 57мВт при 3.3В
- A-GPS Autonomous, Data Logger, TCXO, RTC, Flash

SARA-G350 — GSM/GPRS модем

- Малогабаритный 16.0 x 26.0 x 3.0 мм
- Низкое энергопотребление
- Наличие in-band modem (для ЭРА-ГЛОНАСС)
- Навигация без ГЛОНАСС/GPS приемника

u-blox

SEOUL, SII, Fischer, Fischer elektronik, AAEON, JST, ODU, AVX, ETA, GERSYS, nichicon, Littelfuse, DYNEX, Weidmüller, SUNON, u-blox

Тел.: (495) 739-65-09
Факс: (495) 739-65-08
E-mail: microem@microem.ru
www.microem.ru

реклама

ФОРУМ
БЕЗОПАСНОСТИ И СВЯЗИ
Казань

13-15 марта 2013

18-я специализированная выставка
БЕЗОПАСНОСТЬ

7-я специализированная выставка
ОХРАНА И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

16-я специализированная выставка
СВЯЗЬ

Выставочный центр "Казанская ярмарка"
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8
Тел./факс: (843) 570-51-16, 570-51-11-круглосуточно
E-mail: pdv@expokazan.ru
http:// www.exposvyaz.ru, www.exposecurity.ru, www.expokazan.ru
Информационная продукция для детей, достигших возраста двенадцати лет (12+)

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР ISO - 9001
КАЗАНСКАЯ ЯРМАРКА

реклама

Новые GSM/3G-модули

для спутниковой навигации от компании u-blox

Роман Мишуков

Компания u-blox широко известна во всем «навигационном мире» как создатель и производитель высококачественных продуктов для спутниковых технологий позиционирования в интересах массового рынка. Основной (и долгое время единственной) задачей фирмы была разработка и поставка чипсетов и OEM GPS-модулей, произведенных на их основе.

Сегодня u-blox предлагает GPS/ГЛОНАСС-приемники 7-й серии, все наименования и типоразмеры (форм-факторы) которых представлены на рис. 1.

В 2012 г. u-blox приобрела компанию Fastrax, производителя OEM GPS/ГЛОНАСС-приемников. В связи с этим линейка продуктов расширилась за счет модуля IT530M и построенной на его основе сборки UC530M с миниатюрной GPS/ГЛОНАСС-антенной (рис. 2). Оба изделия поддерживают комбинированный режим работы, т. е. при расчете позиции используют данные навигационных систем ГЛОНАСС и GPS одновременно.

Основные технические характеристики навигационных модулей u-blox представлены в таблице 1.

Различие массо-габаритных показателей при одинаковых технических характеристиках объясняется наличием (либо отсутствием) различного рода опций, характерных для того или иного модуля. Например, навигационный приемник LEA-7N имеет в своем составе цепи защиты от КЗ и ХХ по RF-входу и цепь питания внешней активной антенны, что сказывается на размерах изделия.

Ближайшие планы компании u-blox — создание новой линии навигационных приемников. Новые модули будут иметь те же типоразмеры и цоко-

Таблица 1. Основные технические характеристики навигационных приемников u-blox

Параметры		LEA-7N	NEO-7N/NEO-7M	MAX-7C/MAX-7Q/MAX-7W	IT530M	UC530M
Габаритные размеры, мм		17,0×22,4×2,4	12,2×16,0×2,4	9,7×10,1×2,5	9,6×9,6×1,85	9,6×14,0×1,95
Напряжение питания, В		2,7–3,6	2,7–3,6/1,65–3,6	1,65–3,6/2,7–3,6/2,7–3,6	3,0–4,3	
Ток потребления, мА		23	15/17	15/17/17	11	
Холодный старт, с		29	29/30	30/29/29	31	
Чувствительность, дБм	Холодный старт	–148			–148	
	Слежение	–162			–165	

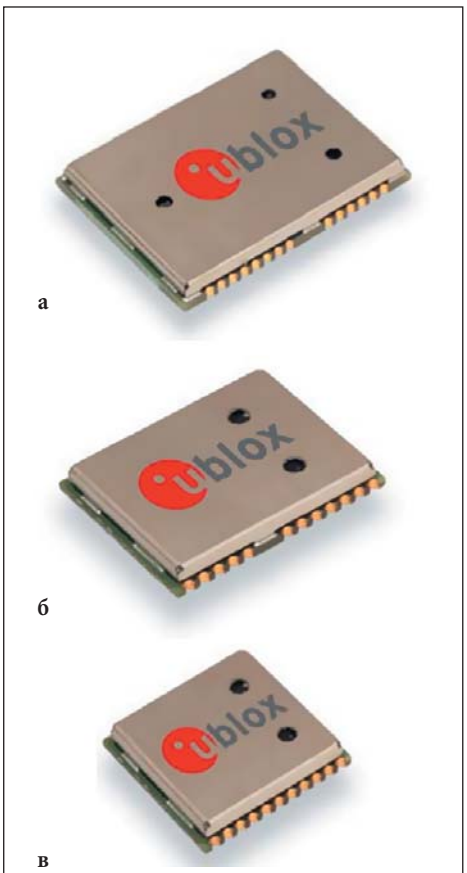


Рис. 1. GPS/ГЛОНАСС-модули от компании u-blox: а) LEA-7; б) NEO-7; в) MAX-7

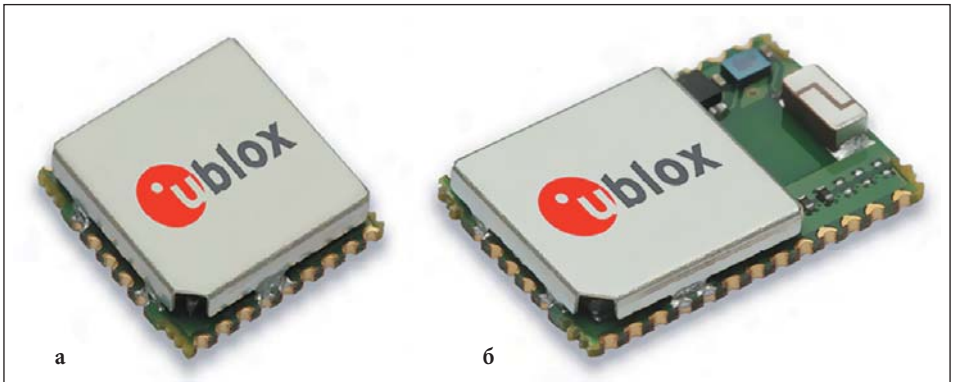


Рис. 2. GPS/ГЛОНАСС-модули от u-blox: а) IT530M; б) UC530M

левку выводов, что и модули ряда предыдущих поколений, что снимает все производственные проблемы потребителей. Предусматривается возможность работы в комбинированном режиме и, по-видимому, это будут первые навигационные модули, предоставляющие Assist-сервис (обеспечение навигационного приемника информацией для быстрого старта) при работе с ГЛОНАСС. Данная процедура для GPS-приемников компании u-blox уже давно реализована и успешно работает.

GSM-модули с «навигационными расширениями»

Основным продуктом российского рынка в сфере спутниковой навигации являются устройства контроля подвижных объектов в реальном масштабе времени. В большинстве случаев при использовании устройств такого рода предусматривается оперативная передача данных об объекте слежения заинтересованному потребителю. Сегодня в большинстве случаев для организации канала передачи используют сеть мобильной связи стандарта GSM, так как этот вариант наиболее доступен. В настоящее время наметилась тенденция к использованию для этих целей модулей стандарта 3G. Именно поэтому GSM- или 3G-модуль, наряду с GPS- или ГЛОНАСС-приемником, является неотъемлемой частью приборов контроля подвижных объектов.

Все без исключения GSM- и 3G-модули характеризуются набором стандартных характеристик: рабочие частоты, класс режима пакетной передачи данных (GPRS), SMS, TCP/IP-стек, токи потребления в различных режимах и др. И с этой точки зрения модули различных производителей мало чем отличаются друг от друга. Для упрощения изложения далее по тексту GSM- и 3G-модули будут называться просто «модули или модуль». Если будет идти речь о навигационном модуле, то это будет оговорено особо. Безусловно, модуль от определенного производителя имеет свои эксплуатационные особенности, они не отражены в технических описаниях, но зачастую определяют выбор разработчика. При этом модуль так и остается изделием со стандартным набором функций, практически одинаковым у всех производителей. Работа в составе готового изделия происходит ровно по этому же принципу: «все как у всех».

Как уже было показано выше, u-blox, помимо навигационных приемников, имеет в своем «продуктовом портфеле» линейку модулей для организации беспроводной связи GSM- и 3G-стандартов. В настоящий момент, наряду с навигационными приемниками, разработка и производство модулей беспроводной связи — еще одна специализация компании. Наиболее популярны и востребованы модули GSM-стандарта LEON-G100 (SMT-исполнение) и SARA-G350 (LGA-исполнение), они представлены на рис. 3. В 3G-стандарте наиболее популярны модули LISA-U2series. Для российского рынка, с точки зрения рабочих частот, актуальны модели LISA-U200 и LISA-U260. Основные технические данные модулей компании u-blox приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные технические характеристики GPRS- и 3G-модулей u-blox

Параметры		LEON-G100	SARA-G350	LISA-U2series
Габаритные размеры, мм		18,9×29,5×3	16×26×3	
Конструктив		SMD	LGA	SMD
Рабочие частоты, МГц		850/900/1800/1900		800/850/900/1700/1900/2100
Напряжение питания, В		3,0–4,5		3,3–4,4
in-band mode		Есть		
Ток потребления, мА	Power Off	0,99	0,04	0,05
	Idle mode	1,6	0,9	1,6
GSM voice		не более 300	250	190
UMTC voice		Нет		460
GPRS Class 10		не более 410	250	190
HSDPA		Нет		580
HSPA		Нет		460
Скорость передачи данных, кбит/с				
GSM		9,6 max		
GPRS Class 10		85,6		
HSUPA, Мбит/с		Нет		5,76
HSDPA, Мбит/с		Нет		7,2/21,1*
Analog Audio		2	1	нет
Digital Audio		1	1	2
SIM-карта		1,8 В/3 В		

Уникальными все эти модули делает то, что помимо стандартного набора характеристик и функций они содержат в себе ряд «навигационных» расширений:

- управление работой GPS/ГЛОНАСС-модуля u-blox через DDC-интерфейс;
- считывание данных в формате NMEA;
- конфигурирование модуля посредством UBX-протокола;
- режим A-GPS;
- технология гибридного позиционирования.

Все эти расширения позволяют упростить схемотехнику изделия в целом, облегчить процесс написание ПО и разгрузить процессор, расширить функционал конечного изделия. Рассмотрим все указанные «навигационные» опции более подробно.

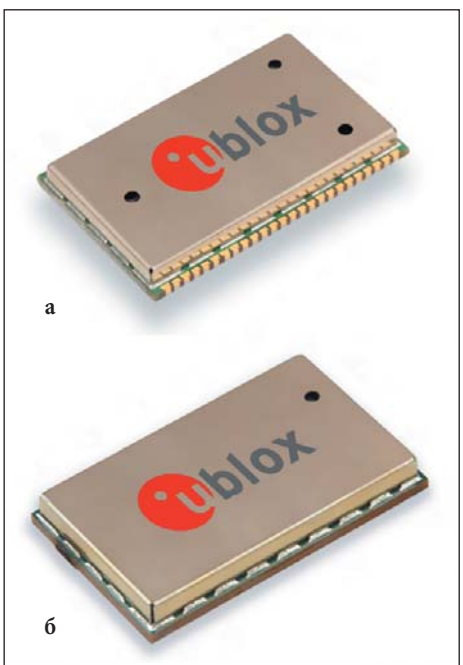


Рис. 3. GSM-модули от компании u-blox: а) LEON-G100; б) SARA-G350

Управление работой GPS/ГЛОНАСС-модуля u-blox через DDC-интерфейс

И модули беспроводной связи, и навигационные модули производства компании u-blox в обязательном порядке имеют DDC-интерфейс, задача которого обеспечить их взаимную коммуникацию. При такой коммуникации набор «фирменных» AT-команд позволяет проводить следующие манипуляции:

1. Включение/выключение GPS/ГЛОНАСС-модуля u-blox.

Данная операция легко выполняется посредством единственной AT-команды ***AT+UGPS=<mode>[,<aid_mode>]***, где ***mode*** — состояние GPS/ГЛОНАСС-модуля: «1» — включен, «0» — выключен; ***aid_mode*** — (0–15) включение различных режимов A-GPS.

Включение навигационного модуля:

```
AT+UGPS=1,0
OK
```

Отключение:

```
AT+UGPS=0

OK
```

Проверка текущего состояния:

```
AT+UGPS?
+UGPS: 1,0
OK
```

В данном примере отклик показывает, что модуль включен, и режимы A-GPS не используются.

2. Считывание данных в формате NMEA.

Если GPS/ГЛОНАСС-модуль находится во включенном состоянии (см. выше), то при помощи AT-команд можно получать различные данные в формате NMEA.

Активация опции:

```
AT+UGRMC=1
OK
```

Выдача данных:

```
AT+UGRMC?
+UGRMC: 1,$GPRMC,105146.00,A,5559.45769,N,
03713.00256,E,0.145,,110213,,,D*70
OK
```

Информация о спутниках, использованных при вычислении позиции (сообщение ***$GSA*** стандарта NMEA):

```
AT+UGGSA=1
OK
AT+UGGSA?
+UGGSA: 1,$GPGSA,A,3,17,32,01,31,23,04,13,,,,,,
4.11,1.86,3.66*09
OK
```

Данные о широте и долготе (сообщение ***$GLL*** стандарта NMEA):

```
AT+UGGLL=1
OK
AT+UGGLL?
+UGGLL: 1,$GPGLL,5559.48214,N,03712.97293,E,115758
.00,A,D*65
OK
```

Возможно считывание и других данных NMEA по желанию. Полный перечень форматов данных приведен в фирменном описании AT-команд, используемых модулями u-blox (u-blox Wireless Modules. Data and Voice Modules. AT Commands Manual).

3. Использование AT-команд при конфигурировании GPS/ГЛОНАСС-модуля u-blox командами UBX-протокола.

UBX — «фирменный» бинарный протокол u-blox, позволяющий настраивать навигационный приемник под запросы конкретного потребителя. Например, это могут быть: настройка формата выдачи данных в протоколе NMEA; переключение в ГЛОНАСС- или GPS-режим работы; включение или отключение SBAS-коррекции и т. д. Список возможных опций весьма широк, полное описание протокола (u-blox 7 Receiver Description Including Protocol Specification V14) можно найти на сайте производителя.

Опция конфигурирования реализована одной AT-командой: ***AT+UGUBX=<UBX String>***, где***<UBX String>*** — команда UBX-протокола.

Ниже дан реальный пример использования UBX-протокола — переключение навигационного приемника в ГЛОНАСС-режим:

```
AT+UGUBX= B5 62 06 3E 24 00 00 00 10 04 00 04 FF 00 00
00 00 00 01 01 03 00 00 00 00 00 05 00 03 00 00 00 00 00 06
08 FF 00 01 00 00 00 9A 0D
```

A-GPS

Полное название данной опции — Assisted GPS (A-GPS), что можно перевести как «GPS с помощью». Перевод отражает суть этого режима работы: помощь навигационному приемнику во время старта путем информации, поставляемой дополнительно. Стартом в спутниковой навигации принято считать время от момента подачи на приемник питающего напряжения до выдачи первого навигационного решения. В классическом варианте приемник получает всю необходимую информацию в ходе приема навигационного сообщения от спутниковой группировки. Среднее время «холодного старта» (приемник не имеет какой-либо начальной вспомогательной информации, условия приема сигнала благоприятные) составляет примерно 30 с. При сложных условиях приема, когда уровень сигнала очень низкий (различного рода экранировки и затенения, возникающие, например, при расположении приемника в помещении, городском «каньоне» и т. д.), время «холодного старта» значительно увеличивается. Иногда, в очень тяжелых условиях, приемник вообще не в состоянии определить позицию. Именно в таких случаях режим A-GPS имеет особую ценность. Главное — получение приемником вспомогательной информации по какому-либо каналу связи. Как уже было сказано выше, наиболее предпочтительный вариант — GSM.

Модули беспроводной связи LEON-G100 и SARA-G350 и LISA-U2series обеспечивают такой канал связи посредством нескольких AT-команд, используемых в зависимости от нужной разновидности режима A-GPS. u-blox выделяет пять таких разновидностей.

Automatic local aiding

Режим A-GPS, определяемый как автоматическая помощь при старте. В ходе своей штатной работы, при наличии связи с навигационным приемником, установленной командой ***AT+UGPS,*** модуль перед выключением запоминает последнюю определенную позицию и другие навигационные данные (эфемериды видимых спутников, альманах, время) и при повторном включении посылает данные об этой позиции в адрес GPS/ГЛОНАСС-приемника, облегчая тем самым процесс старта и сокращая время выдачи первого навигационного решения. В случае значительного промежутка между предыдущим и повторным стартами устройства, когда сохраненные данные теряют свою валидность, GSM-модуль u-blox выдает код национальной принадлежности GSM-сети для грубой оценки позиции. Режим активируется командой ***AT+UGPS=1,1.*** Больше никаких дополнительных действий не требуется.

AssistNow OffLine

Режим A-GPS, определяемый как старт с периодическим обращением к источнику вспомогательной информации. Источником служит бесплатный сервер компании u-blox с постоянно обновляемыми навигационными данными. Активировав данный режим, можно скачивать с указанного сервера альманах с различными сроками валидности, от 1 до 14 дней. В период валидности альманаха обращение к серверу u-blox не требуется, так как все данные сохраняются во flash-памяти модуля и при старте передаются навигационному приемнику через DDC-интерфейс. По истечении срока валидности альманаха необходимо новое обращение к серверу u-blox:

```
AT+UGPS=1,2
OK
```

Значение «2» указывает на то, режим AssistNow OffLine активирован.

Исполнительная команда:

```
AT+UGAOF= “http://alp.u-blox.com/
current_14d.alp”,0,1,3
```

Для загрузки выбран альманах со сроком валидности 14 дней. Перед выполнением команд, предусматривающих обращение к серверу u-blox, необходимо осуществить активацию точки доступа командой по стандартному алгоритму с учетом данных для конкретного оператора.

AssistNow OnLine

Режим A-GPS, при котором модуль осуществляет коннект со специализированным сервером u-blox при каждом старте устройства. При коннекте с сервером скачивается необходимая для быстрого старта навигационная информация.

```
AT+UGPS=1,4
OK
```

Значение «4» указывает на то, что режим AssistNow OnLine активирован.

Исполнительная команда:

```
AT+UGAOP=»eval1-les.services.ublox.com»,46434,1000,0
OK
```

Примечание: данные для исполнения команды показаны для примера (по состоянию на момент подготовки статьи) и могут не соответствовать действительным данным.

AssistNow Autonomous

Выполнение данной опции не требует обращения к внешним источникам информации. В ходе своей обычной работы навигационный модуль запоминает эфемериды всех спутников, которые он видит в процессе работы, и при повторном включении, используя свойство периодичности спутниковых орбит и данных о времени, определяет примерное расположение спутников, что способствует более быстрому старту.

Модуль может активировать данную опцию навигационного приемника командой ***AT+UGPS***:

```
AT+UGPS=1,4
OK
```

Значение «8» указывает на то, что режим AssistNow Autonomous активирован.

Комбинирование режимов A-GPS

Возможно использование нескольких разновидностей режимов A-GPS одновременно. Достигается это простым суммированием цифровых обозначений команд в AT-команде ***AT+UGPS***.

Активация режимов AssistNow OffLine и AssistNow OnLine:

```
AT+UGPS=1,6
OK
```

Активация всех разновидностей режимов A-GPS:

```
AT+UGPS=1,15
OK
```

Технология гибридного позиционирования

Спутниковая навигация — это широко распространенная, эффективная технология, но она не всегда работает, особенно в сложных для распространения сигнала условиях (городские «каньоны», помещения, крытые парковки, случайные или преднамеренные помехи).

Ситуацию можно улучшить путем дополнения данных, получаемых спутниковым навигационным приемником, информацией от станций мобильной связи, т. е. от GSM. Такое дополнение будет полезным практически для любых навигационных приложений. Компания u-blox создала технологию гибридного позиционирования, которая основана на использовании «смеси» данных спутниковой навигации и данных, получаемых от GSM-станций мобильной связи. Эта технология получила название CellLocate.

При помощи CellLocate можно определить местоположение без использования навигационного приемника. Происходит это следующим образом. Модуль беспроводной связи получает данные всех GSM-станций, которые он «видит». Затем происходит получение данных с CellLocate-сервера компании u-blox, где имеется база данных, определенных ранее совершенно посторонними навигационными приемниками и «привязанных» к тем же самым станциям сотовой связи. База данных непрерывно пополняется за счет множества постоянно работающих приборов различных пользователей, что увеличивает точность определения координат. Алгоритм работы технологии CellLocate представлен на рис. 4.

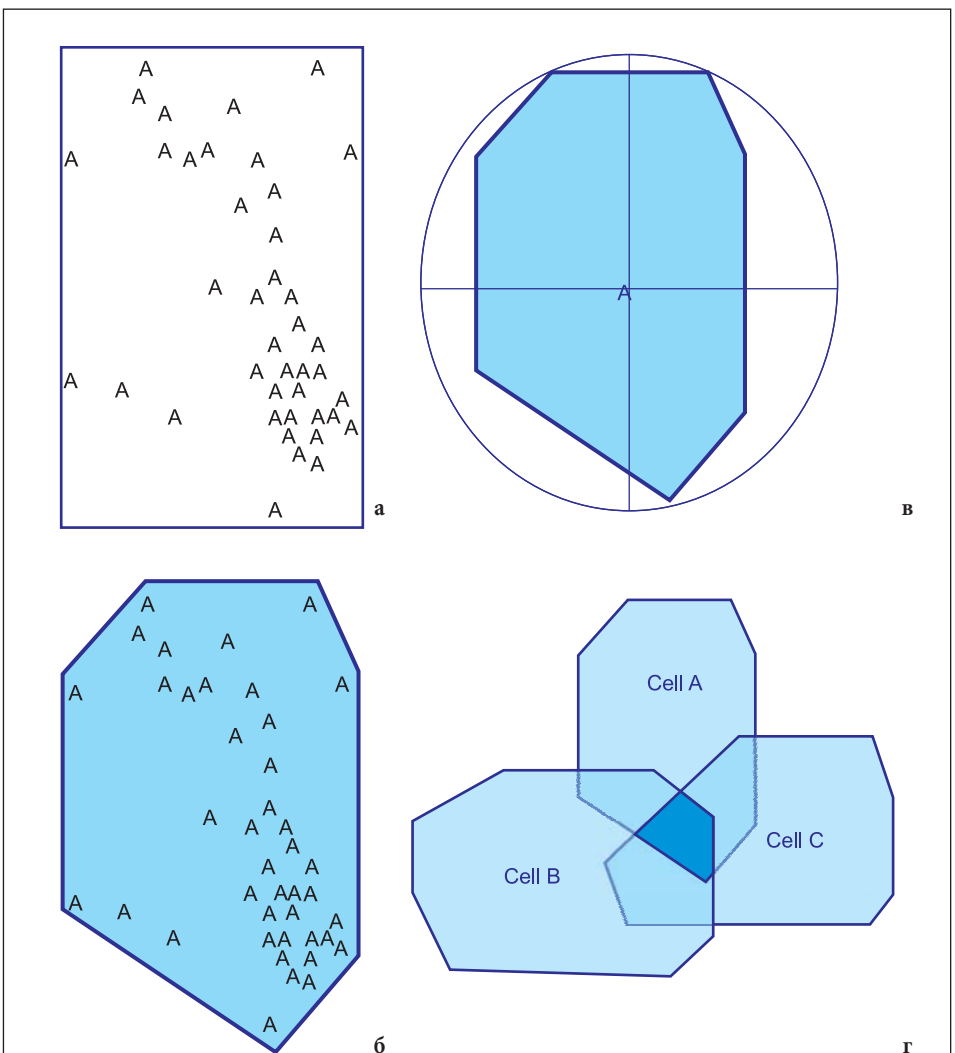


Рис. 4. Алгоритм технологии CellLocate: а) накопление данных, определенных различными устройствами в районе видимости базовой станции «А»; б) CellLocate-сервер определяет территорию «видимости» базовой станции «А»; в) очередное устройство использует «клетку «А» для оценки своего местонахождения; г) оценка местоположения устройства становится более точной при использовании нескольких клеток одновременно

Для любой точки местности существует определенная комбинация «видимых» станций. CellLocate позволяет «связать» полученную при помощи навигационного приемника позицию с данными о станциях мобильной связи, которые «видимы» с этой точки, передать эту информацию на CellLocate-сервер, грубо оценивающий позицию на основе информации от других приборов, которые определяли свое местоположение при помощи навигационного приемника при видимости тех же самых станций мобильной связи, и отослать свою оценку обратно на модуль. Данный сервис предоставляется бесплатно.

Широкое распространение сети мобильной связи стандарта GSM позволяет производить определение позиции при помощи технологии CellLocate практически везде и в любых условиях. Точность определения позиции зависит от «густоты» расположения базовых станций и «наполнения» базы данных на CellLocate-сервере. Система построена на принципе самообучения, обновление данных происходит постоянно при эксплуатации приборов с данной технологией. При использовании CellLocate сценарий «позиция не определена» практически исключен (рис. 4).

«ЭРА-ГЛОНАСС»

Создаваемая в России «Система экстренного реагирования при автомобильной аварии» (проект «ЭРА-ГЛОНАСС») предъявляет особые требования к модемам беспроводной связи бортовых автомобильных устройств. В частности, модуль беспроводной связи, «классический» GSM- или 3G-, обязательно должен иметь такую опцию, как in-band modem (передача данных по аудиоканалу одновременно с сеансом голосовой связи).

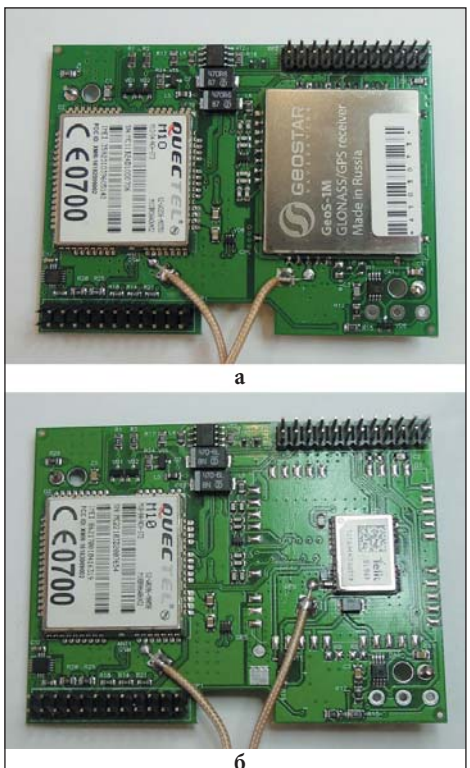
В настоящий момент все «классические» GSM-модули u-blox (LEON-G100, SARA-G350, рис. 3) и 3G-модули серии LISA-U2series (рис. 5) полностью адаптированы к работе в режиме in-band и готовы для использования в проекте «ЭРА-ГЛОНАСС». Еще раз необходимо подчеркнуть, что u-blox неукоснительно соблюдает принцип преемственности, поэтому все опции, описанные в данной статье для GSM-модулей, полностью актуальны и для 3G-моделей. Кроме того, возможно спроектировать печатную плату таким образом, что в одном устройстве будет возможно использование модемов двух видов в зависимости от требований потребителя. ■

Рис. 5. 3G-модуль серии LISA-U2XX

Тест-обзор
ГЛОНАСС/GPS-приемников

Юрий Висневский
pr@scout-gps.ru

Важной частью любой системы мониторинга транспорта являются навигационные приемники. С 2005 г. они предназначались для приема сигналов GPS, но с 2009 г. постепенно на нашем рынке стали появляться трекеры с ГЛОНАСС/GPS-приемниками, предназначенные для госзаказа. Они работали хуже, а стоили гораздо дороже GPS-аналогов. Но за последние годы производители ГЛОНАСС-чипов выпустили несколько поколений продуктов, которые все больше приближались к «нормальным» GPS-приемникам по основным характеристикам, таким как точность, чувствительность, время старта, габариты, энергопотребление и даже цена. Для сравнения на рис. 1 показаны платы с ГЛОНАСС/GPS-приемниками «ГеоС-1М» и Telit SL869. Видны контактные площадки под приемник предыдущего поколения. В начале 2012 г. сразу несколько производителей предложили новые ГЛОНАСС/GPS-чипы по цене, сравнимой с GPS. После подсчета экономии от уменьшения видов выпускаемой продукции стало очевидно, что выгоднее отказаться от выпуска GPS-трекеров, предлагая и коммерческим заказчикам ГЛОНАСС/GPS по цене GPS-решения. Но для этого требовалось, чтобы новые ГЛОНАСС-приемники и по качеству сравнялись бы с GPS. Что и предстояло выяснить нашим разработчикам в ходе масштабного тестирования и сравнения.



а

б

Рис. 1. Плата с ГЛОНАСС/GPS-приемником: а) «ГеоС-1М» (2011 г.); б) Telit SL869 (2012 г.)

Методика тестирования приемников

Есть вполне конкретные показатели качества и надежности решения навигационной задачи, такие как среднее время холодного и теплого старта, среднеквадратичное отклонение ошибки определения координат (в метрах) и т. д. Мы, конечно, смотрим на эти параметры в технической документации, но за 7 лет работы в данной отрасли был выработан главный способ определения качества приемника: реальная длительная эксплуатация в составе модуля мониторинга, установленного в реальном автомобиле.

Оценивается это качество весьма субъективно: внимательно просматривается трек на карте и ищутся какие-то отклонения и странные участки. Если они попадаются даже в режиме обкатки, вопросы от клиентов будут неизбежны. На рис. 2 показан «нормальный» трек GPS-приемника, а на рис. 3 — «ненормальный» трек ГЛОНАСС/GPS-приемника.

Рис. 2. GPS-приемник u-blox NEO 6, 2011 г. Пример «нормального» трека

Рис. 3. ГЛОНАСС/GPS-приемник Ижевского радиозавода МНП-М7, 2011 г. Пример «ненормального» трека

По количеству работающих спутников ГЛОНАСС уже достиг минимально необходимого количества (24 шт.). Кроме того, использование сразу двух систем навигации теоретически позволяет повысить вероятность определения позиции в условиях ограниченного обзора неба. Однако наш предыдущий опыт работы с различными ГЛОНАСС/GPS-приемниками даже в совмещенном режиме говорил о серьезном проигрывании «чистому» GPS.

Тестирование проводилось на личных и корпоративных легковых автомобилях пяти сотрудников на протяжении примерно недели. На каждом автомобиле одновременно было установлено от двух до шести терминалов с разными приемниками. ГЛОНАСС/GPS-антенны были расположены в салоне в одинаковых условиях. Питание всех терминалов также обеспечивалось из одной точки, чтобы сравнение было максимально корректным. Пробег каждого автомобиля за время теста составил 50–350 км, при этом специально выбирались сложные для навигации места: дворы-колодцы, эстакады, плотная городская застройка.

Почти весь функционал навигационного приемника и его характеристики определяются тем, какой процессор (или чип) установлен у него внутри. Существует не так много производителей ГЛОНАСС-чипов — MTK, Mstar, ST, Qualcomm, u-blox и др., в том числе и отечественных — «Навис», ИРЗ, «ГеоСтар навигация». Техническое развитие в отрасли производства навигационных приемников, чипов и модулей на текущий момент таково, что эти чипы уже практически не требуют обвязки. В результате выпустить «свой» ГЛОНАСС-приемник может практически любая компания — достаточно иметь парочку грамотных инженеров. Найти контрактника, который сможет их произвести, тоже сейчас не проблема. Испортить результаты чипа тоже несложно, если инженеры окажутся недостаточно грамотными или производитель сэкономит на внешних компонентах обвязки процессора (входной фильтр, емкости и т. д.). В этих условиях выбор ГЛОНАСС-приемника сводится не столько к выбору конкретного решения, сколько к выбору качественного чипа и надежного производителя. Так, например, Fastrax IT600, Qualcom L16, Telit SL869 и НАВИА GL8088s имеют общую платформу от STMicroelectronics — чип STA8088. Эти факты учитывались при выборе претендентов и проведении тестов. ГЛОНАСС/GPS-приемники, участвовавшие в тесте, представлены в таблице.

Начало работы (старт) у всех приемников достаточно качественное и быстрое, разрывов

Рис. 4. Работа приемников на примере программы «СКАУТ-Эксплорер»

отмечено не было. В нескольких случаях наблюдался небольшой отскок, который отфильтровывался в диспетчерском ПО (рис. 4). Один раз только u-blox LEA 6N в течение 1,5 мин. после старта выдавал координаты со смещением в 40 м. Обведенная линия должна была быть

Таблица. ГЛОНАСС/GPS-приемники, участвовавшие в тесте

Приемник	Характеристики										
	Производитель	Количество каналов	Частота, дБм		Время старта, с			Потребление, мВ		Количество экземпляров в тесте	Примечания
			При отслеживании	При старте	Горячий	Теплый	Холодный	При старте	При сопровождении		
НАВИС NV08C	Россия	32	-160	-143	~3	~25	~25		180	3	Показатели указаны для режима ГЛОНАСС/GPS
MStar MGGS2217	Китай	20 (80 для поиска)	-161	-144	~1	~32	~34	250	215	3	
Quectel L16	Китай	32	-162	-146	~2,5	~24	~35	363	314	3	
Telit SL869	Италия	32	-162	-146	~1	~35	~35	323	214	3	Показатели указаны для режима ГЛОНАСС/GPS
Ublox LEA-6N	Швейцария	50	-158	-138	~2	~25	~36	135	120	6	Не имеет совмещенного ГЛОНАСС/GPS-режима, поэтому тестировался в режиме «только ГЛОНАСС» и отдельно от остальных участников.

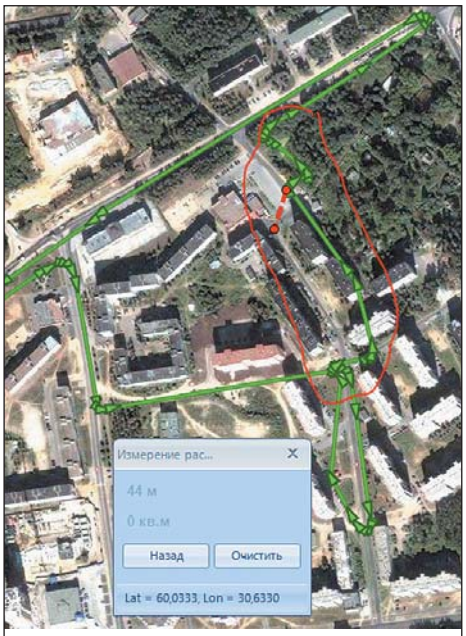


Рис. 5. Качество треков на примере программы «СКАУТ-Эксплорер»

ниже и правее (рис. 5). При движении в пробках все приемники показали стабильность (с небольшими и не частыми уводами в сторону). Хороший трек был показан всеми на открытых участках и в условиях движения по городу (рис. 6). А вот при работе в сложных условиях результаты уже заметно отличаются (рис. 7). На рис. 8–13 показаны варианты прохождения

Рис. 8. Парковка и старт во дворе-колодце с полным выключением питания (оборудование было перенесено на другое авто, расположенное в этом же дворе на расстоянии 5 м), MGGS 2217, ежесекундно

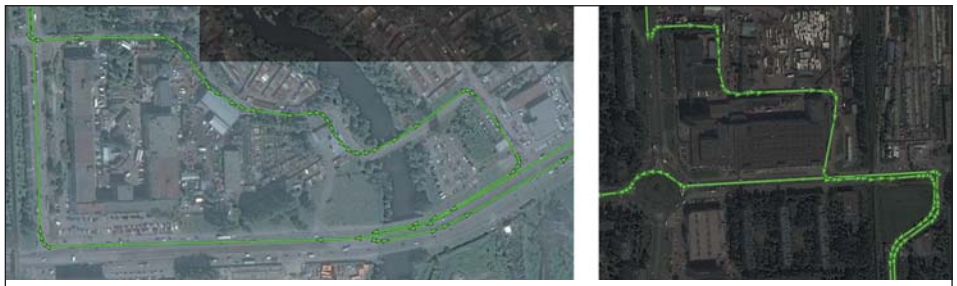


Рис. 6. Типовые участки трека

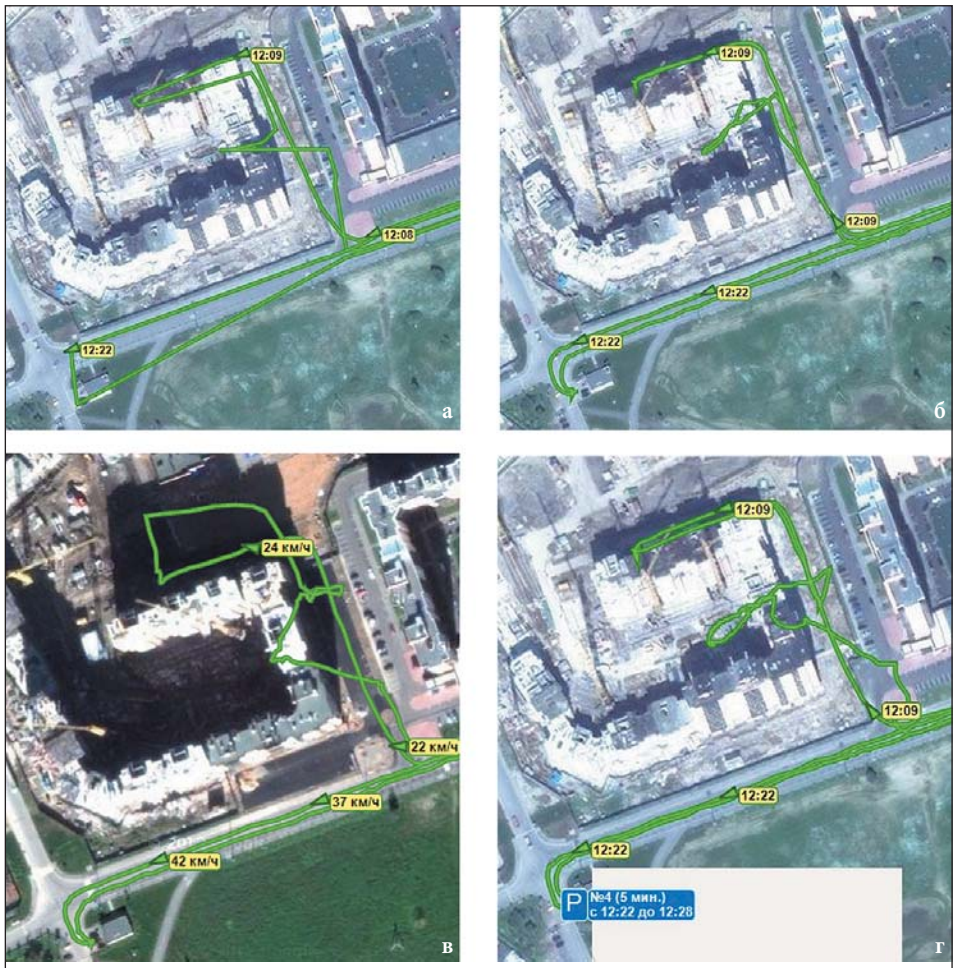


Рис. 7. Арка, высокое здание, двор-колодец: а) L16, стандартная детализация; б) MGGS 2217, ежесекундно; в) NV08C, ежесекундно; г) MGGS 2217, ежесекундно

Рис. 9. Быстрое движение по узким улицам, перекрытым кронами деревьев: а) L16, стандартная детализация; б) MGGS 2217, ежесекундно; в) NV08C, ежесекундно; г) MGGS 2217, ежесекундно. Замечаний нет

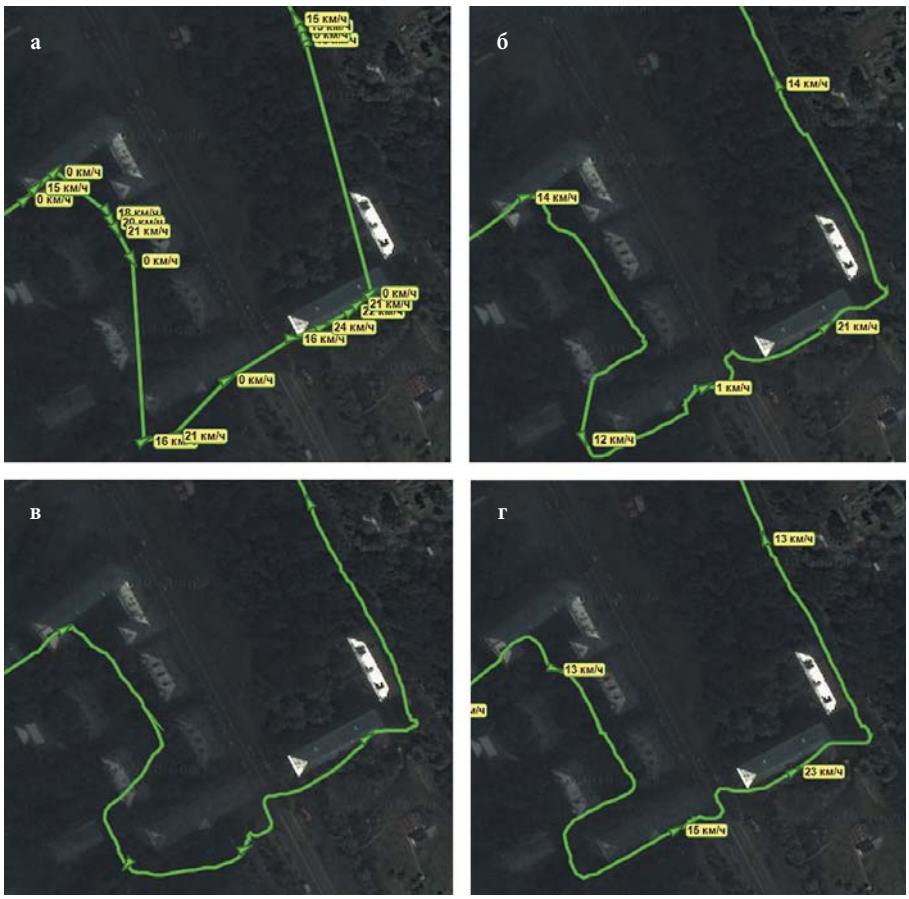


Рис. 10. Проезд маленьких дворов, вдоль зданий, под кронами деревьев: а) L16, стандартная детализация; б) MGGS 2217, ежесекундно; в) NV08C, ежесекундно (курс определяется неверно, с запаздыванием); г) MGGS 2217, ежесекундно

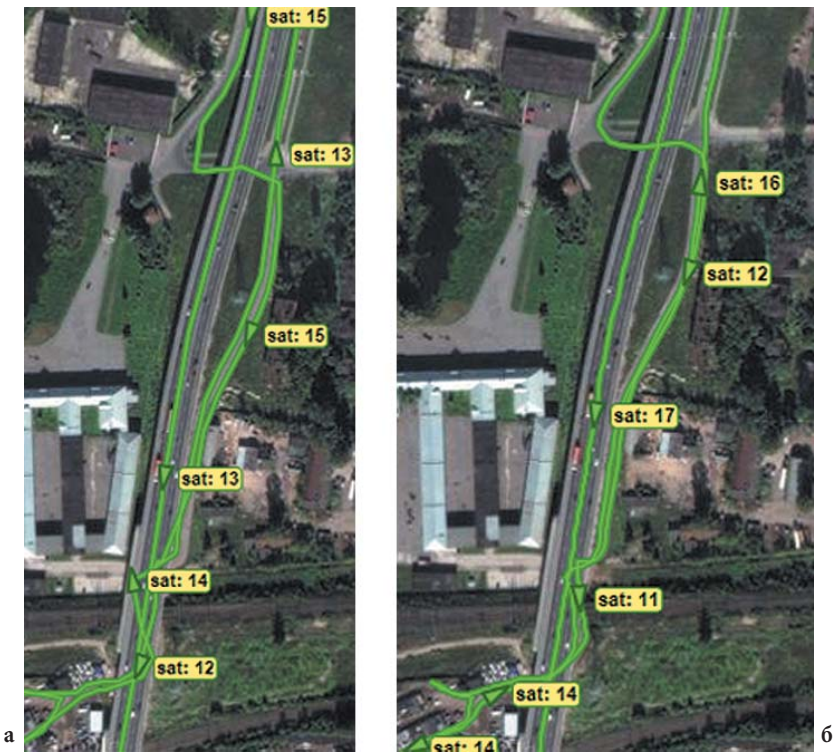


Рис. 12. Проезд под эстакадой: а) NV08C, ежесекундно; б) MGGS 2217, ежесекундно. MGGS справился лучше, НАВИС срезал поворот

Рис. 11. Проезд под мостами: а) MGGS 2217, ежесекундно; б) MGGS 2217, ежесекундно; в) NV08C, ежесекундно; г) NV08C, ежесекундно; д) L16, ежесекундно. Все показали отличную работу

испытательных автомобилей по траекториям со сложными условиями.

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы.

У НАВИС в целом треки хорошие, особенно при размещении антенны на крыше. Из недостатков можно отметить некое «запаздывание» курса и не лучшее поведение (относит в сторону) в условиях дворов-колодцев. Оценка «4». Количество видимых спутников в среднем 16–20.

MGGS2217 показал треки в целом хорошие, лучше, чем НАВИС во дворах. Хорошо отрабатывает мелкие маневры. Оценка «5–». Из недостатков

Рис. 13. Крытая АЗС: а) L16, ежесекундно; б) MGGS 2217, ежесекундно; в) два NV08C, ежесекундно; г) MGGS 2217, ежесекундно; д) MGGS 2217, ежесекундно; е) MGGS 2217, ежесекундно; ж) L16, стандартная детализация

можно отметить периодический «не прием» данных терминалом: бывают отсутствия точек при ежесекундной детализации. Причина неизвестна. Возможно, она в терминале или в питании (проявлялась только на одном из авто). Количество видимых спутников в среднем 15–18.

У Quectel L16 качество трека лучше, чем у НАВИС, но немного хуже в прорисовке сложных участков, чем у MGGS2217. Оценка «4+». Количество видимых спутников в среднем 16–20.

Telit SL869 выполнен на том же чипе, что и L16, и имеет аналогичное качество трека. Оценка «4+».

ublox LEA 6N, несмотря на то, что испытывался в режиме ГЛОНАСС, показал лучший трек. Видны все маневры на дороге. Если бы не однократная проблема при старте, была бы твердая «пятерка», а так — оценка «5–».

Стоит напомнить, что данный обзор отражает лишь наши результаты тестирования и не является истиной в последней инстанции. Надеемся, что представленные материалы помогут читателям сделать свой выбор. ■

НОВОСТИ

VII Международный форум по спутниковой навигации

VII Международный форум по спутниковой навигации представляет собой центральное событие года в области коммерческого использования спутниковых навигационных технологий и прежде всего российской навигационной системы ГЛОНАСС.

Основная цель форума — информирование широкой российской и зарубежной аудитории о состоянии и планах развития спутниковых навигационных систем, о государственной политике в области коммерческого использования системы ГЛОНАСС в России и за рубежом, инновационных технологиях и навигационно-информационных системах, новейшем навигационном оборудовании и услугах для массового потребителя, государственных секторов экономики и частного бизнеса.

Программа форума ориентирована как на массового потребителя навигационных продуктов и услуг, так и на представителей рынка коммерческих перевозок и освещает все аспекты их практического использования в целях построения успешного бизнеса и повышения его эффективности.

Основное внимание будет уделено навигационно-информационным услугам для массового потребительского рынка.

Участники форума получат подробную информацию по правовым аспектам использования спутниковой навигации, познакомятся с имеющимся на рынке навигационным и навигационно-связным оборудованием ведущих российских и зарубежных производителей, с разнообразными приложениями для массового и отраслевого рынков, опытом ведущих компаний по практической эксплуатации навигационных систем, включая бизнес-кейсы использования спутниковой навигации от представителей российского бизнеса.

На секционных заседаниях и круглых столах будет представлена самая актуальная информация о разработанных продуктах, насущных проблемах в области навигации, картографии, нормативного правового регулирования. Участники смогут высказать свои предложения по формированию благоприятных условий для эффективного внедрения инновационных технологий и обменяться опытом. Впервые на форуме будет организована образовательная секция для популяризации знаний о теоретических основах спутниковой навигации, навигационных технологий и их практического использования.

Более подробную информацию можно найти на сайте www.glonass-forum.ru.

Сравнительное тестирование GPS/ГЛОНАСС-приемников

для систем мониторинга подвижных объектов

Алексей Аникин
anikin.a@mt-system.ru

Важной частью любой системы мониторинга являются навигационные приемники. В навигационном оборудовании российского производства с 2000 г. присутствовали приемники сигналов GPS импортного производства, но несколько лет назад стали появляться и персональные трекеры со встроенными ГЛОНАСС/GPS-приемниками. Изначально на коммерческом рынке присутствовали только двухсистемные устройства, произведенные на российских предприятиях, которые стоили существенно дороже, а работали хуже GPS-аналогов импортного производства: энергопотребление было в десятки раз выше, чувствительность на столько же децибел хуже, размеры больше и т. д.

Но последние три-четыре года разработчики двухсистемных навигационных приемников не стояли на месте. Выпускаемое ими оборудование постоянно совершенствовалось. Новые устройства все больше приближались к импортным GPS-приемникам по своим потребительским качествам: точности, чувствительности, времени старта, габаритам, энергопотреблению и цене. В 2011 г. были выпущены первые навигационные чипсеты с поддержкой двух спутниковых систем (ГЛОНАСС и GPS) импортного производства, и спустя несколько месяцев многие российские и зарубежные компании начали изготавливать на их основе свои навигационные ГЛОНАСС/GPS-приемники.

Почти весь функционал навигационного приемника и почти все его характеристики определяются тем, какой процессор (или чип) установлен у него внутри. Существует ограниченное количество производителей ГЛОНАСС/GPS-чипсетов: MTK, ST, Qualcomm, u-blox и ряд других, в том числе и отечественных («Навис», «ГеоСтар навигация»). Техническое развитие в отрасли производства навигационных приемников, чипов и модулей на текущий момент дошло до того, что эти чипы уже практически не требуют обвязки. В результате выпустить собственный ГЛОНАСС/GPS-приемник может практически любая компания — достаточно иметь в штате нескольких грамотных инженеров. Например, ГЛОНАСС/GPS-приемники Fastrax IT600, Quectel L16, Telit SL869, НАВИА GL8088s и SimCom Sim68 имеют общую платформу в виде чипсета STA8088 от компании STMicroelectronics.

Испортить характеристики чипа тоже возможно, если квалификация инженеров окажется недостаточной или производитель сэкономит на внешних компонентах обвязки чипсета (входной фильтр, емкости и т. д.). В этих условиях приходится выбирать не столько конкретную модель, сколько качественный чипсет и компетентного производителя.

Конкуренция на рынке ГЛОНАСС/GPS-приемников приобрела чрезвычайно острый характер. Практически каждый месяц, если не чаще, производители выпускают новые модификации своих навигационных устройств или совершенствуют встроенное программное обеспечение уже существующих изделий с целью улучшения тех или иных технических характеристик.

Сложилась негласная традиция сравнивать любой «двухсистемник» с приемником GPS. Это связано с тем, что GPS давно развивается как коммерческая система, выпущено множество поколений устройств, коммерческая эксплуатация которых давно и успешно идет по всему миру. Прежде чем начинать разговор о различных способах сравнительного тестирования современных ГЛОНАСС/GPS-приемников, следует определить требования, которые к ним предъявляет современный рынок.

Во-первых, это высокая чувствительность. У современных GPS-приемников она достигает –165 дБм. Это важная характеристика, особенно для приборов со скрытной установкой с ограниченной видимостью открытого неба.

Во-вторых, низкое энергопотребление. Здесь, оглядываясь на приемники GPS, ожидается получить величину не более 100 мА. Современные GPS-устройства уже давно имеют энергопотребление не более 30–35 мА. Этот параметр особенно важен для систем персонального мониторинга и скрытого слежения. Например, в системе персонального мониторинга с автономным питанием приемник должен работать от встроенного аккумулятора порядка 2–3 лет. Очевидно, для подобных систем энергопотребление является крайне важной характеристикой.

В-третьих, миниатюрность. Некоторые образцы приемников GPS имеют размер порядка 10×10 мм и даже меньше. Наглядным примером является SE880 от Telit Wireless Solutions. Его размеры составляют 4,7×4,7 мм, и присутствует возможность работы как с активной,

так и с пассивной антенной. Это очень важно для персональных трекеров и автономных охранно-поисковых систем.

Не на последнем месте стоит и поддержка A-GPS. Возможность работы с различными системами Assisted GPS является значительным преимуществом приемника, поскольку в этом случае он может осуществлять «теплый» и «горячий» старт в разы быстрее, чем устройство, не обладающее поддержкой этих систем. В целом, системы типа A-GPS можно разделить на две основные категории: автономные и использующие внешний веб-ресурс. В первом случае эфемериды спутников рассчитываются внутри самого приемника. Как правило, время действия данных внутреннего расчета меньше, чем у систем второго типа (в среднем 3–5 дней). Во втором случае используются вычислительные ресурсы внешнего сервера. При этом требуется возможность обеспечить загрузку файла с вычисленными эфемеридами с внешнего интернет-ресурса. Как правило, эту возможность обеспечивает GSM-модуль.

И, конечно же, большое значение имеет цена. Очевидно, что конечный пользователь не должен платить за использование двухсистемного приемника GPS/ГЛОНАСС больше, чем односистемного с поддержкой только GPS.

В средствах массовой информации постоянно появляются результаты сравнительных тестов актуальных на данный момент ГЛОНАСС/GPS-приемников. Немалые усилия направляются на то, чтобы выяснить, какой из приемников лучше работает в тех или иных условиях. Разработчику, перед которым стоит задача выбора того или иного навигационного приемника для решения определенной задачи, приходится анализировать огромные объемы информации. Можно с уверенностью сказать, что большая часть информации в СМИ о результатах тестирования и сравнения между собой различных навигационных устройств не только не вносит ясности в ситуацию, но еще больше запутывает и искажает истинное положение вещей. Причин этому несколько.

Сравнительное тестирование навигационных приемников в лабораторных условиях является достаточно дорогостоящей и длительной по времени процедурой. Она по карману далеко не всем предприятиям, занимающимся разработкой навигационного оборудования. Дорогостоящее и длительное по времени лабораторное тестирование навигационных приемников нецелесообразно по причине очень частого обновления их аппаратного и программного обеспечения (ПО). Пока происходит процесс лабораторного тестирования одной версии приемника, уже успевает выйти более новая, что делает испытания предыдущей версии бессмысленными.

Каждый производитель ГЛОНАСС/GPS-приемников выпускает так называемые демонстрационные и отладочные средства (платы), позволяющие конечному пользователю легко и быстро запустить в работу интересующий его приемник. Для этого, как правило, просто достаточно подключить соответствующую демо-плату с ГЛОНАСС/GPS-приемником к персональному компьютеру и запустить специальную программу, позволяющую выводить на экран компьютера различные параметры работы данного устройства. Понятно, что производители стараются тем или иным образом подчеркнуть достоинства и скрыть недостатки своего продукта, часто вводя таким образом конечного пользователя в заблуждение. В таких случаях проблемы проявляются на этапе разработки или эксплуатации конечного изделия в виде возникновения различных аппаратных сбоев или программных ошибок, не описанных в технической документации на приемник. Общеизвестно и то, что производители ГЛОНАСС/GPS-приемников выпускают собственное ПО для персонального компьютера, позволяющее производить наглядную проверку работоспособности устройства. Данное ПО часто использует дополнительные алгоритмы обработки, предназначенные для облегчения восприятия данных, выдаваемых навигационным приемником. Каждая программа предоставляет пользователю собственный уникальный интерфейс. Зачастую способ представления информации в таких программах различен, что затрудняет сравнительный анализ выдаваемых ими характеристик. Положение усугубляется тем, что, как упоминалось раньше, каждый производитель снабжает свои навигационные приемники собственным протоколом работы. Тем временем существует единый общепринятый протокол NMEA [1] для представления навигационной информации, выдаваемой ГЛОНАСС/GPS-приемником. Каждый производитель приемников, помимо собственного протокола, внедряет в своих приемниках и протокол NMEA. С одной стороны, это упрощает задачу сравнительного тестирования ГЛОНАСС/GPS-приемников различных производителей. Но, с другой стороны, как показывает практика, количества информации, выдаваемой по протоколу NMEA, недостаточно для решения некоторых навигационных задач. К тому же данный протокол реализуется разными производителями в своих ГЛОНАСС/GPS-приемниках несколько по-разному: отличаются состав информационных предложений NMEA, последовательность их выдачи и т. д.

Отсутствуют общепринятые стандарты или рекомендации по сравнительному тестированию ГЛОНАСС/GPS-приемников в полевых условиях, без использования специального дорогостоящего оборудования. До сих пор остается открытым вопрос о том, как создать одинаковые условия испытаний для всего набора ГЛОНАСС/GPS-приемников, подлежащих исследованию. Тестирование ГЛОНАСС/GPS-приемников с помощью демонстрационных плат в полевых условиях, как правило, носит субъективный характер: результат зависит от множества случайных факторов, таких как:

- Приемная антенна. Зачастую производители рекомендуют использовать со своими ГЛОНАСС/GPS-приемниками конкретные антенны, которые часто бывают несовместимы между собой, например, по величине напряжения питания. Даже одинаковые антенны из одной серийной партии могут отличаться своими параметрами.
- Время тестирования. В разное время испытаний разных ГЛОНАСС/GPS-приемников в небе присутствует различное количество спутников. Погодные условия, влияющие на процесс распространения радиоволн, тоже могут быть разными.
- Место тестирования. Например, тестирование двух одинаковых ГЛОНАСС/GPS-приемников из одной серийной партии в одно и то же время, но в различных участках земной поверхности, может давать совершенно разные результаты.

Сравнительным тестированием ГЛОНАСС/GPS-приемников в полевых условиях и опубликованием результатов тестирования может заниматься практически любое заинтересованное лицо. Процесс такого тестирования не представляет из себя ничего сложного. Достаточно иметь на руках демонстрационную плату с ГЛОНАСС/GPS-приемником (либо сам приемник) и персональный компьютер с установленной программой тестирования. Еще желательно (но не обязательно) иметь транспортное средство (например, автомобиль) для удобства перемещения.

Таким образом, при проведении сравнительного тестирования нескольких ГЛОНАСС/GPS-приемников необходимо, как минимум, предварительно определиться с набором устройств. В пределах определенной выборки необходимо классифицировать ГЛОНАСС/GPS-приемники по следующим параметрам:

- Чипсет, положенный в основу приемника. Часто бывает, что один и тот же производитель изготавливает свои навигационные приемники на основе различных чипсетов. И наоборот, различные производители изготавливают свои приемники на базе одинаковых чипсетов. В этом случае необходимо принимать во внимание технические особенности того или иного чипсета, ибо они могут отличаться друг от друга напряжением питания, настройками встроенного программного обеспечения, совместимостью или несовместимостью с различными типами приемных антенн. Приемники, изготовленные на основе одинаковых чипсетов, необходимо привести в максимально схожее состояние с помощью программных настроек (скорость обмена данными по последовательному интерфейсу, включение/отключение различных способов фильтрации выдаваемых данных, включение/отключение режимов пониженного энергопотребления).
- Производитель. Возникают ситуации, когда одна фирма выпускает навигационные приемники на базе различных чипсетов, используя при этом единый алгоритм при программной настройке параметров устройств (поддержка одинаковых режимов пониженного энергопотребления, использование для вывода навигационной информации одинаковых протоколов и т. д.).
- Протокол, используемый для вывода навигационной информации во внешние устройства. Как было отмечено, один и тот же производитель ГЛОНАСС/GPS-приемников, как правило, использует в своих приемниках для вывода навигационной информации единый протокол.
- Напряжение питания приемной антенны. Различные приемники могут работать

с приемными антеннами с различным напряжением питания.

- Коэффициент усиления приемной антенны. Различные приемники могут поддерживать работу с антеннами с различным коэффициентом усиления.

Далее следует составить перечень навигационных параметров, представляющих наибольший интерес. Например, при онлайн-мониторинге автотранспорта часто требуется, чтобы координаты точки местоположения, выдаваемые навигационным приемником, создавали как можно меньше случайных флуктуаций, пока транспортное средство стоит на месте, поскольку они создают существенные ошибки при оценке пробега транспортного средства и, соответственно, при оценке расхода горючего. Не менее важно определиться с математическими методами, которые предполагается использовать для обработки интересующего навигационного параметра. Например, при оценке пробега транспортного средства и расхода горючего по замерам, полученным с помощью навигационного приемника, случайные флуктуации измеренных координат могут подвергаться программной фильтрации. С этой точки зрения предпочтительнее оказывается тот навигационный приемник, который совершает редкие флуктуации, но с большой средней амплитудой. Ситуации, когда измеренное приемником местоположение транспортного средства изменилось на величину больше, чем транспортное средство физически могло осуществить, могут быть легко отфильтрованы на программном уровне конечного навигационного устройства. Важно также сделать правильный выбор среди математических методов, которые позволяют наиболее полно осуществить оценку интересующего навигационного параметра в результате тестирования.

Статическое тестирование

В статическом тесте при оценке случайных флуктуаций измеренного навигационным приемником местоположения наиболее тривиальным является использование такого параметра, как общая величина смещения L измеренного местоположения за фиксированное время T или за фиксированное количество замеров $N = T/\Delta t$, где Δt — временной интервал выдачи приемником информации о координатах измеренного местоположения (обычно $\Delta t = 1$ с):

$$L = \sum_{i=1}^{N} |a_i - a_0|, \qquad (1)$$

где a_0 — радиус-вектор, показывающий точку отсчета или истинное местоположение объекта, а a_i — радиус-вектор, показывающий измеренное приемником местоположение. Оба параметра могут быть охарактеризованы двумя способами: географическими координатами (широта и долгота) или своими проекциями на координатные оси x и y на плоскости, на которой ведется определение местоположения подвижного объекта. Тот приемник, который покажет наименьшее значение параметра L в статическом тесте, окажется наиболее предпочтительным для использования в системе онлайн-мониторинга транспортного средства при прочих равных условиях. Однако в ряде случаев параметр L может быть неинформативен. Два разных навигационных приемника в статическом тесте могут показать одинаковое значение L. При этом один из приемников будет совершать малое количество флуктуаций с большой амплитудой, а второй — большое количество с малой амплитудой. В таком случае при тестировании наиболее целесообразно использовать такой параметр, как среднеквадратическое отклонение σ [2] измеренных значений местоположения a_i от некоторого эталонного значения a_0.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(a_i - a_0)^2}, \qquad (2)$$

где N — количество измерений местоположения, сделанных приемником. В качестве эталонного значения местоположения a_0 может быть выбрано расчетное значение координат, определенное теоретически по навигационной карте, например с помощью сервисов Yandex Maps или Google Maps. Либо в данном качестве можно выбрать одно из определенных экспериментально значений географических координат a_k, полученное при помощи тестируемого навигационного приемника. Среднеквадратическое отклонение в данном случае будет иметь физический смысл средней амплитуды отклонения координат, измеренных приемником, от выбранного эталонного значения.

Предположив, что оценки географических координат имеют несмещенный характер, не содержат систематической ошибки, за эталонное значение местоположения a_0 можно принять среднее значение [3] географических координат местоположения:

$$a_0 = \bar{a} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} a_i = \frac{1}{N}(a_1 + a_2 + \ldots + a_N). \qquad (3)$$

Лучшим может считаться тот навигационный приемник, который имеет меньше параметр σ.

На рис. 1 изображены случайные флуктуации местоположения, измеренного двумя разными ГЛОНАСС/GPS-приемниками («ГеоС-3» производства КБ «ГеоСтар навигация» и EB-800A производства компании Transystem) в течение 24 ч при статическом тестировании (неподвижной приемной антенне). Параметр L у обоих приемников оказался практически одинаковый. Приемник «ГеоС-3» совершил за данное время случайных флуктуаций в сумме на 15530 м, а EB-800A — 15041 м. При этом приемник «ГеоС-3» показал ряд больших флуктуаций измеренного местоположения («гнездо» оказалось более размытое), а приемник EB-800A — множество мелких флуктуаций («гнездо» на рисунке более плотное и компактное).

Тем не менее значение σ у обоих приемников отличается весьма заметно. За время тестирования «ГеоС-3» показал среднеквадратическое отклонение широты и долготы 0,0001954° и 0,0004256° соответственно. А приемник EB-800A — 0,0001134° и 0,0002458°. Это заставляет сделать вывод о том, что с чисто теоретической точки зрения из двух приемников, подвергнутых статическому тесту, лучше оказывается приемник EB-800A. Но если принять во внимание практические аспекты работы навигационного приемника в реальном устройстве, то окажется, что резкие смещения местоположения, показанные «ГеоС-3», легко отфильтровываются на программном уровне (исходя из тех соображений, что реальное транспортное средство или подвижный объект физически не способно совершать перемещения с такой скоростью). Введение такой фильтрации позволит ощутимо сократить значение параметра L для навигационного приемника «ГеоС-3». Это означает, что величина ложных перемещений транспортного средства или подвижного объекта, оцененных с его помощью, окажется меньше. Ошибка при расчете количества горючего, потребленного транспортным средством, соответственно, тоже. А значит, следует сделать вывод о том, что навигационный приемник «ГеоС-3» оказывается более предпочтительным для использования в задачах онлайн-мониторинга транспортных средств, чем EB-800A. Отсюда следует, что подход, связанный с определением среднеквадратического отклонения σ, тоже характеризует поведение навигационного

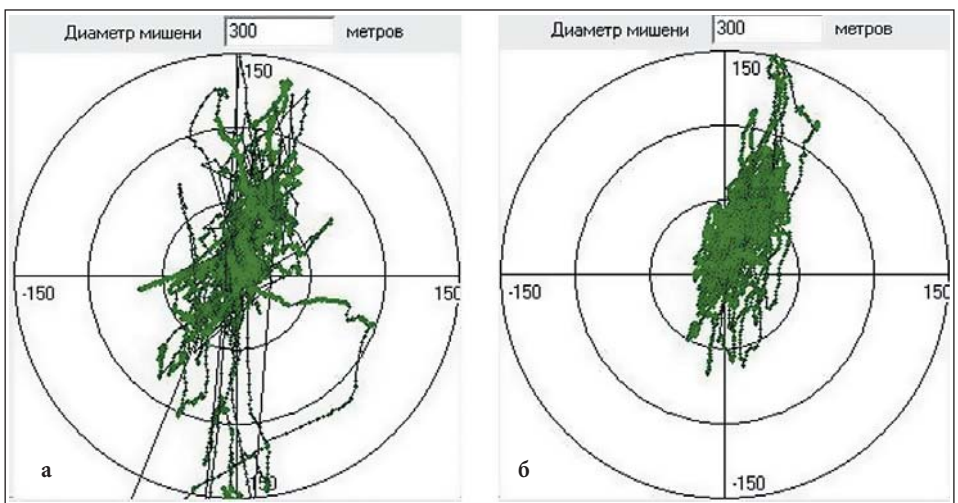


Рис. 1. Примеры случайных флуктуаций местоположения, измеренного приемниками в течение 24 ч при статическом тесте: а) Геос-3; б) EB-800A

Таблица 1. Параметры современных ГЛОНАСС/GPS-приемников

	Геос-3	EB-800A	Sim68	Sim68R	MGGS2217	ML8088S	SL869
Производитель	КБ «ГеоСтар навигация»	Transystem	SimCom	SimCom	Satron Electronics	PetroInTrade	Telit
Чипсет	GS3001MP-100	MT3333	STA8088FG	MT3333	MSR2112 RF, MSB2311 CPU	STA8088FG	STA8088FG
Точность	2,5	2,5	2	2	2	2	2

приемника в статическом тесте недостаточно исчерпывающе.

В технической документации [4–10] на каждый приемник производителем обычно заявляется теоретически рассчитанное значение точности определения местоположения.

Обычно для всех современных ГЛОНАСС/GPS-приемников это значение не превышает 2,5 м (табл. 1). Это означает, что теоретический разброс значений, выдаваемых устройством, должен укладываться в область диаметром 2,5 м. На практике же, как показано на рис. 1, реальный разброс значений, выдаваемых приемником, может значительно превышать заявленную в документации погрешность. Поэтому правильнее говорить о вероятности $P(|a–a_0|\le r)$ того, что точка a с измеренными приемником координатами попадет в окружность радиуса r с центром в точке a_0, где r равен половине заявленной производителем погрешности определения местоположения (например, 2,5/2 = 1,25 м), а a_0 — истинное значение местоположения. Очевидно, что тот приемник, у которого будет больше значение $P(|a–a_0|\le r)$, должен считаться более точным.

Оценить $P(|a–a_0|\le r)$ визуально, построив графики, подобные показанным на рис. 1, не представляется возможным. Визуально можно лишь оценить размеры «гнезда», образованного показаниями навигационного приемника. Но судить о том, что приемник с большим «гнездом» является менее точным, чем с меньшим, было бы ошибочно. Данное «гнездо» имеет неодинаковую плотность на всем своем протяжении. Априори можно утверждать, что плотность «гнезда» будет увеличиваться при приближении к его геометрическому центру, который должен совпадать с местоположением точки a_0 (если приемник работает заведомо исправно и не создает дополнительной систематической погрешности измерений). Это связано с тем, что точка с измеренными приемником координатами будет чаще попадать в те области, которые ближе к истинному значению местоположения a_0.

Для оценки вероятности $P(|a–a_0|\le r)$ необходимо знать функцию плотности вероятности $f(a)$ [11]. Тогда

$$P(|a-a_0|\le r)=\int\limits_{|a-a_0|\le r} f(a)da. \qquad (4)$$

Для вычисления интеграла (5) удобно представить параметр a, определяющий местоположение объекта на плоскости навигационной карты, в виде отдельных составляющих. В качестве составляющих можно использовать широту и долготу. Но более наглядно будет в данном случае представить параметр a в виде двух проекций a_x и a_y на координатные оси x и y на плоскости, где определяется местоположение подвижного объекта: $f(a) = f(a_x, a_y)$. Тогда выражение (4) можно переписать следующим образом:

$$P(|a-a_0|\le r)=\int\limits_{a_{x0}-r}^{a_{x0}+r}\int\limits_{a_{y0}-r}^{a_{y0}+r} f(a_x,a_y)da_x da_y. \qquad (5)$$

Функцию плотности распределения вероятности $f(a_x, a_y)$ можно оценить статистически в ходе тестирования навигационного приемника. Навигационный приемник выдает оценку географических координат α (широта) и β (долгота) своего местоположения a. Зная эти координаты, можно вычислить проекции радиус-вектора, проведенного из точки начала отсчета (α = 0 *и* β = 0) в точку a, на оси x и y в воображаемой системе координат следующим образом:

$$a_x = \alpha \times R_{\text{Земли}};\ a_y = \beta\cos(\alpha) \times R_{\text{Земли}},$$

где $R_{\text{Земли}}$ — радиус земного шара в метрах (обычно принимается $R_{\text{Земли}}$ = 6371030 м) [12].

Экспериментально было установлено, что плотность распределения вероятностей $f(a_x, a_y)$ может быть разбита на два независимых друг от друга множителя: $f(a_x, a_y) = f_x(a_x)f_y(a_y)$. Составляющие $f_x(a_x)$ и $f_y(a_y)$ могут быть описаны нормальными (гауссовскими) законами распределения [11]:

$$f_x(a_x)=\frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(a_x-\overline{a_x})^2}{2\sigma_x^2}\right), \qquad (6)$$

$$f_y(a_y)=\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(a_y-\overline{a_y})^2}{2\sigma_y^2}\right), \qquad (7)$$

где среднеквадратические отклонения σ_x и σ_y и средние значения $\overline{a}_x$ и $\overline{a}_y$ параметров a_x и a_y вычисляются по формулам (2) и (3) соответственно, по данным, полученным от навигационного приемника в ходе статического тестирования.

В качестве проверки гипотезы о соответствии полученных экспериментальных результатов нормальному распределению был использован критерий Колмогорова–Смирнова [13]. Критерий используется для того, чтобы определить, подчиняется ли экспериментальное распределение случайной величины предполагаемой модели.

Проверка по критерию Колмогорова–Смирнова подтвердила предположение о том, что при увеличении количества N статистических данных, полученных в ходе тестирования навигационного приемника, плотность распределения вероятностей стремится к нормальному закону. Этот результат хорошо согласуется с центральной предельной теоремой теории вероятностей. Минимальное количество данных N, при котором закон распределения вероятностей можно считать нормальным, равняется 90 000. Если принимать темп выдачи навигационной информации равным 1 Гц, то из этого следует вывод о том, что для получения достоверных результатов тестирование навигационного приемника необходимо выполнять не менее суток (86 400 с).

Критерий Колмогорова–Смирнова отличается сравнительно невысокой вычислительной сложностью и может быть применен в тех случаях, когда плотность распределения вероятности показаний навигационного приемника имеет тяжелые «хвосты» (то есть когда показания навигационного приемника имеют существенный разброс, значительно превышающий погрешность, заявленную в технической документации). В этом случае для подтверждения гипотезы о нормальном распределении показаний навигационного приемника с помощью критерия Колмогорова–Смирнова необходимо увеличивать объем анализируемых данных N. Соответственно, время накопления данных в таком случае должно составлять от нескольких суток до недели.

Для снижения трудозатрат при тестировании можно ограничиться вычислением параметров σ_x, σ_y, $\overline{a}_x$, $\overline{a}_y$ в законах распределения (6) и (7) и вычислить вероятность попадания точки a в область, ограниченную квадратом (рис. 2). Тем более что на практике рассмотрение прямоугольной области оказывается более наглядно, потому что автомобильные стоянки, территории складов и прочие городские сооружения обычно имеют прямоугольную форму.

$$P_x(\overline{a_x}-r\le a_x\le\overline{a_x}+r)=\int\limits_{\overline{a_x}-r}^{\overline{a_x}+r} f_x(a_x)da_x, \qquad (8)$$

$$P_y(\overline{a_y}-r\le a_y\le\overline{a_y}+r)=\int\limits_{\overline{a_y}-r}^{\overline{a_y}+r} f_y(a_y)da_y. \qquad (9)$$

На рис. 2 точка начала координат для наглядности перенесена в точку с координатами $(\overline{a}_x, \overline{a}_y)$, потому что в идеальном случае (если навигационный приемник не создает систематической ошибки при измерениях) эти координаты должны совпадать с координатами истинного местоположения навигационного приемника согласно критерию максимального правдоподобия. Длина каждой из сторон квадратной области на рис. 2 равна половине величины точности измерения местоположения, заявленной в технической документации на навигационный приемник.

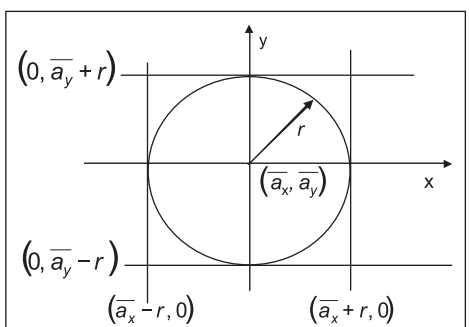


Рис. 2. Разновидности областей при оценке точности навигационного приемника

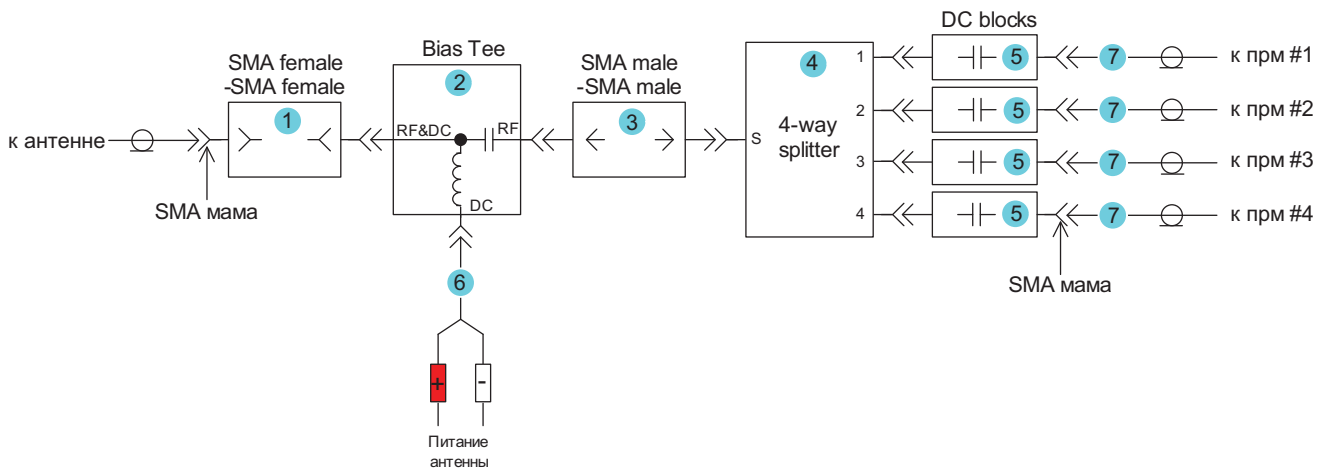


Рис. 3. Схема одновременного подключения нескольких навигационных приемников к одной приемной антенне

Искомая вероятность P_K попадания точки a в квадратную область на рис. 2 будет определяться выражением:

$$P_к = P_x\left(\overline{a_x} - r \le a_x \le \overline{a_x} + r\right)\times$$
$$\times P_y\left(\overline{a_y} - r \le a_y \le \overline{a_y} + r\right). \qquad (10)$$

Интегралы в формулах (8) и (9) от выражений (6) и (7) не вычисляются в аналитической форме, но существует множество способов вычислить их приближенно, поскольку они достаточно хорошо табулированы. Стандартные функции для вычисления данных интегралов присутствуют во всех математических программах для ЭВМ (MathCad, MatLab, Maple и др.), а также в некоторых настольных калькуляторах.

С помощью описанного выше метода можно оценить, например, вероятность того, что показания навигационного приемника не выйдут за пределы прямоугольной области парковки транспортных средств предприятия во время ночной стоянки. Можно также определить размеры территории парковки, достаточные для того, чтобы показания навигационного приемника, установленного на автомобиле, не выходили за ее пределы с некоторой наперед заданной вероятностью.

Вероятность $P(|a–a_0| \le r)$ попадания точки в окружность радиуса r в аналитической форме оценить затруднительно. Если предположить, что $\sigma_x = \sigma_y$, то закон распределения $f(a)$ величины a в формуле (4) описывался бы известным и хорошо изученным распределением Рэлея–Райса [11]. Но, как будет показано ниже, равенство $\sigma_x = \sigma_y$, не выполняется. Поэтому для оценки вероятности $P(|a–a_0| \le r)$ можно воспользоваться приближенной методикой [11]. Необходимо произвести N измерений местоположения навигационным приемником в статическом тесте и посчитать число попаданий $N_{|a-a0| \le r}$ данных измерений внутрь окружности радиуса r (рис. 2). Тогда вероятность может быть оценена по приближенной формуле:

$$P\left(|a - a_0| \le r\right) \approx \frac{N_{|a-a_0| \le r}}{N}. \qquad (11)$$

Этот же способ можно применить и для грубой оценки вероятности $P_к$ в формуле (10):

$$P_к \approx N_{кв}/N, \qquad (12)$$

где $N_{кв}$ — число попаданий точки внутрь квадратной области на рис. 2.

Можно предложить и другие критерии сравнения ГЛОНАСС/GPS-приемников. Например, сравнивать навигационные приемники по вероятности того, что разница между предыдущим измеренным местоположением (координаты измеренного навигационным приемником местоположения выдаются последовательно во времени) и текущим не превысит некоторого порогового значения. Например, если задаться максимально допустимой скоростью перемещения транспортного средства внутри населенного пункта 60 км/час, то максимальное расстояние, которое данное транспортное средство успеет проехать за 1 с (обычно навигационный приемник выдает координаты своего местоположения с интервалом 1 с), составит около 16,7 м.

В данный момент, с учетом всех перечисленных особенностей процесса статического тестирования ГЛОНАСС/GPS-приемников, разными инженерами предлагаются различные структурные схемы для тестового макета. На рис. 3 показана схема сравнительного тестирования нескольких навигационных приемников при подключении к одной приемной антенне.

Питание антенны заводится с отдельного источника через адаптер питания (2) (Bias Tee). Напряжение питания подводится к входу DC (SMA female). Для подключения источника необходим специально изготовленный кабель (6). Ко входу RF&DC (2) подключен адаптер SMA female–SMA female (1), с расчетом использования SMA male на антенном кабеле. Ко входу RF (2) подключен адаптер SMA male–SMA male (3), который с другой стороны подсоединен к входу S четырехвыводного сплиттера (4). Сплиттер имеет четыре выхода (1, 2, 3, 4) для подключения четырех тестируемых приемников. Для предотвращения попадания постоянного напряжения с ВЧ-входов приемников в сплиттер к его выходам подсоединены блокировочные конденсаторы DC blocks (5) — в виде блоков с SMA-разъемами. Со стороны ВЧ-кабелей от приемников (5) обычно используется разъем SMA female.

Все используемые в схеме основные компоненты (кроме SMA адаптеров) имеют потери: Bias Tee — не более 1 дБ; сплиттер — 6–7 дБ, DC block — порядка 0,5–1,0 дБ. То есть суммарно потери могут составить 7–9 дБ. Это необходимо учитывать при выборе усиления антенны и длины кабельного тракта.

К достоинствам данной схемы можно отнести то, что все тестируемые приемники работают одновременно и с одинаковым навигационным сигналом, получаемым со спутников. Очевидным недостатком является то, что сигнал с приемной антенны разветвляется на все тестируемые навигационные приемники, поэтому каждый тестируемый приемник получает сигнал, ослабленный в соответствующее число раз. Это заставляет усомниться в достоверности результатов тестирования, полученных таким образом. Ведь в реальной жизни каждый приемник будет работать только со своей приемной антенной и получать от нее всю энергию сигнала. Соответственно, реальные характеристики каждого приемника будут отличаться от тех, которые получены при помощи тестового макета, изображенного на рис. 3.

На рис. 4 представлена структурная схема другого устройства сравнительного тестирования спутниковых навигационных приемников. Данная схема представляется наиболее предпочтительной для выполнения статического сравнительного тестирования нескольких навигационных приемников.

Рабочая поверхность устройства включает в себя металлические крепления для антенн, находящиеся на расстоянии 20 мм друг от друга и 25 мм от края поверхности. Расположение креплений для антенн позволяет утверждать, что антенны поставлены в равные условия эксплуатации. При этом вероятность возникновения помех за счет пересечения боковых лепестков диаграмм направленности антенн сводится к нулю.

Построение и успешное использование данного макета основано на следующих соображениях. Дальномерные коды, используемые в системах GPS и ГЛОНАСС, представляют собой бинарные коды, то есть последовательность

из единиц и нулей [14]. Каждому спутнику соответствует своя уникальная последовательность, по которой спутник отождествляется аппаратурой пользователя, даже когда на его антенну одновременно приходят сигналы от нескольких спутников, — известная техника связи множественного доступа с разделением по кодам (CDMA). Точно такие же кодовые последовательности независимо воспроизводятся в приемнике. Посредством совмещения ответной последовательности с принятой последовательностью с помощью коррелятора и, зная момент времени, когда сигнал был передан спутником, можно вычислить время прохождения и, следовательно, дальность $r = ct$ (c — скорость света, t — время прохождения сигнала). Каждый спутник передает два различных кода: C/A (coarse acquisition — «грубое приобретение») и P (precise — «точный» или protected — «защищенный») коды. Оба кода формируются от генератора 10,23 МГц, C/A-код — с делением частоты на 10, P-код — без изменения частоты. C/A-код является последовательностью из 1023 бинарных цифр или чипов, которые повторяются каждую миллисекунду. Это означает, что чипы генерируются со скоростью 1 023 000 за секунду и каждый имеет продолжительность примерно в 1 мкс. Каждый чип, находясь на несущей волне, проходит через пространство со скоростью света. Поэтому можно преобразовать интервал времени в единицы расстояния, умножив его на эту скорость. Одна микросекунда соответствует примерно 300 м. Это есть длина волны C/A-кода. Считается, что точность измерения расстояния равняется примерно 1% от длины волны, поэтому точность измерения расстояний по C/A-коду равняется примерно 3 м. Реальное значение погрешности оказывается несколько больше, потому что на сигнал со спутника действуют различные помехи. Таким образом, расположив приемные антенны рядом друг с другом в пределах величины погрешности определения местоположения, мы создадим максимально идентичные условия тестирования навигационных приемников. В этих условиях можно считать, что на все приемные антенны будет поступать сигнал со спутника одинаковой мощности. Разность в местоположении всех приемных антенн друг относительно друга заранее известна, поскольку расстояние между ними строго фиксировано. Эта разность может быть далее учтена на этапе обработки путем внесения соответствующих поправок в параметре a_0 в формулах (1) и (2).

Как отмечалось ранее, все ГЛОНАСС/GPS-приемники поддерживают выдачу данных по единому протоколу NMEA. Хотя, как показывает практика, состав данного протокола может отличаться в ГЛОНАСС/GPS-приемниках разных производителей. Для того чтобы поставить все тестируемые приемники в максимально идентичные условия, с точки зрения протокола NMEA, была разработана специальная программа для ЭВМ, поддерживающая работу с любыми разновидностями данного протокола, вне зависимости от состава и последовательности выдачи навигационных NMEA-предложений. Типичный внешний вид пользовательского интерфейса данной программы изображен на рис. 5.

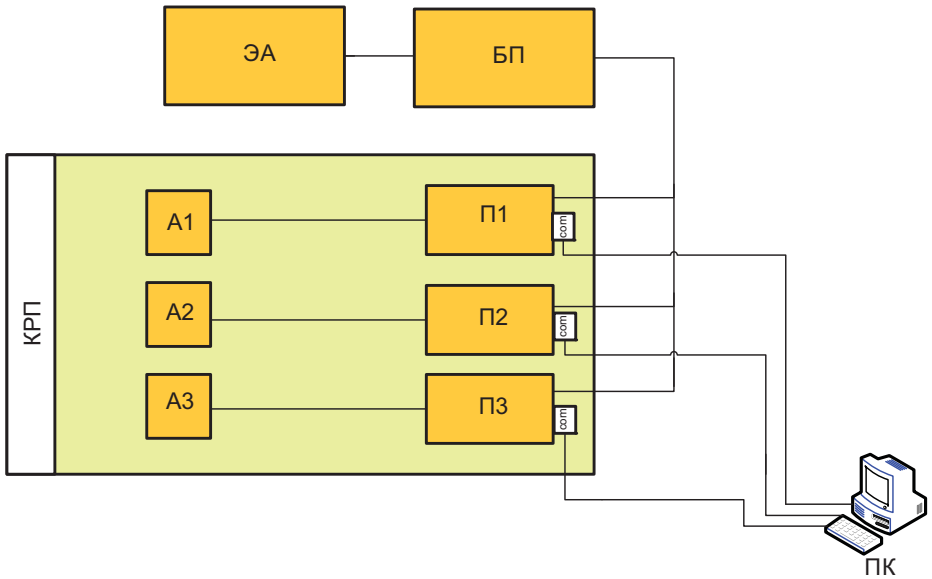


Рис. 4. Устройство сравнительного тестирования спутниковых навигационных приемников на плоскости: ПК — персональный компьютер; БП — блок питания; ЭА — электрический аккумулятор; КРП — крепление рабочей поверхности; А1, А2, А3 — антенны; П1, П2, П3 — навигационные приемники; Com — порт ПК

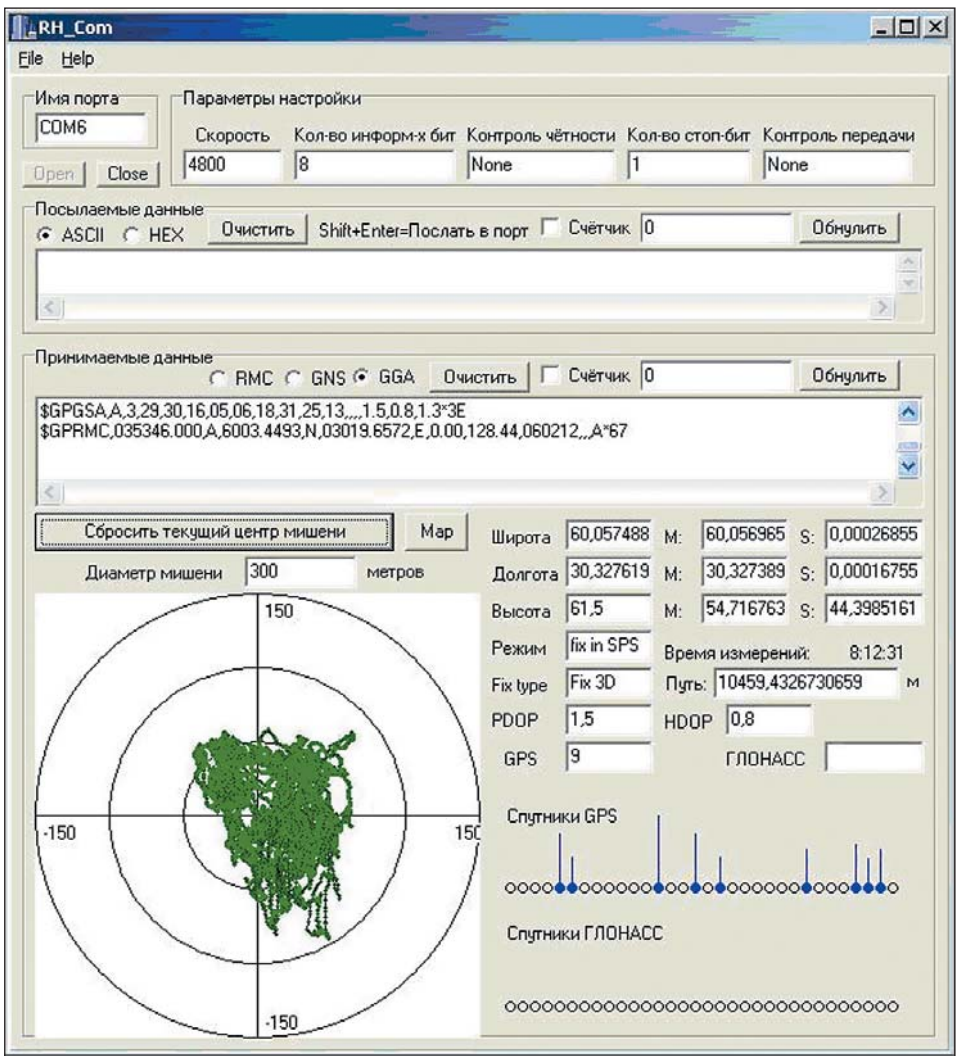


Рис. 5. Внешний вид пользовательского интерфейса программы тестирования ГЛОНАСС/GPS-приемников

Данная программа позволяет производить и динамическое тестирование (тестирование в движении или снятие так называемых треков) ГЛОНАСС/GPS-приемника. Для этого необходимо нажать на программную кнопку Map в рабочем окне программы.

Динамическое тестирование

Рассмотрим суть динамического тестирования более подробно. Во многих источниках динамический тест ГЛОНАСС/GPS-приемников представляется как основополагающий, на основе которого делаются выводы о пригодности того или иного приемника для применения в задачах мониторинга подвижных объектов. Теоретически траектория движения транспортного средства представляет собой детерминированную функцию, изменяющуюся в пространстве и во времени. Обычно пространство ограничивается двумя измерениями (траектория отображается на плоскости навигационной карты). Далее большинство авторов тестирования накладывают траекторию, полученную по измерениям навигационного приемника, на ту, которая считается эталонной (например, которая была предварительно нарисована на карте), и анализируют степень расхождения данных двух траекторий. В подавляющем большинстве случаев выполняется визуальный анализ, гораздо реже — с приведением каких-либо численных характеристик. Например, приводятся величины максимального расхождения реальной и теоретической траекторий в неких критических точках (въезд во двор, проезд между высотными домами, проезд под мостом или в подземном туннеле и т. д.). С точки зрения статистического анализа и получения достоверных результатов сравнения такой подход не может быть признан удовлетворительным по ряду причин.

В реальности траектория движения транспортного средства не является полностью детерминированной функцией. Время от времени водитель вынужден изменять траекторию движения, приспосабливаясь к непредсказуемым условиям дорожного движения (перестраивание между полосами, ускорение, торможение и т. д.). То есть сама траектория движения транспортного средства уже является случайной функцией.

При движении ГЛОНАСС/GPS-приемника по некоторой траектории получаем единичную реализацию случайной функции, изменяющуюся в пространстве (на плоскости карты) и во времени. Очевидно, что для полного статистического описания данной случайной функции необходимо иметь в своем распоряжении весь ансамбль реализаций [15] данной функции (полный набор всех возможных траекторий движения). Очевидно, что данный ансамбль реализаций бесконечен.

Случайная функция, получаемая в результате снятия показаний ГЛОНАСС/GPS-приемника в движении, не является стационарной [15]. То есть статистические характеристики (математическое ожидание и дисперсия) зависят от времени и от участка траектории движения в пределах каждой отдельно взятой реализации. Также случайная функция, получаемая в результате снятия показаний ГЛОНАСС/GPS-приемника в движении, не является эргодической [15]. Это значит, что статистические характеристики, вычисленные для отдельно взятой реализации, не будут совпадать со статистическими характеристиками, вычисленными в фиксированный момент времени в фиксированной точке пространства по всему ансамблю реализаций.

Все это свидетельствует о том, что анализ треков перемещения навигационного приемника в том виде, в котором он описывается в СМИ, некорректен. Поведение конкретного навигационного приемника в пределах единично взятой траектории движения транспортного средства не несет в себе информации о точности и достоверности определения местоположения данным приемником.

Можно использовать допущение о том, что при тестировании GPS/ГЛОНАСС-приемника транспортное средство движется строго по детерминированной и заранее известной траектории, не совершая непредсказуемых маневров. Зная точные координаты каждой точки траектории движения, в которой навигационный приемник производил замер своего местоположения, мы можем вычесть эти точные координаты из траектории движения приемника и устранить таким образом пространственную зависимость. После подобной обработки экспериментальных данных можно утверждать, что случайная функция, полученная в результате динамического теста навигационного приемника, приобрела эргодический характер. Она стала стационарной в широком смысле [15], поскольку среднее значение координат перестало зависеть от времени (предполагаем, что среднее значение совпадает с истинным местоположением, что, как правило, выполняется для всех исправных навигационных приемников).

Стационарность в широком смысле позволяет говорить о том, что математическое ожидание и дисперсия, вычисленные по единичной реализации случайной функции, совпадут со значениями, вычисленными в фиксированный момент времени для всего ансамбля реализаций. Таким образом, имея в руках данные о единственной траектории движения навигационного приемника и подвергнув их описанной обработке, можно оценить поведение приемника в динамическом тесте и выполнить сравнение данного приемника с другими.

Можно доказать, что математическое ожидание, вычисленное по описанной выше методике, будет совпадать с математическим ожиданием, вычисленным в ходе статического теста. Среднеквадратическое отклонение, полученное в ходе динамического теста, не будет превышать значение, полученное в ходе статического теста в точке траектории с наихудшими условиями приема. Таким образом, приходим к выводу о том, что трудоемкий динамический тест навигационного приемника может быть заменен статическим тестом в условиях наихудшего приема сигнала, на которые рассчитывается конечное изделие.

Таблица 2. Результаты сравнительного тестирования навигационных ГЛОНАСС/GPS-приемников

	«ГеоС-3»	EB-800A	Sim68	Sim68R	MGGS2217	ML8088S	SL869
Заявленная точность, м	2,5	2,5	2	2	2	2	2
Время тестирования, ч	24	24	24	24	24	24	24
L, м	15530	15042	24403	30245	77762	41781	81547
σ_x, м	22	15	37	30	44	28	51
σ_y, м	30	28	52	48	55	33	54
σ, м	37	32	64	56	70	43	74

На основании приведенных соображений, с использованием тестового макета, показанного на рис. 5, и специально написанной программы (рис. 6), были получены численные результаты сравнительного тестирования семи основных навигационных ГЛОНАСС/GPS-приемников. Эти результаты сведены в таблицу 2.

Сразу следует оговориться, в каких условиях проводилось сравнительное тестирование. Прямая видимость открытого неба отсутствовала. Все испытуемые приемники находились внутри помещения (на 4-м этаже 7-этажного дома) на расстоянии 5 м от окна, выходящего на северо-запад. Условия можно охарактеризовать как затруднительные для работы спутниковых навигационных приемников. Максимальное зафиксированное отношение сигнал/шум 29 дБ, среднее отношение — 22 дБ.

Поскольку, как было показано ранее, численных характеристик в таблице 2 недостаточно для исчерпывающего описания того или иного приемника, автором данной статьи предлагаются дополнительные статистические характеристики. Строятся эти характеристики следующим образом. На плоскости фиксируется область определенного размера (окружность определенного радиуса или квадрат со стороной определенной длины) с геометрическим центром в точке $(\bar{a}_x, \bar{a}_y)$ (рис. 2). Далее оценивается вероятность попадания координат, измеренных навигационным приемником, в данную область. Затем размер области увеличивается с определенным шагом и снова производится оценка вероятности попадания в нее координат, измеренных приемником. В итоге получается семейство кривых, изображенных на рис. 6. Каждая кривая соответствует определенному навигационному приемнику.

По мнению автора статьи, статистические характеристики, изображенные на рис. 6, наиболее исчерпывающе характеризуют поведение навигационных приемников в статическом тесте и позволяют произвести их классификацию по областям применения. Например, чем левее и выше расположена кривая, тем больше вероятность попадания точки с измеренными приемником координатами в область меньшего размера. Тем, соответственно, более точным можно считать испытуемый приемник. Чем раньше кривая на рис. 6 достигает значения вероятности 1, тем меньше вероятность того, что испытуемый приемник выдаст оценку

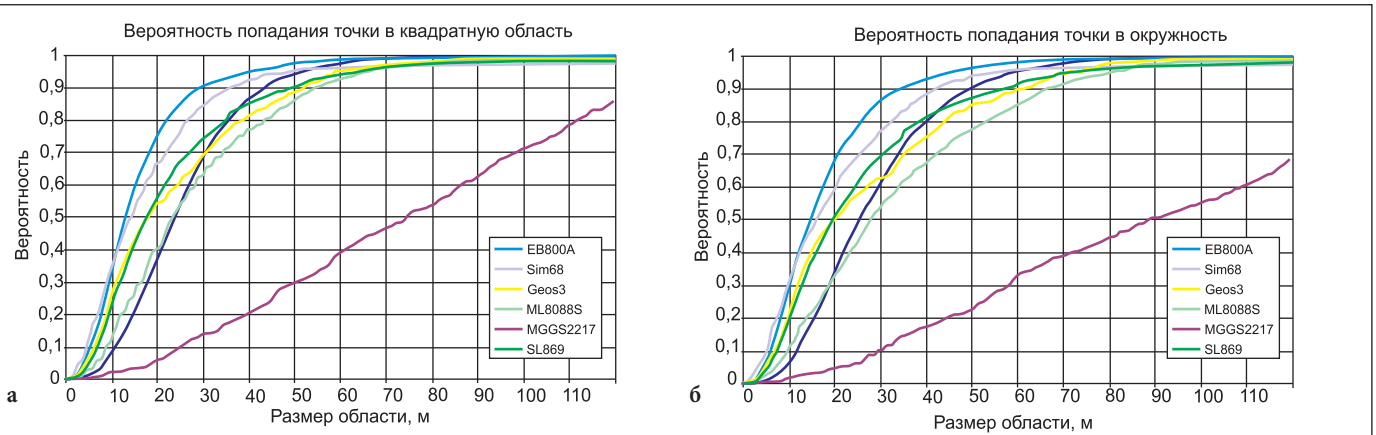


Рис. 6. Вероятность попадания точки в область, ограниченную: а) квадратом; б) окружностью

координат с резким и существенным отклонением от истинного местоположения. Тем, соответственно, более стабильными можно считать выдаваемые приемником показания.

Выводы

Результаты, приведенные на рис. 6, могут показаться неожиданными, поскольку их невозможно получить с помощью визуального анализа траектории смещения приемника на рис. 1. Однако эти данные позволяют сделать ряд важных выводов.

Вероятность попадания в квадратную область выше, чем в область, ограниченную окружностью. Это вполне логично, поскольку площадь квадрата на рис. 2 больше, чем площадь круга.

По вероятности попадания в область размером до 55–60 м явным лидером оказывается ГЛОНАСС/GPS-приемник Sim68. Его можно рекомендовать для применения в тех ситуациях, когда необходимо получать максимальную точность определения местоположения с высокой вероятностью. Но данный приемник имеет некоторую ощутимую вероятность выхода показаний за пределы области размером 120 м. Это значит, что изредка возможны существенные «аномальные» отклонения показаний данного приемника.

Все «гнездо», построенное на плоскости *x, y* для приемника EB-800A, практически полностью укладывается в область размером 120 м (вероятность попадания показаний приемника в данную область практически равна 1). Данный приемник можно рекомендовать для тех ситуаций, когда нужно получить минимальную ошибку из-за случайных флуктуаций показаний приемника, например во время ночной стоянки транспортного средства в пределах некоторого паркинга размером 120 м.

Навигационный приемник Geos-3 оказывается компромиссным решением между Sim68 и EB-800A. Он показывает достаточно высокую вероятность попадания измерений в области небольших размеров (данная вероятность больше, чем у EB-800A) и пренебрежимо низкую вероятность выхода за пределы области размером 120 м (данная вероятность меньше, чем у Sim68).

Приемник NAVIA ML8088S показал неоднозначный результат. В случае квадратной области его характеристики оказываются близки к характеристикам «ГеоС-3». Но в случае круглой области приемник ML8088S показал худший результат среди лидеров теста. Он обладает самой низкой вероятностью попадания в круглую область небольших размеров среди данных приемников, и при радиусе области 120 м вероятность попадания в нее еще не достигает 1.

Приемник MGGS2217 производства MStar показал наихудший результат среди всех протестированных устройств, из чего можно сделать вывод о том, что его аппаратная или программная база является на данный момент достаточно устаревшей.

На основании изложенного материала можно сделать следующие выводы.

Процесс сравнительного тестирования нескольких ГЛОНАСС/GPS-приемников представляется несколько более сложным, чем представлено во многих источниках. Достоверные результаты сравнительного тестирования можно получить, только полагаясь на математические методы статистического анализа. Необходимо анализировать всю совокупность численных показателей качества работы приемника, исходя из требований конкретной практической задачи. Можно привести ряд примеров, когда некоторый отдельно взятый приемник, проигрывая по ряду показателей качества своим конкурентам, существенно выигрывает у них по другим параметрам. И это оказывается решающим фактором в пользу его выбора для применения в проекте.

Чаще всего используемый визуальный анализ треков, полученных с помощью того или иного навигационного приемника, неэффективен. Для каждой практической ситуации можно и нужно разрабатывать собственные математические критерии сравнительного тестирования, основываясь на тех характеристиках навигационных приемников, которые наиболее существенным образом влияют на качество решения поставленной задачи.

В работе приведены рекомендации по построению тестового макета для проведения сравнительного тестирования ГЛОНАСС/GPS-приемников в статическом тесте. Динамический тест навигационных приемников (получение треков при движении), как правило, можно заменить статическим тестом в точке траектории движения с наихудшими условиями приема радиосигнала. Несмотря на неинформативность динамического теста ГЛОНАСС/GPS-приемников с точки зрения получения характеристик точности определения местоположения, нельзя не признать его полезность с точки зрения получения некоторых других параметров, например точности оценивания скорости движения транспортного средства. Кроме того, на практике иногда встречаются ситуации, когда работу ГЛОНАСС/GPS-приемника нельзя проверить иначе, чем с помощью динамического теста. К таким случаям относится проезд через длинные подземные (подводные) туннели, куда не проникают практически никакие информационные радиосигналы. В данных условиях статическое тестирование выполнить невозможно. Критерии оценки и сравнения информационных параметров при динамическом тестировании не рассматривались в данной работе. ■

Литература

1. IEC 61162-1 Ed.3
2. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер. 2003.
3. Измайлова М. О., Рахманкулов И. Ш. Категория «средняя величина» и ее методологическое значение в научном исследовании. Казань. Изд-во Казанского университета. 1982.
4. EB-800A Series Data Sheet v. 0.3
5. Sim68 Hardware Design V. 1.01
6. Модули «ГеоС-3», «ГеоС-3М». Руководство по эксплуатации. Версия 1.1.
7. Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS GL8088s и ML8088s. Руководство по эксплуатации. Ред. 2.1.
8. MGGS2217. Руководство по эксплуатации. Версия 1.2.
9. SIM68R Hardware Design V1.00.
10. SL869 Product Description 80405ST10105a r.2 2012-08-08.
11. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. 7-е изд., испр. М: Эдиториал УРСС. 2001.
12. Трифонов Е. Д. Как измерили Солнечную систему // Природа. 2008. № 7.
13. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит. 2006.
14. Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. М: Эко-Трендз. 2000.
15. Гришин Ю. П., Ипатов В. П. и др. Радиотехнические системы. Учебное пособие. М: Высшая школа. 1990.

Принципы построения систем

деформационного мониторинга сооруженийи оползнеопасных участков автодорог

Масштабы территории Российской Федерации с учетом разнообразия ее геологических и климатических особенностей предъявляют особые требования к качеству эксплуатации объектов дорожной инфраструктуры и контролю прилегающих участков местности. В особенности это касается сооружений, вплотную примыкающих или пересекающих как искусственные объекты промышленно-транспортной инфраструктуры, так и естественно-природные образования со сложным рельефом, оползнеопасными процессами, повышенной сейсмоактивностью и т. п. Внешне незаметные процессы смещения, изменения ориентации и напряженно-деформирующего состояния элементов конструкции и прилегающих природных и искусственных землеобразований могут стать причиной нарушения целостности сооружения и привести к созданию аварийной ситуации, влекущей тяжелые последствия и многомиллионные затраты на проведение восстановительных работ. Центральную роль в обеспечении безопасной и эффективной эксплуатации таких объектов играет надежная система контроля состояния элементов конструкции сооружений и стабильности прилегающих к ним оползнеопасных геомассивов.

Виталий Полторацкий
Сергей Шатунов
Юрий Репин
Леонид Хватов

В отечественной и мировой практике для контроля параметров процессов, определяющих стабильность и эксплуатационную пригодность инженерных сооружений дорожной инфраструктуры, используется аппаратура, обеспечивающая измерение требуемых параметров с заданной точностью во всем спектре подлежащих контролю процессов. В силу уникальности конструкции и условий эксплуатации каждого объекта с этой целью используются или даже разрабатываются специализированные комплексы диагностических и измерительных средств. Контроль состояния объекта с их помощью осуществляется специалистами с периодичностью, определяемой накопленным опытом и учетом специфики размещения и напряженности эксплуатации объекта, и сводится к анализу полученных в ходе измерительной сессии данных и последующему осуществлению различных мероприятий, носящих планово-предупредительный и зачастую не вполне обоснованно затратный характер.

Рис. 1. Пример оползневого повреждения участка автодороги

Существенной проблемой при организации контроля состояния объектов становится обеспечение надежного и своевременного информирования об опасных ситуациях и динамике их развития, так как традиционный подход не исключает в период между измерительными сессиями возникновения и развития неконтролируемых процессов, ставших следствием аномальных природных явлений или скрытых дефектов конструкции и опасной динамики геомассивов (рис. 1).

Решение проблемы заключается в создании автоматизированных комплексов непрерывного мониторинга состояния контролируемых объектов, обеспечивающих оперативное отслеживание критически важных процессов, развивающихся в элементах конструкции и прилегающих геомассивах.

В силу индивидуальности каждого контролируемого объекта в мировой практике системы постоянного контроля состояния объектов промышленно-транспортной инфраструктуры строятся по двум основным принципам. В первом случае это создание автоматизированных комплексов ограниченной номенклатуры измерительных и датчиковых средств, базирующихся на геодезических методах контроля положения (позиционирования) выбранных элементов. При другом подходе создаются уникальные многопараметрические измерительные системы, требующие для обработки и анализа получаемых больших массивов данных использования специализированных вычислительных центров с соответствующим штатом высококвалифицированного персонала. Но в обоих случаях вопрос построения полностью автоматизированных систем мониторинга с комплексным применением технологий топогеодезических и инженерно-геологических изысканий, спутникового навигационного позиционирования и контроля напряженно-деформирующего состояния элементов сооружений объектов и прилегающих геомассивов, автоматизированной обработки и передачи данных мониторинга в диспетчерский центр, обеспечивающий оперативные оценку и прогнозирование изменений состояния объекта персоналом, не имеющим специальной подготовки, не решен.

Основным средством повышения эффективности применения систем оперативного мониторинга объектов является обеспечение своевременного и максимально автоматизированного получения всесторонней информации о динамике развития потенциально опасных процессов за счет комплексного подхода к использованию как традиционных методов измерений (напряженно-деформирующего состояния элементов конструкций и фрагментов геомассивов), так и средств высокоточного позиционирования с использованием глобальных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS, а также с параллельным контролем данных о состоянии окружающей среды (метеомониторинг) и визуальным (видео) контролем обстановки на объекте.

Системотехническое комплексирование применяемых аппаратно-программных средств и их эффективная программно-алгоритмическая интеграция представляют собой самостоятельную инженерную задачу, получившую к настоящему времени свое разрешение только на отдельных, зачастую уникальных сооружениях (мост через залив в Гонконге, мост на остров Русский во Владивостоке и т. п.). Поэтому создание максимально унифицированной системы контроля состояния эксплуатируемых сооружений и прилегающих участков местности представляет актуальную задачу, решение которой заключается в интегральном применении широкого спектра технологий, обеспечивающих оперативный, автоматизированный и достоверный дистанционный мониторинг объектов дорожной инфраструктуры с прилегающими к ним массивами местности, а также своевременное принятие персоналом эксплуатирующих организаций, не обладающим специализированными навыками и подготовкой, упреждающих мер по обеспечению безопасности эксплуатируемых сооружений. Структурная схема системы контроля деформаций и смещений представлена на рис. 2.

По заказу Федерального дорожного агентства компания «М2М телематика» выполнила работы по оснащению пилотного объекта на трассе Джубга — Сочи в районе реки Хоста оборудованием аппаратно-программных комплексов (АПК) системы контроля деформаций и смещений (СКДС). При этом автоматизированным мониторингом охвачены две противоползневые стенки (рис. 3) и участок выше расположенного оползнеопасного геомассива, а также фрагмент Хостинской эстакады с 5 по 15 опоры. Информация мониторинга выводится на диспетчерский АРМ вычислительного комплекса инженерного корпуса Хостинского тоннеля.

В состав развернутой на пилотных объектах системы в целом входят четыре объекта

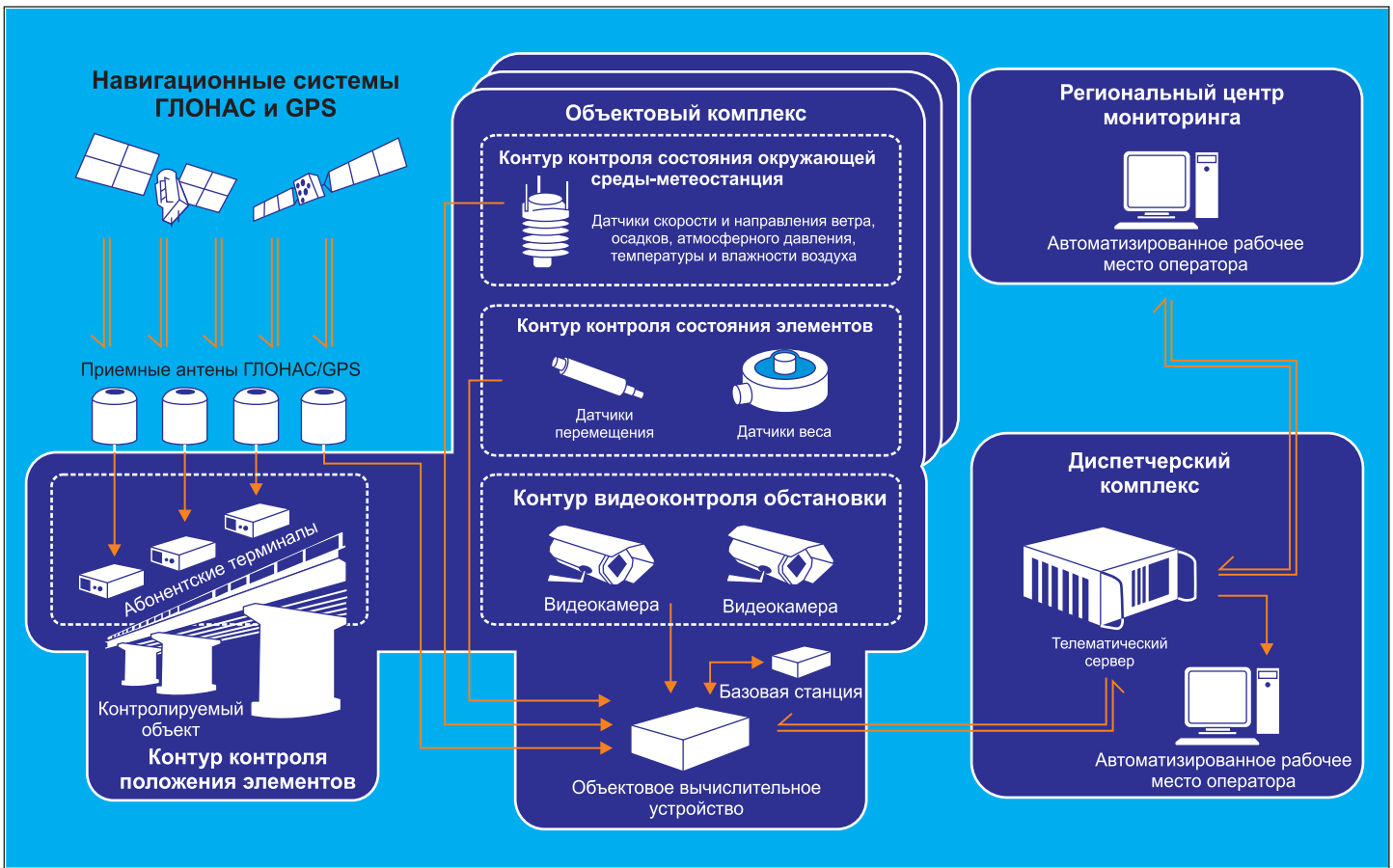


Рис. 2. Структурная схема системы контроля деформаций и смещений

Рис. 3. Монтаж противооползневой стенки

Рис. 4. Противооползневые сооружения, смонтированные на трассе Джубга — Сочи (будущие пилотные объекты АПК СКДС)

Рис. 5. Оборудование АПК, смонтированное на пилотном объекте СКДС (слева — монтажные шкафы с телематическим оборудованием объектового комплекса, справа — датчики относительного смещения элементов конструкции противооползневого сооружения)

автоматизации автодорожного комплекса (рис. 4–6), включающие:

- автоматизированный диспетчерский комплекс с системой автоматического формирования сигналов и сообщений о выходе контролируемых параметров за заранее установленные пределы в режиме «норма–тревога–авария»;
- более 20 монтажных шкафов;
- шесть 25-м скважин и девять двухметровых шурфов для мониторинга состояния оползнеопасных участков геомассивов;
- 13 специализированных автономных вычислителей;
- 19 точек высокоточного спутникового позиционирования ГЛОНАСС/GPS;
- более 100 датчиков высокочувствительного мониторинга процессов деформаций и смещений сооружений эстакады, противооползневых стенок и прилегающих оползнеопасных участков геомассивов, которые установлены от глубины 25 м до высоты 17 м над уровнем земли;
- система электроснабжения всего оборудования АПК с возможностью гарантированного автономного электропитания в течение 15 ч;
- почти 10 км кабельных трасс, включающих:
  - 2,5 км волоконно-оптической линии межобъектовой связи;
  - более 3 км линий электропередачи;
  - около 3 км соединительных линий.

В настоящее время АПК пилотных объектов СКДС проходят этап опытной эксплуатации.

Основной особенностью создаваемого решения является его способность к последующему наращиванию на основе унифицированного соединения «объектовый комплекс — дис-

Рис. 6. Шкафы с телематическим оборудованием, смонтированные на 10-й опоре Хостинской эстакады

петчерский комплекс», обеспечивающего тиражирование данного решения и построение на его основе многообъектовых систем: один диспетчерский комплекс в состоянии контролировать состояние до 20 удаленных от него объектовых комплексов. На базе такого соединения возможно построение различной емкости локальных, региональных, корпоративных и ведомственных систем мониторинга, включая стратегические транспортные коридоры и узлы.

Специфика эксплуатации автодорожных объектов диктует спектр необходимых и зачастую противоречивых требований к измерительному, датчиковому и вспомогательному оборудованию объектового комплекса, которое должно обладать как высокой чувствительностью к изменениям контролируемых процессов, так и устойчивостью к резким изменениям условий функционирования. При этом должны быть соблюдены как высокий уровень автоматизации процессов контроля, так и удобство оборудования в обслуживании эксплуатирующим персоналом.

Контроль измеряемых параметров на предмет выхода за установленные пороговые величины может автоматизированно осуществляться как на объекте, так и на диспетчерском пункте. Контроль на объекте реализуется объектовым вычислительным устройством, к которому может быть подключено оборудование световой и звуковой сигнализации для информирования о сложившейся внештатной ситуации на объекте. Выход контролируемых параметров за установленные пороговые значения на автоматизированном рабочем месте диспетчера осуществляется специализированным программным обеспечением, которое позволяет в автоматическом режиме отсылать на заранее заданные адреса сообщения о тревожной, опасной ситуации на объекте мониторинга, выводить на экран диспетчера детальную справочную информацию о его техническом состоянии, осуществлять алгоритмическую поддержку принятия решений и протоколирование предпринимаемых действий (рис. 7, 8).

Учет имеющейся в соответствующем регионе телекоммуникационной инфраструктуры выдвигает к этому интерфейсу требования функционирования как по проводным трактам, так и по беспроводным каналам общедоступной сотовой или специально организуемой связи. Высокий уровень адаптивности информационного потока, требуемого для реализации этого интерфейса, обеспечивается автоматизацией обработки всей датчиковой и измерительной информации в объектовом вычислительном устройстве и оперативной передачей только сигналов интегральной оценки состояния объекта по принципу «норма-тревога-авария» с указанием кода датчика или измерителя, «выдавшего» тревожную или аварийную информацию. При этом полный поток измерительной информации с объекта в нештатной ситуации будет передаваться по запросу диспетчера, а при нормальном состоянии объекта — в наиболее благоприятное с точки зрения нагруженности каналов связи время суток (рис. 9, 10).

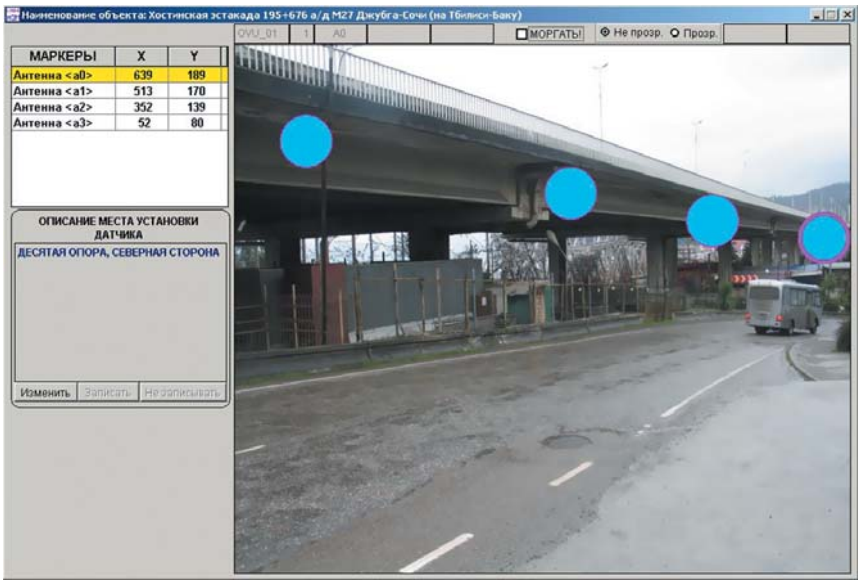


Рис. 7. Пример представления основной информации на экране диспетчера

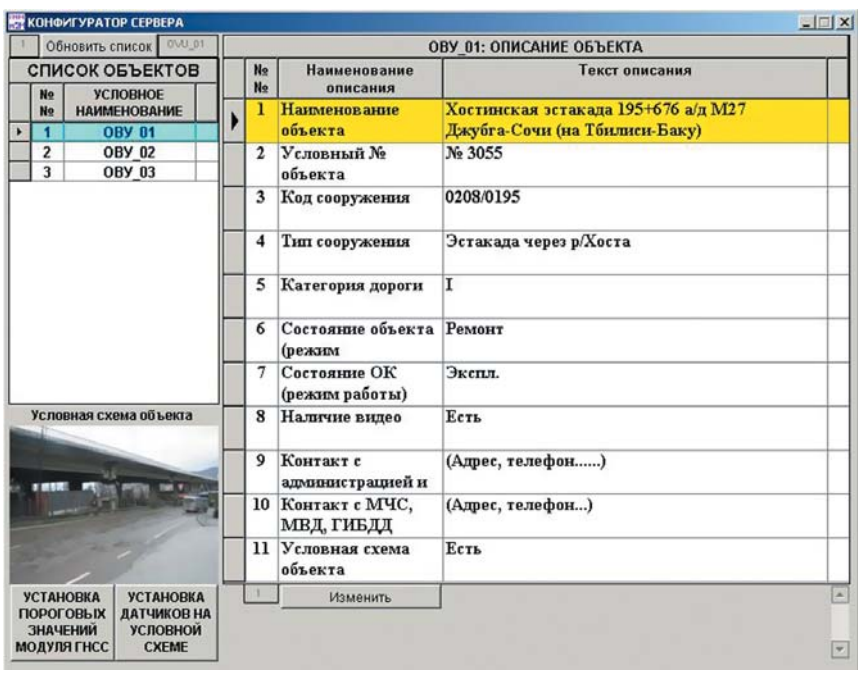


Рис. 8. Пример вспомогательной и справочной информации на экране диспетчера

Рис. 9. Приемные антенны сигналов ГЛОНАСС/GPS

Рис. 10. Интегральное приемное устройство сигналов ГЛОНАСС/GPS

В планах компании совершенствование реализованных решений в менее затратной при развертывании и оснащении беспроводной форме с автономными по питанию и связи измерительными комплектами.

Внедрение разрабатываемой автоматизированной системы мониторинга объектов автодорожной инфраструктуры и прилегающих оползнеопасных геомассивов, по предварительным оценкам экспертов, в состоянии обеспечить:

- снижение издержек при эксплуатации объектов за счет прогноза состояния сооружений до 10%;
- снижение затрат на проведение ремонтно-восстановительных работ до 15%;
- повышение оперативности получения данных об аварийной ситуации на объекте до 25%;
- автоматизацию контроля, снижение затрат эксплуатирующей организации при оценке напряженно-деформированного состояния сооружений на 15%;
- повышение безопасности промышленно-транспортных процессов за счет предупреждения аварийной обстановки и выявления запредельных режимов нагрузки на объектах до 10%.

К потенциально благоприятным предпосылкам решения поставленной задачи можно отнести:

- развитый сегмент оборудования спутниковой навигации (как ГЛОНАСС, так и других систем), обеспечивающий точности контроля положения с точностью менее 1 см в плане и до 1,5 см по вертикали практически по всей территории страны;
- широкий ассортимент высокоточного оборудования контроля наклона, смещения, деформаций, механических напряжений и т. п., обеспечивающий получение необходимых данных мониторинга;
- насыщенный рынок телекоммуникационного и компьютерного оборудования, обеспечивающего необходимый информационный обмен по различным системам и сетям связи и высокоэффективную автоматизированную обработку данных.

Кроме того, ведомственная специфика автодорожного комплекса в свою очередь позволяет рассчитывать на сравнительно эффективное решение весьма важных частных задач обеспечения информационного обмена по собственным ведомственным и межобъектовым трактам и каналам связи и электропитания оборудования объектового комплекса за счет имеющихся на контролируемом сооружении ресурсов электроэнергии.

Проводимые Федеральным дорожным агентством работы по созданию автоматизированных информационных систем широкого профиля в свою очередь создают предпосылки для построения широкомасштабной ведомственной автоматизированной системы мониторинга состояния объектов автодорожной инфраструктуры с формированием комплексных баз данных и систем разграничения доступа к информации на уровнях:

- локальной совокупности объектов одной зоны;
- корпоративных и региональных зон;
- федерального ведомства.

Дальнейшее внедрение систем деформационного мониторинга с использованием перспективных цифровых технологий в практику организаций и предприятий автодорожного комплекса страны предполагает создание аппаратно-программных средств, обеспечивающих применение современных технологий навигации, геодезии, геологических изысканий, дистанционного зондирования земли, геоинформационных систем, связи, компьютерной обработки и автоматизированного управления со сквозным применением цифрового моделирования местности, рельефа, сооружений на всех стадиях жизненного цикла объектов от инженерно-геодезических и геологических изысканий до проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта. ■

реклама

ZigBit модули на 868МГц и 2,4ГГц стандарта IEEE802.15.4/ZigBee
для встраиваемых приложений
Проверенные временем MCU
от Atmel с RF интерфейсом

Atmel
Enabling Unlimited Possibilities

- отличные RF параметры;
- длительная работа от батарей;
- компактные размеры (18.8 x 13.5 x 2.0 мм)

ATZB-24-900-868МГц
ATZB-24-B0/A2-2,4ГГц
ATZB-A24-UFL/U0-2,4ГГц с усилителем

-Наличие ПО реализующее функции ZigBee стека;
- Управление AT-командами;
- Встроенный начальный загрузчик;
- Широкий выбор интерфейсов (аналоговые/цифровые);
- Значительно сокращает время разработки

Беспроводные технологии мониторинга и управления

Приложения
- системы автоматизированного сбора данных со счетчиков воды, газа, эл. энергии;
- охранные системы;
- системы пожарной безопасности;
- управление и мониторинг оборудования жилых и промышленных зданий;
- контроль технического состояния приборов и устройств

www.argussoft.ru
ARGUSSOFT
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

• Москва
Тел.: (495) 660-2855
Факс: (495) 660-2855
E-mail: cmp@argussoft.ru

• Санкт-Петербург
Тел:. (812) 412-0107
Факс: (812) 412-1849
E-mail: spb@argussoft.ru

• Новосибирск
Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

• Екатеринбург
Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

• Казань
Тел.: (843) 293-4100
Факс: (843) 293-4100
E-mail: kazan@argussoft.ru

реклама

www.SibTeleComExpo.ru

25-27 СЕНТЯБРЯ 2013
место проведения «Новосибирск Экспоцентр»

IT-СИБИРЬ СИБТЕЛЕКОМ

XIX Международная специализированная выставка информационных технологий и телекоммуникаций

ITE Сибирская Ярмарка
Новосибирск, ул. Станционная, 104
Телефон: (383) 363-00-63

ITE

реклама

Технологические радиосети обмена данными

на железнодорожном транспорте

Сергей Маргарян
Ваган Саруханов
Андрей Щелухин

В статье затронуты вопросы применения конвенциональных радиомодемов УКВ-диапазона для построения подвижных технологических радиосетей обмена данными, обеспечивающих функционирование автоматизированных систем управления (АСУ) различного назначения на железнодорожном транспорте. Указанные радиосети рассматриваются как составная и неотъемлемая часть единой взаимоувязанной технологической системы связи ОАО «РЖД», уже использующей средства связи стандартов GSM-R (GSM-Railway — стандарт GSM для железной дороги) и TETRA (Terrestrial Trunked Radio). Оперативно-технические характеристики рассматриваемых радиосетей позволяют существенно расширить возможности в части передачи информации о разрешенных параметрах движения поезда на локомотив, обеспечить надежность функционирования систем интервального регулирования с использованием радиоканала и средств спутниковой навигации, развернуть резервные каналы сбора данных и управления средствами железнодорожной автоматики и электроснабжения.

Общие сведения

В настоящее время широкое распространение в системах связи, обеспечивающих работу железнодорожного транспорта, получили перспективные средства связи стандартов GSM-R и TETRA. Оба эти стандарта имеют свои неоспоримые преимущества и недостатки. Это является одной из причин того, что, например, на территории Европы в настоящее время в интересах обеспечения железнодорожных перевозок продолжают эксплуатироваться более 30 других систем связи, а процесс интеграции предусматривает поддержку действующих национальных систем.

С целью сравнительной оценки технических возможностей систем связи различных стандартов на железнодорожном транспорте в ОАО «РЖД» был создан опытный участок в районе Екатеринбург–Камышлов, протяженностью 153 км, на котором были развернуты две сети: GSM-R и TETRA. По результатам проведенных испытаний российские технические эксперты пришли к выводу о том, что обе системы имеют право на жизнь и у каждой есть свои преимущества и недостатки, поэтому каждая из систем должна использоваться в приложениях, в которых ее преимущества проявляются наиболее полно.

Средства связи этих стандартов должны интегрироваться с существующими системами аналоговой и цифроаналоговой радиосвязи, работающими в диапазонах частот 2 и 160 МГц, и иметь единую систему мониторинга и администрирования радиосетей, что накладывает дополнительные требования к стандартизации аппаратуры связи и применению в их составе типовых интерфейсов.

По оценке ведущих специалистов отрасли [1], в вопросах, касающихся обеспечения безопасности движения поездов, необходимо в максимальной степени ориентироваться на частотные ресурсы, выделенные непосредственно для нужд ОАО «РЖД». Выбор частотных ресурсов для каждой из систем должен определяться с учетом ряда требований. Основные из них — электромагнитная совместимость (ЭМС) радиосвязи различных систем управления, высокий уровень надежности каналов передачи данных, а также требования систем управления по объемам и скорости передачи данных.

С учетом этих требований рекомендовано ориентироваться на следующее примерное распределение частотного ресурса для построения систем управления движением:

- 2 МГц — резервирующий радиоканал систем управления соединенных и тяжеловесных поездов;
- 160 МГц — радиоканалы систем управления соединенных и тяжеловесных поездов, станционных систем передачи данных на малодеятельных участках, резервирующий канал при использовании в системах управления радиосетей общего пользования;
- 460 МГц (система TETRA) — системы управления маневровыми локомотивами на станциях;
- 900/1800 МГц — система GSM-R, обеспечивающая поездную радиосвязь и системы интервального регулирования движения поездов на скоростных и высокоскоростных участках;

- 1800, 2400 МГц (системы DECT, Wi-Fi, WiMAX) — станционные высокоскоростные сети передачи данных для информационно-управляющих систем, организации видеонаблюдения.

Таким образом, в составе системы связи ОАО «РЖД» применяются и планируются к дальнейшему использованию средства связи и обмена данными, функционирующие практически во всем доступном диапазоне радиоволн, а наиболее актуальными являются технические решения, обеспечивающие надежный обмен данными между стационарными пунктами управления и подвижным составом.

Ограничения систем связи стандартов GSM-R и TETRA по обмену данными

Одно из наиболее актуальных требований к современной системе связи — возможность обеспечения эффективного обмена данными. Системы связи GSM-R и TETRA изначально создавались как многоканальные «голосовые», предусматривающие обмен речевыми сообщениями между значительным количеством абонентов в географических зонах с высокой плотностью населения. Для решения этой задачи они на сегодня подходят больше всего.

Однако обмен данными предъявляет несколько иные требования к средствам связи. Более того, эффективность адаптированной для передачи данных системы «голосовой» связи серьезно зависит от характера передаваемых данных.

Принципы работы, направленные на оптимизацию голосовой связи в транковой системе, во многом являются серьезным ограничением при обмене данными. Например, в ней отсутствует жесткое закрепление канала между абонентами на весь период установления связи[1]. С этой целью в такой системе используются служебный и группа информационных каналов. Запрос на доступ к информационному каналу, по которому производится речевой обмен, принимается по служебному каналу связи. При получении запроса от абонента система автоматически находит свободный информационный канал и предоставляет доступ к нему. Если один канал в системе уже занят, а другая группа абонентов пытается установить связь, то система автоматически предоставит второй канал в их распоряжение. Относительно быстрая смена каналов связи для одних и тех же абонентов в процессе сеанса связи позволяет использовать паузы в переговорах одной группы абонентов для обеспечения связью другой. В результате при прочих равных пропускная способность у транковой системы при обмене голосовыми сообщениями оказывается в разы выше, чем у обычной (конвенциональной) системы «голосовой» связи.

В настройках транковых систем предусмотрена дополнительная задержка после завершения передачи очередного «голосового» сообщения, длительность которой может составлять до нескольких секунд. Это позволяет удержать активных абонентов на одном канале и снизить нагрузку на служебный канал, связанную с переводом абонентов между информационными каналами.

Такие прекрасные технические решения для голосовой связи оказываются абсолютно неэффективными при обмене данными. «Голосовые» сообщения имеют существенно большую длину (продолжительность при передаче) по сравнению с данными. Если возникающие при выделении абоненту информационного канала задержки являются практически незаметными при переговорах, то для системы обмена данными[2] они оказываются неприемлемыми. Например, в транковых системах задержка в предоставлении доступа к каналу связи составляет не менее 300 мс (это лучший показатель), а в GSM-R — до нескольких секунд. За это время в конвенциональной системе может быть передано до нескольких десятков коротких сообщений.

Серьезным ограничением является и пропускная способность служебного канала. В случае с «голосовыми» сообщениями интенсивность поступления запросов в служебный канал относительно невысока — активность работы абонентов учитывается при проектировании радиосети и реально поддерживается на низком уровне в повседневной обстановке. Возрастание интенсивности работы в аварийных ситуациях может компенсироваться за счет предоставления более высоких приоритетов отдельным группам абонентов за счет других. В случае с передачей данных интенсивность поступления запросов оказывается как минимум на порядок выше, и служебный канал объективно не в состоянии с ними справиться. Выделение дополнительного служебного канала за счет сокращения числа информационных оказывается также неэффективным. В аварийных ситуациях, как правило, отсутствует возможность предоставления приоритета одному элементу АСУ за счет другого, поскольку это приводит к срыву нормальной работы последнего. Таким образом, пропускная способность служебного канала в случае использования транковой системы для обмена данными оказывается критическим ограничением.

Существенный недостаток сетей GSM-R (как и обычных сотовых радиосетей, использующих обмен данными по протоколам GPRS[3] и EDGE[4]) — недетерминированная задержка в доставке данных. Работа значительной части АСУ настраивается с учетом времени, необходимого на передачу запросов и получение ответов на эти запросы. Чем меньше допустимые предельные значения параметров доставки сообщений, тем эффективнее работа АСУ. В случае использования для обмена данными радиосетей GSM-R параметры предельно допустимых задержек при доставке сообщений приходится увеличивать, снижая тем самым эффективность работы АСУ.

Возможность использования единой радиосети (а следовательно, и единого радиочастотного ресурса) для обмена «голосовыми» сообщениями и данными может рассматриваться как серьезное преимущество в радиосетях общего пользования. Действительно, многие на себе ощутили все удобства работы в информационной сети Интернет и одновременного общения по телефону в том же канале. Однако в технологических радиосетях такое решение оказывается принципиально неприемлемым: работа АСУ требует строго детерминированного потока данных и задержек, а обеспечить выполнение этого требования при наличии «голосового» потока невозможно: любой абонент будет говорить столько, сколько посчитает нужным, и тогда, когда ему это потребуется. Практический опыт показывает, что относительно высокая надежность такой радиосети может быть достигнута, если для передачи данных требуется не более 15% пропускной способности всей сети, и только при отсутствии резких «всплесков» в объеме «голосовых» сообщений, что в принципе невозможно в ответственных технологических радиосетях.

Таким образом, эффективные технические решения по оптимизации голосовой связи в современных радиосетях стандартов GSM-R и TETRA оказались серьезным ограничением для этих систем в части обмена данными. Практический опыт показывает, что возможности обеих этих систем связи по обмену данными могут быть кардинально улучшены за счет интеграции в их состав специализированного конвенционального оборудования.

Возможности конвенциональных радиосетей по обмену данными

Перечисленные выше ограничения полностью отсутствуют в конвенциональных технологических радиосетях. Доступ к радиоканалу в таких радиосетях осуществляется напрямую, без использования промежуточного служебного канала, поэтому описанные выше задержки полностью отсутствуют. Сравнительные данные о задержках при передаче данных в радиосетях TETRA, GSM-R и конвенциональных радиосетях представлены в таблице 1.

Для повышения объективности представленных в таблице 1 данных необходимо отметить, что замеры параметров работы радиосети GSM производились на конкретном сегменте сотовой сети связи конкретного оператора и в конкретный период времени. Эти данные могут отличаться в зависимости от текущей нагрузки на сеть сотовой связи. Стабильность параметров функционирования такой радиосети в части пропускной способности может быть обеспечена только за счет выделения для обмена данными отдельных канальных и частотных ресурсов.

[1] Порядок организации доступа к каналу в цифровых транковых системах связи и использования нескольких временных «слотов» (квантов) для обмена сообщениями между несколькими пользователями детально описан в специальной литературе. В настоящей статье представлен упрощенный вариант, описывающий общий принцип работы, создающий ограничения для обмена данными.
[2] Здесь и далее имеются в виду системы обмена данными, применяемые в ответственных приложениях, характерных для АСУ на ж/д транспорте. Все оценки даются применительно к характеру циркулирующих в технологической радиосети сообщений — коротких сообщений, передаваемых с высокой плотностью и требующих минимальных и полностью детерминированных задержек при доставке.
[3] GPRS (General Packet Radio Service — «пакетная радиосвязь общего пользования») — надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетный обмен данными.
[4] EDGE (EGPRS) (Enhanced Data rates for GSM Evolution) — цифровая технология для мобильной связи, которая функционирует как надстройка над GPRS-сетями.

Таблица 1. Сравнительные данные о задержках при передаче данных в радиосетях TETRA, GSM-R и конвенциональных радиосетях

Наименование параметра	Радиосеть GSM-R[1]			Радиосеть TETRA	Конвенциональная радиосеть[2]
	CSD[3]	GPRS real COM	GPRS «клиент-сервер»		
Средняя задержка в канале[4], мс	600	500	1300	>300	25
Минимальная/максимальная задержка в канале, с	500/900	300/1500	100/3900	>500	22,5/27,5
Заявленная скорость обмена данными, кбит/с	9,6	171,2[5]	171,2	28,8[6]	64
Средняя пропускная способность канала, кбит/с	8,168	5,152	4,904	–	–
Минимальная/максимальная пропускная способность канала, кбит/с	7,520/8,960	1,520/14,296	0,336/9,520	2,4/4,8	23,46/114,27

Примечания:
[1] — данные приведены для реального сегмента сети сотовой связи стандарта GSM (GSM/GPRS технологии в системах промышленной автоматики // *Control Engineering*, декабрь 2008 г.).
[2] — здесь и далее рассматриваются подвижные конвенциональные радиосети на радиомодемах Dataradio ParagonG3/GeminiG3 (www.calamp.com).
[3] — Circuit Switched Data — технология передачи данных, разработанная для мобильных телефонов стандарта GSM. CSD использует один временной интервал для передачи данных на скорости 9,6 кбит/с в подсистему сети и коммутации, где они могут быть переданы через эквивалент нормальной модемной связи в телефонную сеть.
[4] — время от передачи запроса до получения доступа к каналу связи и готовности к передаче сообщения.
[5] — максимальная теоретическая скорость обмена данными при использовании всех восьми тайм-слотов в полосе 200 кГц (частотный ресурс для голосовой связи не предусматривается).
[6] — максимальная скорость обмена данными при использовании всех четырех «тайм-слотов» в полосе 25 кГц (частотный ресурс для голосовой связи не предусматривается).

Анализ представленных в таблице 1 данных показывает следующее:

- При работе в режиме CSD обеспечивается наиболее стабильный обмен данными, однако даже в этом случае разница между минимальным и максимальным значениями пропускной способности составляет около 12%, а собственно скорость обмена данными относительно мала.
- Разница между минимальным и максимальным значением пропускной способности при работе с использованием GPRS составляет около 94 и 280% для GPRS real COM и GPRS «клиент–сервер» соответственно. Низкая стабильность данных показателей связана с одновременным использованием радиосети для обмена речевыми сообщениями, поток которых не может быть детерминирован.
- Поскольку использование технологической радиосети связи стандарта TETRA предусматривается для подвижного приложения, в ней должны быть реализованы функции помехозащищенности. Номинальная скорость обмена данными в такой радиосети при обеспечении высокой помехозащищенности может составлять от 2,4 (один «тайм-слот») до 4,8 кбит/с (два «тайм-слота»). Использование для обмена данными большего количества «тайм-слотов» делает радиосеть неэффективной с точки зрения обмена «голосовыми» сообщениями, что является основной задачей такой радиосети.
- В конвенциональной технологической радиосети обмена данными предусматривается только высокая помехозащищенность. Пропускная способность такой радиосети будет в значительной степени зависеть от применяемого встроенного метода сжатия данных, однако для одинаковых потоков данных и выбранных методов сжатия параметры стабильности пропускной способности будут неизменными на протяжении всей эксплуатации.
- Даже при условии использования всех радиочастотных ресурсов («тайм-слотов») пропускная способность радиосетей GSM-R и TETRA в части обмена данными оказывается ниже по сравнению со специализированными конвенциональными радиосетями. Это отставание является системным и сохранится в перспективе.

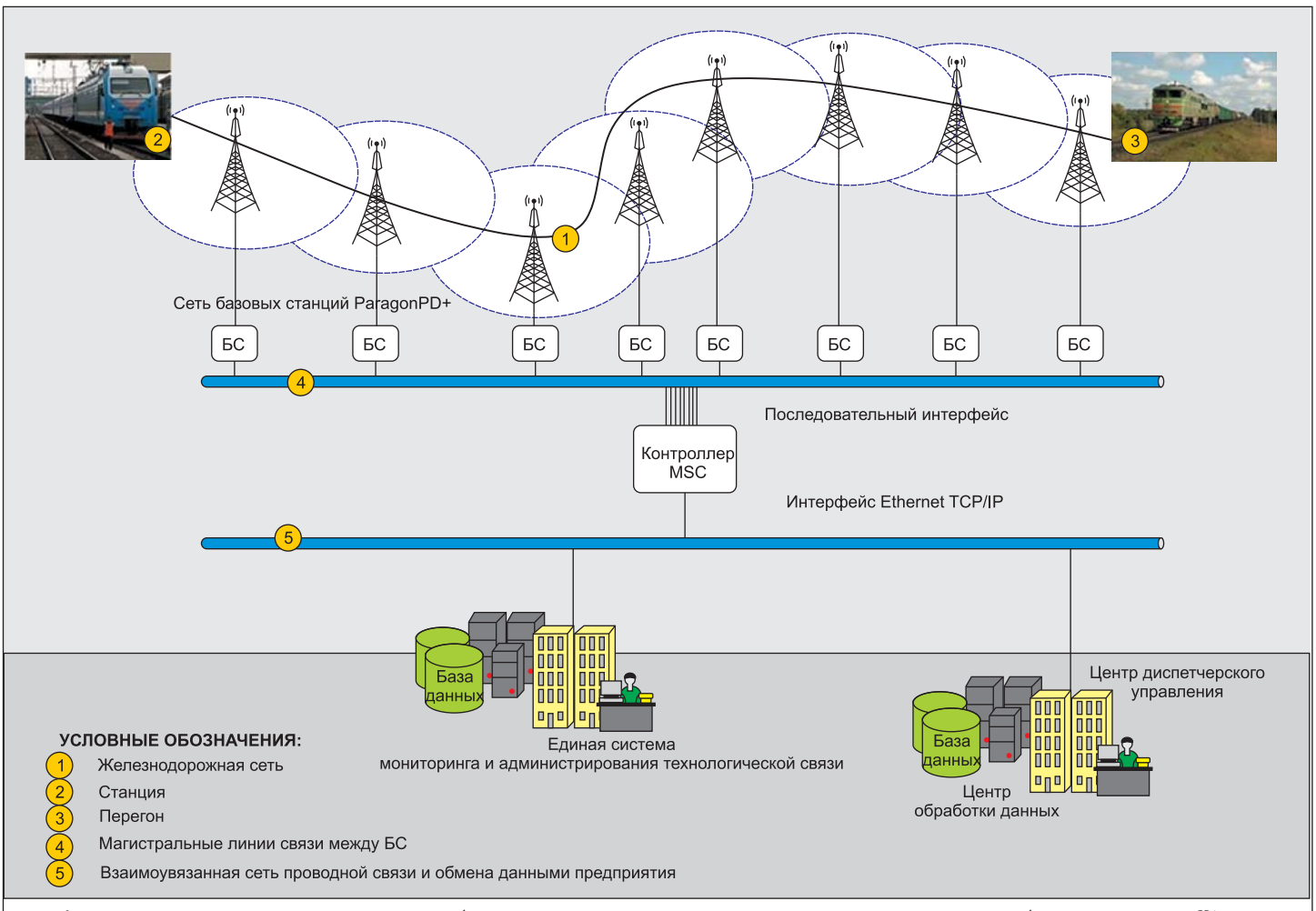


Рис. 1. Типовая схема конвенциональной радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте с использованием оборудования Paragon[PD+]

Типовая структура технологической радиосети обмена данными на ж/д транспорте включает в себя сеть базовых станций (БС), устанавливаемых вдоль железнодорожного пути и соединенных каналами магистральной проводной или беспроводной связи с пунктами сбора данных и управления. Каждая БС обеспечивает связь с группой поездов, находящихся в ее оперативной зоне. В современной радиосети для железной дороги зоны соседних БС полностью перекрывают друг друга, в результате чего формируется единая оперативная зона с повышенной надежностью и живучестью. Переключение поездов на работу с соседней станцией («хэндовер») осуществляется автоматически. Учитывая, что рассматриваемое оборудование для конвенциональных радиосетей обмена данными использует открытый протокол TCP/IP, наращивание комплектов оборудования и создание многоканальных базовых станций в составе радиосети, равно как сопряжение с любой современной автоматизированной системой управления, не представляет трудностей. Типовые схемы конвенциональной радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте представлены на рис. 1 и 2.

Принципиальным различием двух рассматриваемых схем является использование в первой из них последовательных интерфейсов, по которым каждая базовая станция Paragon^{PD+} подключается к многобазовому контроллеру MSC (Multi-site controller), выполняющему функции централизованного технического управления и сопряжения с взаимоувязанной сетью проводной связи и обмена данными ОАО «РЖД». Во втором случае применяется единый для всей конвенциональной технологической радиосети обмена данными интерфейс Ethernet и используется стандартное сетевое оборудо-

Таблица 2. Технические характеристики базовых радиомодемов Dataradio ParagonG3 для конвенциональных подвижных технологических радиосетей обмена данными

Общие характеристики		ParagonG3		
Диапазон рабочих частот, МГц		403–512	Передача: 762–773 Прием: 792–803	Передача: 851–869 Прием: 806–824
Шаг сетки радиочастот, кГц		25 или 50		
Габаритные размеры (Ш×В×Г), см		192,6×56,0×81,3		
Потребление тока в режиме передачи, В		20 А/13,8 (ном.)	24 А/13,8 (ном.)	28 А/13,8 (ном.)
Рабочая температура, °С		–30...+60		
Температура хранения, °С		–40...+70		
Режим работы		Дуплекс, 100% цикл		
Избирательность, дБ		75 (50 кГц), 85 (25 кГц)		
Программная синхронизация		Поддерживается при затухании сигнала		
Достоверность		1×10^{-9} (номинально, поврежденные пакеты посылаются повторно)		
Защита данных		128-битный ключ		
		Приемник		
Избирательность	50 кГц		75	
	25 кГц	87		85
Интермодуляция	50 кГц		80	
	25 кГц	85		80
Побочное излучение, дБм		–90–4 ГГц		
Чувствительность, дБм (1% поврежденных пакетов на несущей частоте с применением технологии параллельного декодирования)		–98 (64 кбит/с)	–96 (128 кбит/с)	–95 (64 кбит/с)
		–104 (48 кбит/с)	–102 (96 кбит/с)	–101 (48 кбит/с)
		–110 (32 кбит/с)	–108 (64 кбит/с)	–107 (32 кбит/с)
		Передатчик		
Выходная мощность, Вт		20–100	35–70	20–70

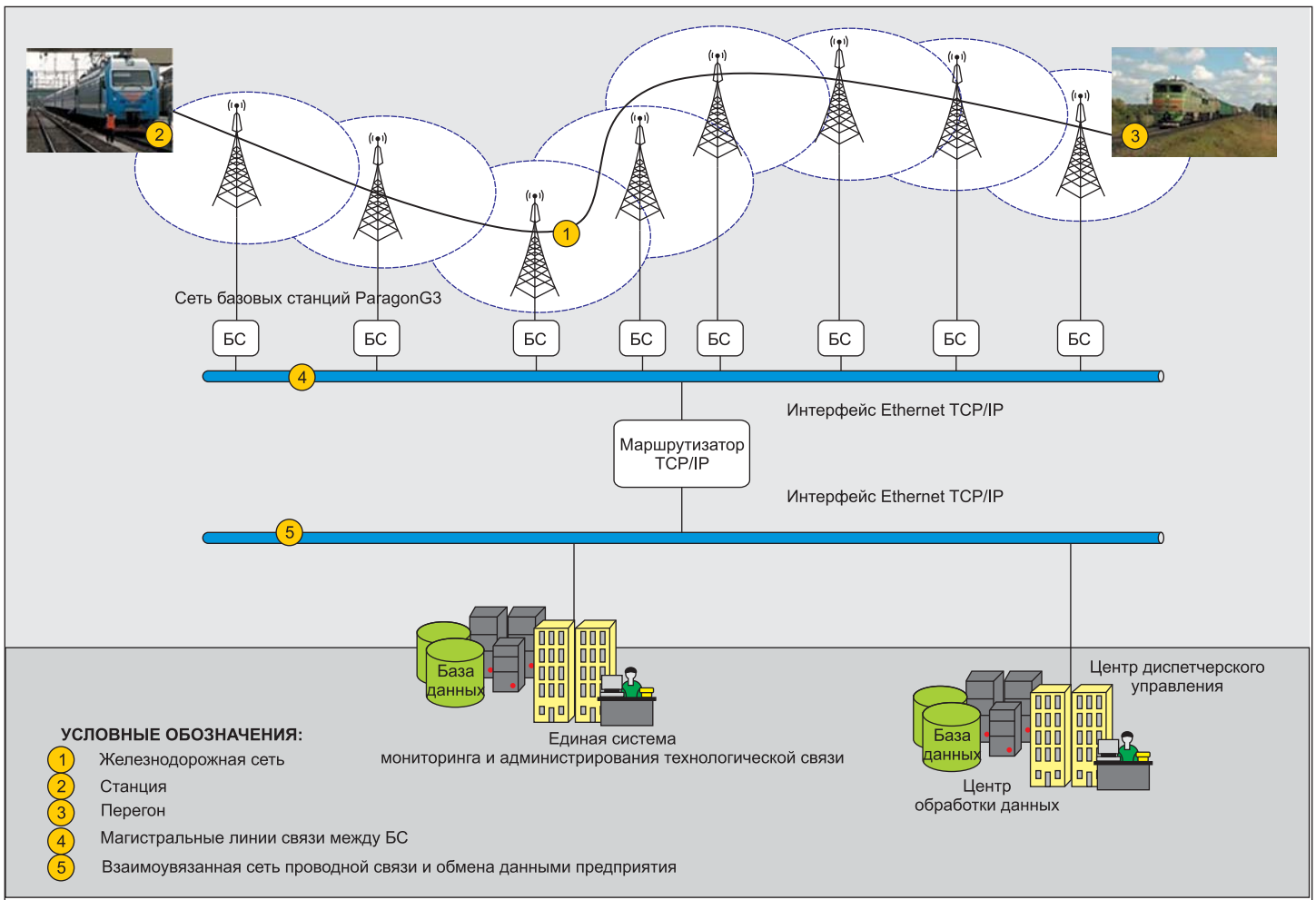


Рис. 2. Типовая схема конвенциональной радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте с использованием оборудования ParagonG3

вание. Однако обе рассматриваемые схемы в полной мере удовлетворяют требованиям, установленным в «Белой Книге»[5] ОАО «РЖД» и направленным на создание единого информационного пространства, интегрированного с информационными системами других видов транспорта и промышленности, а также иностранных железных дорог.

Следует помнить, что надежность любой системы определяется, в том числе, количеством входящих в ее состав компонентов и отдельных узлов: чем меньше их количество, тем проще, при прочих равных, обеспечить необходимый уровень надежности и живучести системы в целом. Это в полной мере относится к количеству базовых станций в составе технологической радиосети обмена данными: чем их меньше, тем проще система управления и обеспечения их работоспособности.

В настоящее время серийно выпускается оборудование для создания конвенциональных подвижных технологических радиосетей обмена данными в диапазонах 132–174, 215–240, 403–512, 700, 800 и 900 МГц. Типовые технические характеристики радиомодемов для конвенциональных подвижных технологических радиосетей обмена данными представлены в таблицах 2–4.

В отличие от радиосетей GSM-R и TETRA, предусматривающих использование в их составе не только мобильных, но и носимых связных терминалов с невысокой выходной мощностью (обычно 0,9–3 Вт), в конвенциональных технологических радиосетях применяются терминалы с выходной мощностью 20-45 Вт. Это обеспечивает существенно большую, по сравнению радиосетями GSM-R и TETRA, зону покрытия с позиции одной БС, поскольку размер оперативной зоны БС на практике будет определяться максимально возможной дальностью связи для самого маломощного оборудования, работающего в составе радиосети.

Все выпускаемое оборудование имеет встроенные средства диагностики, обеспечивающие удаленный доступ к текущим данным о техническом состоянии, и использует открытые интерфейсы, включая широко применяемый протокол обмена данными TCP/IP, что по-

Таблица 3. Технические характеристики бортовых радиомодемов Dataradio GeminiG3 для конвенциональных подвижных технологических радиосетей обмена данными

Общие характеристики	GeminiG3		
Диапазон рабочих частот, МГц	403–460, 450–512	Прием: 792–803 Передача: 762–773	Прием: 851–869 Передача: 806–824
Шаг сетки радиочастот, кГц	25 или 50		
Скорость обмена данными, кбит/с	32,0; 48,0 или 57,6 в канале с шагом сетки 25 кГц	64,0; 96,0 или 128,0 в канале с шагом сетки 50 кГц	32,0; 48,0 или 64,0 в канале с шагом сетки 25 кГц
Габаритные размеры (Ш×В×Г), см	15,4×5,1×18,2		
Количество каналов	32 (программируемые, удаленная настройка)		
Режим работы	полудуплекс		
Питающее напряжение, В	13,6 (ном.); 10,9–16,3		
Рабочая температура, °С	–30...+60		
Защита данных	AES 128-бит		
Защита по питанию	15 А (внешний предохранитель), защита от переполюсовки		
	Потребляемый ток:		
передача при 13,3 В, А	<12 А		
прием при 13,3 В, мА	<750 (включая навигационный приемник)		
	Приемник		
Чувствительность, дБм	–98 (64 кбит/с)	–94 (128 кбит/с)	–95 (64 кбит/с)
	–104 (48 кбит/с)	–100 (96 кбит/с)	–101 (48 кбит/с)
	–108 (43,2 кбит/с)	–106 (64 кбит/с)	–105 (43,2 кбит/с)
	–110 (32 кбит/с)		–107 (32 кбит/с)
Избирательность, дБ	77, номинально	68, номинально	77, номинально
	>75 мин. (25 кГц)	>65 мин. (50 кГц)	>75 мин. (25 кГц)
Интермодуляция, дБ	80, номинально	78, номинально	80, номинально
	>75 мин.	>75 мин.	>75 мин.
	Передатчик		
Время атаки передатчика	<10 мс (отклонение не более 1 мс)		
Выходная мощность, Вт	10–40	10–35	
	Модем		
Коррекция ошибки	Гиперкод		
Программная синхронизация	Поддерживается при затухании сигнала		
Достоверность	1×10^{-9} (номинально, поврежденные пакеты посылаются повторно)		
Частота появления ошибок	<1% @ –107 с коррекцией ошибки на скорости 32,0 кбит/с;		
	<1% @ –110 с коррекцией ошибки на скорости 25,6 кбит/с;		
	<1% @ -112 с коррекцией ошибки на скорости 19,2 кбит/.		
Защита данных	128-битный ключ		
Протокол обмена данными	TCP/IP		

Таблица 4. Технические характеристики радиомодемов Dataradio Viper для конвенциональных стационарных и подвижных технологических радиосетей обмена данными

Общие характеристики		Dataradio Viper-SC			
Диапазон частот, МГц		136–174	215–240	406–512	928–960
Шаг сетки частот, кГц		6,25; 12,5; 25; 50 (настраивается программно)			12,5; 25; 50 (настраивается программно)
Потребляемый ток	прием	480 мА (10 В); 250 мА (20 В); 180 мА (30 В)			
	передача 40 дБм (10 Вт)	4,6 А (10 В); 2, 04 А (20 В); 1,37 А (30 В)			
	передача 30 дБм (1 Вт)	1,23 А (10 В); 630 мА (20 В); 440 мА (30 В)			
Номинальная задержка при холодном старте, с		20			
Рабочее напряжение, В		10–30, постоянный ток			
Рабочая температура, °С		–30...+60			
Допустимая влажность, %		5–95, без образования конденсата			
Габаритные размеры (Ш×Г×В), см		13,97×10,80×5,40			
Масса (в упаковке), кг		1,1			
Рабочий режим		симплекс или полудуплекс			
		Приемник			
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}), дБм	50 кГц	–111 (32 кбит/с) –104 (64 кбит/с) –97 (96 кбит/с) –88 (128 кбит/с)			–108 (32 кбит/с) –101 (64 кбит/с) –94 (96 кбит/с) –85 (128 кбит/с)
	25 кГц	–114 (16 кбит/с) –106 (32 кбит/с) –100 (48 кбит/с) –92 (64 кбит/с)			–111 (16 кбит/с) –104 (32 кбит/с) –97 (48 кбит/с) –89 (64 кбит/с)
	12,5 кГц	–116 (8 кбит/с) –109 (16 кбит/с) –102 (24 кбит/с) –95 (32 кбит/с)			–112 (8 кбит/с) –106 (16 кбит/с) –99 (24 кбит/с) –90 (32 кбит/с)
	6,25 кГц	–115 (4 кбит/с) –106 (8 кбит/с) –100 (12 кбит/с)			–
Подавление помех по соседнему каналу, дБ		45 (6,25 кГц), 60 (12,5 кГц), 70 (25 кГц), 75 (50 кГц)			60 (12,5 кГц), 70 (25 кГц), 75 (50 кГц)
Интермодуляция, дБ		>75			
Избирательность, дБ		>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)			
		Передатчик			
Полоса пропускания без подстройки, МГц		38	25	64 или 62	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт		1–10			1–8
Рабочий цикл, %		100			
Стабильность частоты, ppm		1,0			
		Модем			
Скорость, кбит/с		4, 8, 16, 32, 64 или 128			
Интерфейс		Последовательный RS-232, Ethernet 10Base-T			
Индикация		Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача			

[5] Официальный документ, в котором представлены стратегические направления научно-технического развития ОАО «РЖД».

зволяет эффективно и просто интегрировать их в Единую систему мониторинга и администрирования технологической связи ОАО «РЖД», а также в системы технологической связи промышленного железнодорожного транспорта и метро.

Некоторые сравнительные характеристики базового оборудования для создания радиосетей GSM-R, TETRA и конвенциональных радиосетей представлены в таблице 5.

Анализ представленных в таблице 5 данных показывает, что оборудование для создания конвенциональных радиосетей может быть эффективно применено в качестве дополнительного для обеспечения обмена данными во всех диапазонах радиоволн УКВ-диапазона, предусмотренных к использованию в ОАО «РЖД».

С точки зрения теории распространения радиоволн и учитывая протяженность российской сети железных дорог для организации поездной радиосвязи и системы интервального регулирования движения поездов на всех участках, включая скоростные и высокоскоростные, наиболее целесообразно использовать средства обмена данными, работающие в более низких по сравнению с GSM-R диапазонах волн, например 450 МГц. Понятно, что в этом случае число базовых станций, необходимых для покрытия заданной оперативной зоны, будет существенно меньше по сравнению с количеством БС, работающих в диапазонах 900/1800 МГц.

Следует учитывать, что при построении конвенциональных технологических радиосетей обмена данными на рассматриваемом оборудовании в качестве магистральных каналов связи для удаленного подключения БС допускается применение любых каналов связи соответствующей пропускной способности, в то время как в радиосетях GSM-R и TETRA в качестве основных предусмотрено использование дорогостоящих каналов связи E1. В связи с этим развертывание инфраструктуры конвенциональных радиосетей оказывается намного дешевле.

Увеличение скорости обмена данными и пропускной способности конвенциональной радиосети достигается не только за счет наращивания комплектов оборудования для обслуживания дополнительных каналов связи (как и в радиосетях GSM-R и TETRA), но и использованием оборудования с более широкой полосой пропускания. В настоящее время серийно выпускается комплект оборудования для работы в канале шириной 50 кГц (два соседних канала по 25 кГц) со скоростью обмена данными 128 кбит/с. Эффективность этого оборудования, производимого уже более четырех лет, оказывается несколько выше, чем у перспективной цифровой транковой системы связи и обмена данными TEDS (TETRA Enhanced Data System).

Некоторые результаты использования конвенциональной радиосети для управления поездами метро

Для обеспечения интервального регулирования движения поездов метрополитена комплекс технических средств каждого поезда на линии должен обеспечивать выработку и передачу команд для диспетчерского пункта и позади идущего поезда о своей фактической скорости и координатах собственных «головы» и «хвоста», а также об исправности поездных устройств.

Позади идущий поезд должен гарантированно получать от впереди идущего информацию для автоматического регулирования скорости с периодом следования, который определяется поездной ситуацией на линии и действующими нормативными документами.

По принципу действия система передачи информации между поездами и диспетчерскими пунктами по радиоканалу должна быть непрерывной: отсутствие информации о параметрах впереди идущего поезда в течение заданного промежутка времени должно приводить к торможению поезда до полной остановки.

В настоящее время на поездах метро применяется Автоматизированная система управления, технической диагностики и безопасности движения нового поколения «Витязь» [2], которая обеспечивает автоматизированное управление одним лицом составом до 10 вагонов метро, повышая надежность и безопасность движения в метрополитене.

Система «Витязь» — принципиально новая, интегрирующая в единую многопроцессорную сеть все локальные системы управления оборудованием поезда метрополитена. Ее основными функциями являются:

- автоматизированное управление оборудованием поезда метрополитена;
- автоматическое регулирование скорости, обеспечивающее безопасность движения на линии;
- диагностика и контроль устройств поезда и отдельных вагонов с отображением результатов и рекомендаций на цветном мониторе;
- противоюзовая защита колесных пар;
- автоматическая диагностика вагонного оборудования перед выездом на линию;
- резервирование основных функций управления составом для обеспечения надежности соблюдения графика движения на линии;
- регистрация параметров движения поезда в защищенном накопителе (функции «черного ящика»).

Система «Витязь» работает в режиме реального времени и по принципу многих единиц обеспечивает управление всем вагонным оборудованием, безопасность движения, полную диагностику вагонного оборудования и выдачу рекомендаций машинисту по управлению по-

Таблица 5. Сравнительные характеристики оборудования для создания радиосетей GSM-R, TETRA и конвенциональных радиосетей

Наименование параметра	GSM-R [1]	TETRA	ParagonG3/GeminiG3	Viper-SC
Диапазон рабочих частот, МГц	876–880 921–925	380–400; 410–430; 450–470 806–825 851–870 871–876 915–921	403–512 700 800	136–174 215–240 406–470 470–512 928–960
Количество доступных рабочих частот/каналов	19/152	до 1200/4800 в каждом поддиапазоне	4360/440/720	1520/1000/2560/1680/1280
Шаг сетки радиочастот, кГц	200	25; 12,5	50; 25; 12,5; 6,25	50; 25; 12,5; 6,25
Выходная мощность базового оборудования, Вт	20–320	25	20–100; 35–70; 20–70	до 10
Дуплексный разнос частот, МГц	45	45	любой; 30; 55	>5
Выходная мощность мобильного терминала, Вт	до 10	до 10	10–40; 10–35; 10–35	до 10
Выходная мощность носимого терминала, Вт	до 2	до 3	–	–
Номинальная дальность радиосвязи, км	8–10	12–15	25–30	25–30
Минимально допустимый уровень сигнала, дБм	–95	–115	–96 (128 кбит/с) –98 (64 кбит/с) –110 (32 кбит/с)	–116
Время установления соединения, мс	3000–7000	>300	25	25
Время аварийного вызова, мс	2000	>300	25	25
Функциональные возможности	Динамическая адресация, индивидуальный вызов по номеру поезда, аварийный и приоритетный вызовы, связь в пределах поезда, аварийная остановка поезда, группирование абонентов	Индивидуальный и групповой вызов	Динамическая адресация, использование индивидуальных, групповых и циркулярных адресов, вызов по номеру поезда или машиниста, гарантированное доведение информации, трансляция навигационных данных, точная остановка поезда	Динамическая адресация, использование индивидуальных, групповых и циркулярных адресов

ездом. Построение системы «Витязь» на основе открытой архитектуры дает возможность оперативной модернизации вагонов и улучшения их эксплуатационных характеристик.

В настоящее время на базе системы «Витязь» разработана система определения местоположения поезда на линии методом радиочастотной идентификации, проведены испытания режима прицельной остановки состава на станции в автоматическом режиме.

Подготовлена концепция создания комплексной системы управления движением поездов, реализующая следующие основные функции:

- обеспечение безопасности движения поезда путем постоянного контроля фактической скорости и ее автоматического снижения при превышении допустимых значений на основе информации, передаваемой по радиосети;
- управление движением поезда в автоматическом режиме с выполнением графика движения (роль машиниста при этом либо полностью отсутствует, либо ограничивается управлением дверями и отправлением поезда от станции).

Уже были успешно проведены предварительные и демонстрационные испытания оборудования конвенциальной радиосети обмена данными на радиомодемах Dataradio ParagonG3/GeminiG3 с целью определения возможности его использования в составе комплексной системы управления метрополитена и обеспечения надежного функционирования системы «Витязь» в звене «поезд–диспетчер станции». Испытания выполнялись в три этапа.

На первом этапе в депо производились измерения рабочих параметров устройств конвенциональной радиосети на совместимость с действующими техническими средствами метрополитена, отрабатывались варианты размещения радиооборудования в головном вагоне поезда, осуществлялась его стыковка с поездной системой управления. Наличие у оборудования обмена данными развитых современных интерфейсов обеспечило его сопряжение с комплектами аппаратуры системы «Витязь» без его дополнительной доработки.

На втором этапе осуществлялась передача информации средствами конвенциальной радиосети в тоннеле метрополитена в автономном режиме (без подключения к поездной системе управления). Базовая станция устанавливалась на станции метрополитена, стационарные приемопередающие антенны — в портале тоннеля. Абонентский радиомодем размещался на дрезине и перемещался по тоннелю в направлении от базовой станции. При этом выполнялись измерения дальности действия радиосвязи и уровней сигналов в зависимости от мощности передатчика, скорости обмена данными и типа приемопередающих антенн. Результаты показали возможность обеспечения надежного обмена данными с одной базовой станции по двум тоннелям метро на удаление до 1200 м без использования щелевого кабеля.

На третьем этапе абонентский радиомодем располагался на поезде и был подключен к поездной системе управления. Выполнялась передача информации о фактических параметрах движения поезда от поездной системы управления на базовую станцию радиосети при контрольных обкатках поезда. Передача данных при испытаниях контролировалась как на борту поезда, так и на станции метрополитена. Конвенциональная радиосеть обеспечила трансляцию телеметрической информации с борта поезда метро с заданной периодичностью (изменялась от двух до пяти сообщений в секунду в зависимости от удаления поезда от станции) и задержками. Наилучшие результаты были получены при использовании протокола UDP. Оценка пропускной способности радиосети показала, что каждая базовая станция обеспечивает обслуживание не менее 12 поездов метро в двух параллельных тоннелях при заданной интенсивности трансляции сообщений с борта каждого из них.

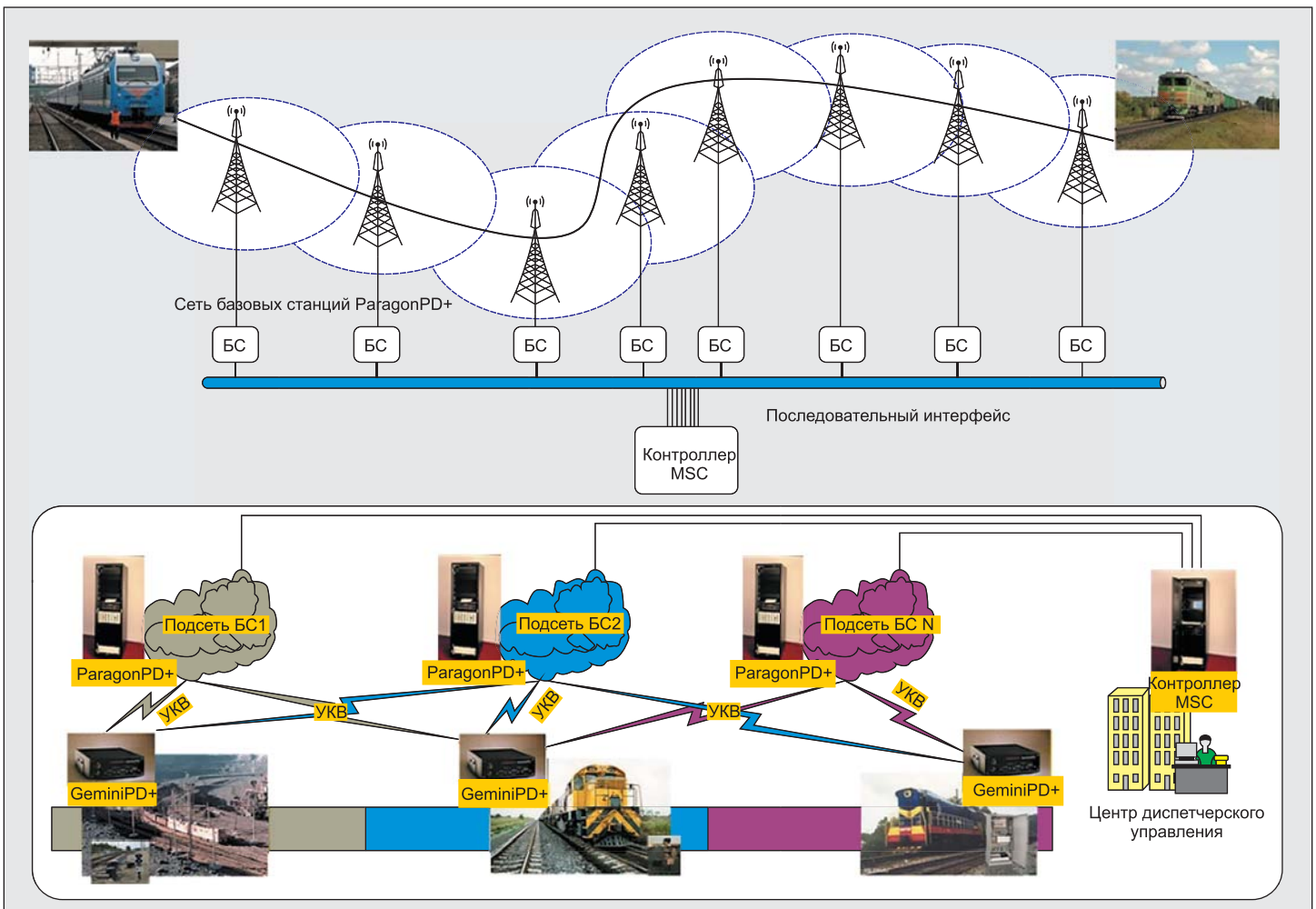


Рис. 3. Схема конвенциональной технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести для АСУ на железнодорожном транспорте на базе радиомодемов Dataradio Paragon^{PD+}/Gemini^{PD+}

По результатам испытаний оборудование конвенциональной радиосети не оказывает влияния на действующие технические средства метрополитена и обеспечивает гарантированный обмен информацией между поездной системой управления и стационарным оборудованием.

Работа железнодорожного транспорта связана с повышенной опасностью и ответственностью. В связи с этим все системы управления движением и сбора данных об оперативном и техническом состоянии подвижного состава и напольной автоматики на контролируемой железнодорожной сети имеют полное (двойное или тройное) дублирование. Это требование полностью выполняется при создании конвенциональной технологической сети, обеспечивающей функционирование автоматизированной системы диспетчерского управления. Упрощенная схема технологической радиосети обмена данными, используемой в системе диспетчерского управления и интервального регулирования, представлена на рис. 3.

Схема разработана и реально применяется в системе диспетчерского управления на одном из предприятий промышленного железнодорожного транспорта для управления ж/д составами увеличенной длины. Радиосеть работает на скорости 32 кбит/с. Система управления решает задачи мониторинга подвижных объектов и контроля работы напольной автоматики, включая:

- выявление перегрева колесной пары;
- контроль состояния и управление стрелочными переводами;
- контроль местоположения локомотива по данным спутниковой навигации в интересах реализации схемы интервального регулирования с использованием радиоканала;
- автоматическое обнаружение схода вагона;
- автоматическое обнаружение дефектов колесной пары.

Оперативная зона радиосети формируется группой дуплексных базовых станций, работающих на различных радиочастотах (использование радиочастот чередуется). Каждая БС подключена к центру диспетчерского управления по выделенному радиорелейному или проводному магистральному каналу связи. Каждый магистральный канал связи дублируется. Оперативные зоны соседних базовых станций имеют 100%-ное перекрытие, что обеспечивает возможность подключения любого из устройств напольной автоматики или локомотива к одной из двух базовых станций. В случае нарушения работы одной из БС подключенные к удаленным устройствам напольной автоматики радиомодемы автоматически переключаются на работу со второй БС (функция автоматического перехода на резервный канал связи является стандартной для рассматриваемых радиомодемов).

Подключенные к радиосети устройства напольной автоматики передают сигналы тревог в адрес диспетчера с автоматической ретрансляцией его в адрес машиниста по каналам этой же (основной) радиосети. Кроме того, каждое устройство имеет собственный резервный канал связи с машинистом, который используется для передачи сигналов тревог в виде голосового сообщения.

Автоматическое управление радиосетью выполняет многобазовый контроллер в отказоустойчивом исполнении со 100%-ным дублированием, имеющий в своем составе два блока, каждый из которых способен управлять пятнадцатью БС. Упрощенная схема многобазового управляющего контроллера в отказоустойчивом исполнении представлена на рис. 4.

Таким образом, в системе управления предусмотрена не только возможность перехода на резервный комплект оборудования в случае аварии, но и переключение на резервный порт ввода/вывода данных на основном комплекте оборудования многобазового контроллера в случае выхода из строя одного из портов. Основная радиосеть, обеспечивающая двойное перекрытие каждой оперативной зоны, дублируется резервной аварийной радиосетью оповещения машиниста.

Аналогичная схема реализована в наиболее современной автоматизированной системе диспетчерского управления и интервального регулирования на промышленном железнодорожном транспорте. Созданная для компании «Рио Тинто» (Австралия), АСУ обеспечивает автоматическое вождение поездов без участия машиниста с дистанционным управлением параметрами движения из объединенного центра диспетчерского управления на железнодорожной сети общей протяженностью более 1800 км. Технологическая радиосеть обмена данными функционирует на скорости 64 кбит/с с использованием радиомодемов ParagonG3 (базовая станция) и GeminiG3 (подвижный объект). Базовые станции подключены к центру диспетчерского управления по волоконно-оптическому каналу связи. В центр управления собираются данные о параметрах движения и техническом состоянии локомотивосоставов, информация о техническом и оперативном состоянии средств железнодорожной автоматики, включая информацию с автоматически регулируемых железнодорожных переездов.

Внедрение технологии позволило не только исключить бригаду из процесса управления локомотивом, но также коренным образом изменить всю диспетчерскую систему. Возможность одновременного управляющего воздействия на все локомотивы позволила реализовать новую схему интервального регулирования, отказаться от использования значительной части ж/д автоматики и существенно сократить интервалы движения при сохранении высокого уровня безопасности. В результате были существенно увеличены объемы перевозок, поскольку новая система обеспечивает одновременное начало торможения для двигающихся друг за другом составов, что обеспечивает повышение плотности движения на железнодорожной сети.

Таким образом, современные конвенциональные технологические радиосети обмена данными являются надежным средством обеспечения работы АСУ различного назначения на железнодорожном транспорте. Они позволяют существенно расширить и дополнить возможности внедряемых в настоящее время систем связи GSM-R и TETRA в части передачи информации о разрешенных параметрах движения поезда, обеспечения надежности функционирования систем интервального регулирования с использованием радиоканала и средств спутниковой навигации, функционирования резервных каналов сбора данных и управления средствами железнодорожной автоматики и энергоснабжения. Результаты испытаний показали, что для подвижных автоматизированных систем управления, работающих в режиме времени, близком к реальному, такие радиосети были и реально остаются наиболее эффективным и практически единственным надежным решением. ■

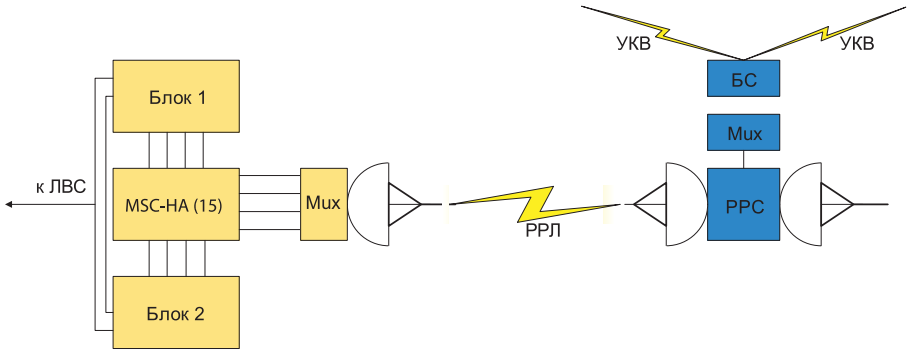


Рис. 4. Упрощенная схема многобазового управляющего контроллера в отказоустойчивом исполнении: БС — базовая станция; РРЛ — радиорелейная линия; РРС — радиорелейная станция; MSC-HA — многобазовый контроллер MSC-HA (MultiSite Controller—High Availability) в отказоустойчивом исполнении; Mux — мультиплексор РРС

Литература

1. Воронин В., Вериго А. Технологическая связь. Особенности развития технологической радиосвязи ОАО «РЖД» на современном этапе // Connect! Мир связи. 2009. № 3.
2. Медуницин Н. Б., Малинин О. В. Автоматизированная система управления, диагностики и безопасности движения вагонов метро нового поколения «Витязь». 2006. г. Жуковский.

ПЕРЕДАВАЯ ЭСТАФЕТУ...

Guardian

T-96SR

Integra

Отлично зарекомендовавшие себя радиомодемы для технологических радиосетей удаленного сбора данных и управления. Широко применяются в ТЭК, в частности, в Газпроме и «Связьтранснефти».

На смену им приходит новый радиомодем Guardian:

- быстрый доступ к радиосети,
- передача информации без предварительной обработки и пакетирования,
- поддержка основных последовательных интерфейсов (RS-232/422/485),
- оперативная диагностика технического состояния,
- возможность работы в качестве ретранслятора.

Радиомодем Guardian может использоваться совместно с радиомодемами Датарадио T-Base/T-96SR и Integra или для их замены.

CalAmp®

Официальный дистрибутор в России и странах СНГ,
Тел.: +7 (499) 613-7001, www.rodnik.ru

С 1991 года РОДНИК СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРАТОР

реклама

Ошибки в новых войсковых радиостанциях

Реклама войсковых радиостанций «Аргон», «Созвездие-М» и «Азарт» создает опасные иллюзии того, что маскирование аналоговой речи и псевдослучайная перестройка рабочей частоты линейной обратной связью регистров защищает их от средств радиоборьбы. Цель данного материала — дополнить изложенную в предыдущей статье (см. БТ № 4'2012) критику метода Software-Defined Radio (SDR); обосновать необходимость использования надежных и абсолютно криптостойких алгоритмов для защиты от радиоразведки, заградительных помех, ложных приказов и других угроз радиоборьбы; побудить заказчиков и разработчиков войсковых радиостанций проводить сравнение алгоритмов, чтобы сделать невозможными дальнейшие ошибки. Приводятся доказательства того, что предпочтение следует отдавать алгоритмам, работающим на двоичных регистрах сдвига с нелинейными и нестационарными функциями обратной связи.

Юрий Брауде-Золотарев
braude-zolotarev@mail.ru

Введение

В статьях [1–4] показаны ошибки разработчиков и заказчиков войсковых радиостанций (ВРС), из-за которых более 20 лет в Вооруженных силах нет оборудования, защищенного от средств радиоборьбы (СРБ), и предложены алгоритмы защиты ВРС от СРБ для их реализации на российских компонентах. В настоящее время ведущие фирмы уже более 13 лет реализуют на микросхемах собственной разработки сверхширокополосные сигналы, устанавливаемые на случайных частотно-временных позициях, определяемых шифраторами AES. В 2010 г. Янчевский И. В. указал [5], что из-за «недееспособности авторов» существующие ВРС «через несколько минут работы могут быть заблокированы», что они «не защищены от информационного вторжения» и поэтому «пригодны только в мирное время». Чтобы предотвратить выпуск ВРС шестого поколения, не защищенных от СРБ, автор неоднократно высылал статьи [1, 2] в Минобороны, Минпромторг и «Созвездие» и предлагал экспертизу описанных в этих материалах и других алгоритмов, чтобы выбрать наилучшие для реализации на микросхемах ВРС, защищенных от СРБ. В ответ были получены заверения, что для ВРС-6 по теме ЕСУ ТЗ выбраны реализуемые на процессорах алгоритмы SDR, которые лучше предложенных автором, и последовали отказы от экспертизы. Выполнить требования [6] к разработке аппаратуры, конкурентной на мировом уровне, представители указанных организаций, по-видимому, не хотят. Описанные в [7] войсковые испытания показали, что новые ВРС-6 «Созвездие-М» с SDR не защищены от СРБ. Как отмечает Д. Кандауров, их алгоритмы выбраны из-за «карманных интересов больших начальников» — с целью завышения цены разработок (8 млрд руб. за 1700 шт. для войсковой бригады). В [8, 9] дана опасная реклама алгоритмов SDR, но структурные схемы ВРС-6 с SDR не описаны.

Основные рекомендации криптографов

Главной причиной незащищенности ВРС от СРБ [9] являются ошибки разработчиков, не знакомых с серьезной литературой по криптографии. По-видимому, им неизвестно, что псевдослучайные последовательности на базе линейных генераторных полиномов (ГП) нестойки и что для их вскрытия даже при неизвестной структуре ГП достаточно принять 2n реализаций псевдослучайных последовательностей, где n — максимальная степень генераторного полинома. Кроме того, разработчики недооценивают необходимость использования для защиты от СРБ действительно случайных последовательностей (True Random Number Sequence, TRNS), эквивалентных рекомендованному Шенноном шифрблокноту с однократным использованием «страниц». Для TRNS в генераторах случайных чисел (ГСЧ) рекомендовано изменять случайным образом ГП и ключ — содержимое регистров сдвига. В криптографии рассмотрены пути реализации таких ГСЧ и отмечено, что автоматы на двоичных регистрах сдвига наилучшим образом подходят для реализации TRNS и что их применению препятствует отсутствие необходимой теории. Поэтому для первых абсолютно криптостойких ГСЧ около 20 лет TRNS подбирали вручную. Специалисты в области криптографии отмечают целесообразность создания стандарта для ГСЧ с TRNS. В [4] приведены примеры взлома 12 шифраторов с сертификатами и лицензиями (Wi-Fi и др). Среди них — шифраторы GMR-1 и GMR-2 спутниковой мобильной радиосвязи

(сети GSM и Inmarsat), сертифицированные ETSI и имеющие лицензию ФСБ, выданную в августе 2010 г., которые были взломаны в январе 2012 г. Специалисты постоянно указывают на необходимость открытой публикации криптоалгоритма, ибо неопубликованные алгоритмы надо считать нестойкими, а «обещания производителей лишь создают иллюзию защищенности». В настоящее время в Интернете можно найти довольно много литературы по криптографии. Особо надо отметить книгу [14], где большое внимание уделено совершенным шифрам, формируемым абсолютно криптостойкими шифраторами, рассмотренным в [1, 2, 4] и далее.

Ошибки в рекламных публикациях по SDR

Сначала технология SDR была реализована на отечественной ПЭВМ «Багет». Из-за огромной сложности SDR позже перешли на ПЭВМ ЕС1866 с импортными микросхемами, что противоречит требованиям [6]. Реклама SDR в [8, 9] игнорирует содержание [1–4], требования [6] и испытания [7]. В [4] отмечено, что SDR выбрали из-за выполнения многих функций (связь с сетями Wi-Fi, WiMAX, Mech, связь с сотовыми телефонами и др.), эффектных для некомпетентных чиновников Минобороны и Минпромторога, но ненужных для ВРС тактического звена и существенно усложнивших ВРС-6. Метод SDR был предложен еще в 1984 г. в лаборатории E Systems (ныне Raytheon). После испытаний макетов по программе SpeakEasy в 1970 г. от использования SDR в войсках США отказались, указав на трудности с обеспечением криптостойкости сигналов и необходимость доработок. Работы по развитию и улучшению SDR в военной программе США Military's Joint Tactical Radio System (JTRS) прекратили из-за огромных затрат на доработку и выпуск ($6,8 млрд для 180 тыс. ВРС). Поэтому фирме Raytheon заказали поставки других ВРС, разработанных в 2004 г. Серьезные неприятности процессорной реализации SDR побудили фирму IMEC создать микросхему трансивера SCALDIO с функциями SDR в диапазоне от 154 МГц до 6 ГГц. Но ни одна фирма (кроме Promwad) не применила SDR из-за огромной цены, энергопотребления, сложности и невысокой надежности.

В [8] описан опыт компании Promwad проектирования «открытой SDR-платформы» на базе сложного четырехъядерного процессора TMS320C6674, использованного ранее в макетах SpeakEasy. Мультистандартность платформы, существенно ее усложняющая, необоснованно отмечена как достоинство. Ошибочно указана пригодность платформы для передачи конфиденциальной информации, поскольку нет данных по криптозащите сигналов. Правильно, как и в [1, 2, 4], рекомендован кодек помехозащиты с малой плотностью проверок на четность (LDPC), лучший из известных, но не даны ссылки на его реализацию. Ошибочно рекомендован код Рида–Соломона с очень сложными вычислениями в многоразрядных полях Галуа.

В [9] рекламируется комплекс ВРС-6 «Азарт» с SDR и утверждается, что разработка велась «совместно со специалистами Министерства обороны РФ». Вероятно, отсутствие конкретных имен связано с тем, что авторы знают о показанной в [7] незащищенности ВРС-6 от СРБ. Тем не менее в статье утверждается, что «комплекс осуществляет криптографически защищенную одновременную передачу голоса и данных». Выбранные структуры радиосигналов, кодов цифровой речи, помехо- и криптозащиты не указаны, таким образом, данной рекламе верить нельзя. Надлежащих войсковых испытаний комплекса «Азарт» не было и, по-видимому, не будет. Тем временем Минобороны уже приобретает «Азарт» (2500 шт. в 2012 г.).

В том же источнике Беккиев А. Ю. (новый генеральный директор «Созвездия») повествует о многофункциональности ВРС-6 с SDR под названием «Созвездие-М», разработанных по ЕСУ ТЗ, но уже не уверяет в их защищенности от СРБ, а рекламирует комплекс «Аргон» без архитектуры SDR. Он утверждает, что один членкорр. РАН, 23 д. т. н. и 146 к. т. н., работающие в «Созвездии», используют «практически все современные телекоммуникационные решения», но при этом избегает сравнения предлагаемых ими алгоритмов с алгоритмами, описанными в [1, 2]. Трудно поверить, что он не нашел среди этих 170 человек хотя бы одного специалиста, знакомого с современным состоянием науки в теории сигналов, криптографии и помехоустойчивом кодировании и способного сравнить алгоритмы.

В [4] отмечено, что алгоритмы ВРС-6 ЕСУ ТЗ с SDR по криптозащите, имитозащите, энергопотреблению, помехоустойчивости и надежности непригодны ни для тактического звена, ни для гражданской радиосвязи с передачей ценной научной, технологической и коммерческой информации. Чтобы скрыть эту непригодность, исчерпывающих сведений о выбранных алгоритмах не приводится. Но в Интернете можно найти хотя бы неполные данные.

Незащищенность комплекса «Аргон»

Комплекс радиостанций «Аргон» без SDR был представлен на XVI Международном форуме «Технологии безопасности» (15–18.02.2011). Перечень его недостатков был передан руководителям «Созвездия» через их представителей на этом форуме и по электронной почте. «Аргон» использует псевдослучайную перестройку рабочей частоты (256 частот при 240 скачках/с) в диапазоне 146–174 МГц с шагом сетки частот 12,5 кГц и регулярным интервалом между скачками 4,17 мс. Возможны только 100 рабочих каналов с частотной модуляцией, не защищенных от прицельных заградительных помех (ЗП). Общий ресурс 28-МГц радиоканала позволяет реализовать с модуляцией ФМ-4 общую скорость 44800 кбит/с и количество позиций $V = 44800/S$, где S — скорость цифровой речи (кбит/с). С упомянутыми в [1, 2, 4] стандартами MELP со скоростями $S = 2{,}4$, 1,2 и 0,6 кбит/с защита от ЗП при случайных частотно-временных позициях будет равна $V = 18{,}7$, 37,4 и 74,7 тыс. (подавление ЗП 43, 46, 49 дБ соответственно), так как для нарушения связи ЗП должна перекрыть все позиции. Количество защищенных от СРБ каналов при этом 900, 1800 и 3700. При помехоустойчивом кодировании с кодовой скоростью $R = 1/2$ с кодами LDPC, рекомендованными в [1, 2, 4], существенно выше помехоустойчивость, но количество возможных каналов меньше: 450, 900 и 1850 соответственно, но это намного больше, чем 100 незащищенных каналов комплекса «Аргон».

«Аргон» использует маскируемую аналоговую речь, которая при любой длине ключа будет вскрыта за несколько минут средствами, основанными на статистической избыточности речи. Необходимость криптозащищенной цифровой речи обоснована в [1, 4]. Поэтому ВРС «Аргон», как и предыдущие ВРС, более 20 лет поставляемые «Созвездием» в Минобороны, не защищены от ложных приказов и передаваемых на предсказуемых позициях прицельных ЗП, которые подавят связь при мощности, равной мощности пакета (подавление ЗП 0 дБ). Очевидно, что все параметры комплекса «Аргон» много хуже возможных при современном уровне науки и техники. Радиосеть, использующая рекомендованные в [1, 2, 4] помехоустойчивое кодирование на базе кодов LDPC, фазовую модуляцию, абсолютно криптостойкие шифраторы, цифровую речь и устанавливаемые случайно Frequency и Time Hopping (FH и TH), создаст в этом диапазоне значительно больше каналов, будет защищена от ЗП и ложных сообщений.

Абсолютно криптостойкие шифраторы на двоичных регистрах сдвига

В [1, 2, 4] были даны ссылки на простейший ГСЧ — абсолютно криптостойкий шифратор (АКШ) на двоичном регистре сдвига (РС) [10]. Он входил в комплект, заказанный Минобороны СССР, и впервые на практике на микросхеме Н1515 ХМ1-888 доказал преимущества АКШ на двоичных РС.

В ГСЧ автоматы на РС общей длиной 256 бит образуют группы управления (А1–А7), рандомизации (А8–А11) и сборки (А12, А13). Их параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры групп управления, рандомизации и сборки автоматов на РС длиной 256 бит

An	N	Параметры	Ag
A1	4	NA, NL	4, 8–10
A2	8	NA, L	3–9, 11
A3	9	A, L, R1	6, 7, 9
A4	7	A, L, R2	6, 7, 10
A5	6	A, L, R3	6,11
A6	3	A, NL	8, 9, 12
A7	5	A, NL	9, 10, 12
A8	25+20	Cr1, NA, L, R	13
A9	31+28	Cr1, NA, L, R	13
A10	15+17	Cr2, NA, L, R	13
A11	34+30	Cr2, NA, L, R	13
A12	4	NA	13
A13	10	NA, L, R	Выход

Примечание: An — номер автомата; N — количество разрядов в двоичных РС автомата; A — автономный; NA — неавтономный; L — линейный; NL — нелинейный; Cr — кроссинговер (обмен секций РС автоматов); R — реверс («зеркальное» изменение) ГП автомата; Ag — номера управляемых автоматов.

При Cr1 = 1 кроссинговер переносит 20 разрядов из A8 в A9 и 28 разрядов из A9 в A8. Кроссинговер Cr2 = 1 переносит 17 разрядов из A10 в A11 и 30 разрядов из A11 в A10. Автоматы A1 и A2 управляют неравномерным движением и реверсом в A3–A11. Автоматы A3–A7 управляют кроссинговером и реверсом в A8–A11. Неавтономные входы автоматов A12, A13 собирают сигналы от автоматов A1–A11. Кроссинговер Cr и реверс R изменяют аппаратную структуру автоматов, используя: Cr — четыре трассы и четыре условных вентиля (каждый из которых содержит четыре транзистора), а R — две трассы и четыре условных вентиля. По таблице видно, что все средства нелинейности и нестационарности вместе с другими цепями управления требуют меньше 200 условных вентилей, из-за которых ГСЧ сложнее нестойкого LFSR той же длины менее чем на 1,4%.

Генштаб и НИИ заказчика требовали снизить энергопотребление и повысить надежность микросхемы, удовлетворяющей всем требованиям ГОСТ 28147-89, не менее чем в 10 раз, указав на ее непригодность для защиты ВРС от СРБ. Сравнение микросхем ГСЧ и удовлетворяющих ГОСТу одного и того же изготовителя с одинаковой проектной нормой 5 мкм показало, что энергопотребление БИС ГСЧ составляет около 0,01 относительно потребления БИС ГОСТ при равных скоростях шифрования. Надежность ГСЧ выше почти в 100 раз, так как мерой старения является потребленная энергия. Это особенно ценно для ВРС. К тому же ГСЧ проще почти в 100 раз, а его скорость выше на два порядка. Воронежский НИИ связи (ныне «Созвездие») и другие заводы знают о ГСЧ более 20 лет и могли его использовать для надежной защиты от СРБ вместо нестойких LFSR и псевдослучайных перестроек рабочей частоты.

Криптоаналитики НИИ Минобороны, КГБ СССР и ФАПСИ РФ отметили, что АКШ пригоден для защиты ВРС, но при этом указали, что заменить им ГОСТ нельзя из-за сложности реализации кроссинговера на имеющихся программных средствах, использующих ГОСТ, и что необходимы алгоритмы ГСЧ, простые и аппаратно, и программно. В [4] отмечено, что уже разработаны простые программно АКШ с длинами ключей от 16 до 256; их испытания показали эргодичность состояний байтовых РС после обновлений ключа с шагом 1 байт. У самого короткого АКШ с ключом 16 бит длина цикла (объем шифрблокнота) достигает 2^{41} байт. Этого достаточно для непрерывной работы со скоростью 16 кбит/с в течение 30 лет. Но для ВРС, по-видимому, предпочтения заслуживают АКШ с длиной РС в 24–64 бита.

Таблица нестационарных и нелинейных ГП с двумя циклами

Приведем таблицу (таблица 2) с нестационарными и нелинейными ГП из [11]. При поиске были программно исключены пары ГП с циклами короче 58. Для автоматов с РС-8 были найдены полным перебором более 200 хороших пар, для РС-7 — восемь пар. Чтобы облегчить разработки АКШ для простых ВРС, надежно защищенных от СРБ, приведем пары таких ГП для РС-8.

Таблица 2. Пары нестационарных и нелинейных ГП для автоматов с РС-8

Длины циклов	Пары ГП
136+120, всего 35 ГП	07-04, 07-37, 0B-3B, 0D-0E, 0E-0D, 0E-3E, 13-10, 13-23, 16-26, 19-1A, 19-29, 1A-19, 1C-1F, 1C-2C, 23-13, 23-20, 25-15, 26-16, 26-25, 29-19, 29-2A, 2C-1C, 2F-1F, 2F-2C, 31-01, 31-32, 32-02, 32-31, 34-37, 37-07, 38-08, 38-3B, 3B-38, 3D-0D, 3D-3E
120+136, всего 28 ГП	01-02, 01-31, 02-01, 02-32, 04-07, 04-34, 08-0B, 08-38, 0B-08, 0D-3D, 10-13, 10-20, 5-16, 15-25, 16-15, 1A-2A, 1F-1C, 1F-2F, 20-10, 20-23, 2A-1A, 2A-29, 2C-2F, 34-04, 37-34, 3B-0B, 3E-0E, 3E-3D
179+77, всего 12 ГП	41-58, 42-5B, 44-5D, 44-62, 47-61, 48-6E, 4B-52, 4B-6D, 4D-54, 4E-57, 4E-68, 50-76
77+179, всего 6 ГП	41-67, 42-64, 47-5E, 48-51, 4D-6B, 50-49
180+76, всего 14 ГП	40-5B, 40-76, 43-58, 43-75, 45-5E, 45-73, 46-5D, 49-52, 49-7F, 4A-51, 4A-7C, 4C-7A, 4F-54, 4F-79
76+180, всего 4 ГП	46-70, 4C-57, 51-4A, 51-67
198+58, всего 41 ГП	01-08, 01-25, 02-0B, 02-26, 04-0D, 04-20, 08-01, 08-2C, 0B-2F, 0D-04, 10-19, 10-34, 13-1A, 13-37, 15-1C, 15-31, 16-32, 19-10, 19-3D, 1A-13, 20-04, 20-29, 23-07, 23-2A, 25-01, 26-02, 26-2F, 2A-0E, 2A-23, 2C-08, 2F-26, 31-15, 31-38, 32-16, 32-3B, 34-3D, 37-13, 37-3E, 3B-1F, 3B-32, 3D-19
58+198, всего 22 ГП	07-0E, 07-23, 0B-02, 0D-29, 0E-07, 0E-2A, 16-1F, 1A-3E, 1C-15, 1C-38, 1F-16, 1F-3B, 25-2C, 29-0B, 2C-25, 2F-0B, 34-10, 38-1C, 38-31, 3D-34, 3E-1A, 3E-37

Примечание: У всех пар опущен индекс Ox. Первый цикл содержит 00.

Из-за отказа от кроссинговера и реверса аппаратная реализация этих АКШ сложнее. Например, АКШ с ключом 256 бит сложнее АКШ [10] почти в два раза, но проще микросхемы ГОСТ в 50 раз и быстрее ее более чем в 100 раз [1]. Все вычисления в АКШ с ГП на базе этой таблицы значительно проще суммирований и умножений многоразрядных чисел по модулю, используемых в криптостандартах AES, ARIA, ГОСТ и др., которые расходуют много энергии в длинных трассах и при перемешивании многоразрядных массивов в нескольких циклах обработки. Поэтому они потребляют в 30–100 раз больше энергии и, соответственно, менее надежны, чем АКШ [1, 2, 4].

Выбор помехоустойчивого кодирования

В [4] были отмечены преимущества кодов LDPC и недостатки турбокодов и кодов Рида–Соломона, выбранных для ВРС с SDR, но не были упомянуты коды стандартов цифрового телевидения. В стандарте DVB использовали внутренние турбокоды и коды Рида–Соломона. Турбокоды, близкие к пределу Шеннона, имеют длину 131072, кроме того, необходим перемежитель на 65536 бит, приближающий код к случайному. Более простые турбокоды, успешно используемые в телеметрии, имеют длинный код 1784 и большой перемежитель. У кодов Рида–Соломона очень сложны вычисления в многоразрядных полях Галуа. Энергопотребление и надежность у кодеков турбокодов и кодов Рида–Соломона хуже, чем у кодеков [1, 2, 4], более чем в 100 раз, а помехозащита не лучше. Поэтому в стандарте DVB-T2 их заменили: внутренний турбокод на LDPC, внешний Рида–Соломона — на коды Боуза–Чоудхури–Хоквингхема (БЧХ). Код с оптимальным синдромным декодированием (ОСД) лучше, чем БЧХ. Непонятно, почему в ВРС-6 с SDR выбраны кодеки турбокодов и кода Рида–Соломона с худшей помехоустойчивостью и в 100 раз более сложные, чем кодеки LDPC.

Выбор структур сигналов

Преимущества сигналов ФМ-4 на случайных частотно-временных позициях (СЧВП) в сравнении с частотной модуляцией и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты, используемых в SDR, игнорируются авторами статей [8, 9]. В [4] кратко описана СЧВП радиосети технических средств охраны (ТСО). Детальное описание используемых СЧВП дано в [12, 13]. Первая радиосеть сверхширокополосных сигналов (UWB) на микросхемах с Times Hopping описана в [12]. После этого уже 10 лет преимущества СЧВП и микросхем успешно используют многие радиосети, описанные в [13]. Из них семь стандартизованы, а остальные — внелицензионные. Ведущие фирмы отмечают конкурентные преимущества микросхем: меньшую цену, энергопотребление и лучшую надежность, чем с сигнальными процессорами. На преимущества микросхем на 11 лет ранее указал заказчик ГСЧ [10]. Наиболее распространенный стандарт WiMedia UWB разработала группа фирм WiMedia Alliance (Intel, Texas Instrument, Nokia, Microsoft, Hewlett-Packard и др.). Он работает в диапазоне 3,1–10,6 ГГц, скорость — 480 Мбит/с. Предусмотрена возможность применения ФМ, ВИМ (ТН) и алгоритмов принятого в 2006 г. Европейского стандарта ETSI TS 102455. В 2007 г. ECMA International признала WiMedia международным стандартом ISO/IEC 2690. Он используется во многих странах и работает также в диапазонах 314–787 МГц (Китай) и 950–956 МГц (Япония) со скоростями 20–250 кбит/с, обеспечивая подавление ЗП до 40 дБ. Стандарты UWB ECMA-368 и ECMA-369 диапазона 3,1–10,6 ГГц приняты в декабре 2007 г. Возможен выбор разных вариантов сигналов СЧВП (ГН и ТН) для ВРС и ТСО [4]. В России три фирмы разработали сеть сверхширокополосных сигналов без процессоров [3, 4]. В московском Конструкторском бюро опытных разработок была создана «СШПС-ИМПУЛЬС» и предложен проект нового стандарта IEEE.802.15.4g. Этот опыт игнорируют разработчики ВРС с SDR [8, 9].

О завышенных ценах на радиостанции с SDR

Работы по ЕСУ ТЗ были начаты в ноябре 2001 г. О затратах на них сведений нет, но цены на ВРС позволяют предположить, что они фантастически велики. Так, известна цена 8 млрд руб. за 1700 шт. ВРС «Созвездие-М» для войсковой бригады. Это близко к 4,7 млн руб. за одну ВРС, что дороже аналогичной ВРС США с SDR более чем в четыре раза, поскольку в США приводится цена $6,8 млрд за 180 тыс. ВРС (около $38 тыс./шт.), что близко к 1,2 млн руб. Причем такая стоимость признана в Америке чрезмерной. Чиновники «Созвездия» уже ведут разговоры о модернизации ВРС с SDR, но переход к алгоритмам, рекомендованным в [1, 2, 4,] для защиты от СРБ и удешевление ВРС в 100 раз им невыгодны. Какое решение по модернизации принято — неизвестно.

Заключение

Главные причины разработок не защищенных от средств радиоборьбы войсковых радиостанций с архитектурой SDR, которая сделала войска тактического звена небоеспособными, — либо некомпетентность заказчиков и разработчиков ВРС, либо указанные в [7] «карманные интересы больших начальников». Более 20 лет они поощряют выпуск негодных ВРС с неэффективными алгоритмами и избегают обсуждений технических заданий со специалистами, которые могли бы им помочь в выборе эффективных алгоритмов. Их отказы от экспертизы создали опасность продолжения выпуска не защищенных от СРБ и очень дорогих ВРС. Эффективные алгоритмы, позволяющие реализовать с малым энергопотреблением и высокой надежностью криптостойкие генераторы случайных чисел, случайную расстановку позиций сигналов по частоте и времени, ФМ-4, помехоустойчивое кодирование и цифровую речь, например MP MLQ, известны давно. Эти алгоритмы могут обеспечить защиту ВРС от всех средств радиоборьбы — радиоразведки, заградительных помех, ложных донесений и приказов. Автор надеется, что обсуждение приведенных в статье доводов поможет исполнить требования [6] и создать на базе отечественной микроэлектроники защищенные от СРБ и конкурентные на мировом уровне радиостанции. Ожидаемая сложность, энергопотребление и цена таких устройств будут на два порядка ниже, чем у выпускаемых в настоящее время не защищенных от СРБ ВРС, а надежность — на два порядка выше. ■

Литература

1. Брауде-Золотарев Ю. М. Абсолютно криптостойкие и самые простые шифраторы // Электросвязь. 2010. № 3.
2. Брауде-Золотарев Ю. М. Алгоритмы надежной защиты радиостанций от средств радиоборьбы // Электросвязь. 2010. № 11.
3. Брауде-Золотарев Ю. М. Алгоритмы и технологии СШПС — сверхширокополосных сигналов // Радиотехника. 2011. № 9.
4. Брауде-Золотарев Ю. М. Защита информации в беспроводных технологиях // Беспроводные технологии. 2012. № 4.
5. Янчевский И. В. Связь в Вооруженных силах Российской Федерации. М.: Информост. 2010.
6. Постановление Правительства РФ № 809 от 26.11.07 «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.».
7. Кандауров Д. Комплекс ЕСУ ТЗ: желаемое и действительное // Армейский вестник. 23.11.2011.
8. Кондратьев А. Технология SDR: опыт проектирования универсальной платформы // Беспроводные технологии. 2012. № 4.
9. Радиостанции с SDR. Связь в Вооруженных силах Российской Федерации. М.: Информост. 2012.
10. Брауде-Золотарев Ю. М. и др. Генератор случайных чисел с высокой степенью рандомизации // Науч. труды НИИ радио. 1997.
11. Брауде-Золотарев Ю. М., Давыдов Ю. Л., Качер И. Л. Программы, генерирующие случайные числа // Сб. науч. тр. ФГУП СНПО «Элерон». 2008.
12. Win M. Z., Scholtz R. A. Ultra-Wide Bandwidth time-hopping spread spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications // IEEE Trans. on Commun. V.48. № 4. 2000.
13. Косичкина Т. П., Сидорова Т. В., Сперанский В. С. Сверхширокополосные системы коммуникаций. М. Инсвязьиздат. 2008.
14. Зубов А. Ю. Криптографические методы защиты информации. Совершенные шифры. М.: Гелиос АРВ. 2005.

реклама

Метод маршрутизации беспроводных децентрализованных сетей

на основе оптимизации сквозной пропускной способности

В статье описана новая структура маршрутизации для беспроводных децентрализованных сетей — маршрутизация с учетом узких мест (Bottleneck Aware Routing, BAR). Рассмотрено ограничение пропускной способности маршрутизации методами CBR (Capacity-Based Routing) и BAR и показано, что последний метод более эффективен с точки зрения пропускной способности маршрута в целом, чем определение кратчайшего пути по транзитным участкам (Shortest Hops, SH), так как он учитывает индивидуальную пропускную способность отдельных узлов/линий связи.

Вадим Шпенст, д. т. н., профессор
Антон Секретев

Одним из преимуществ беспроводной децентрализованной сети является ее многовариантное свойство передачи данных: узлы связи (УС) могут пересылать пакеты от источника к месту назначения на базе маршрута hop-by-hop. Тем не менее релейная трансляция может снизить пропускную способность (ПС) сети, так как УС конкурируют за ПС не только с другими передатчиками на ближайших маршрутах, но и с УС, участвующими в релейной трансляции на этом же пути. ПС децентрализованной сети может быть поразительно низкой из-за такой конкуренции внутри и между потоками [1].

Методы маршрутизации с учетом количества узлов в маршруте не могут справиться с изменением условий среды (в силу большого количества потоков трафика) и изменением мощности линии/узла связи. Например, выбранный маршрут, проходящий через УС с низкой ПС, может привести к увеличению задержки или снижению ПС, даже если ПС других УС по ходу движения может быть достаточной. Следовательно, надо создать такие методы маршрутизации, которые могут не только повысить общую мощность сети, но также избежать образования узких мест в беспроводных децентрализованных сетях.

В данной статье приводятся основные положения для метода маршрутизации BAR, который учитывает узкие места и принимает во внимание текущую пропускную способность УС, а также местоположение узлов с узкими местами, чтобы повысить их ПС в разнородной децентрализованной сети. Данный метод основан на примере маршрутизации [2], которая включает ПС УС, чтобы повысить ПС беспроводных децентрализованных сетей.

Модель пропускной способности

Для примера возьмем разнородную сеть с тремя различными типами узлов связи (основным, агрегирующим и граничным). Основные УС отличаются наименьшей способностью передачи данных в диапазонах с малой шириной полосы пропускания — от 100 кбит/с до 1 Мбит/с (например, сенсорные УС в беспроводных сенсорных сетях). У агрегирующих узлов средняя способность передачи данных. Эти узлы связи отвечают за объединение трафика нескольких узлов с низкой ПС и отличаются средней шириной полосы 1–2 Мбит/с (например кластеры). Граничные УС отличаются высокой ПС при передаче данных с высокой шириной полосы 2–4 Мбит/с. Эти УС могут действовать с применением передовых технологий (например с направленными антеннами), которые отправляют трафик по магистрали непосредственно в высокоскоростные инфраструктуры. ПС УС определяется по его типу. ПС сети можно повысить, оптимизируя использование сетевой иерархии децентрализованных сетей [3].

Введем понятие виртуальной ПС УС, так как ПС распределяется в линии связи в зависимости от конкретного вида маршрутизации. Это часть необработанной ПС УС, которая определяется по уровню межканальных помех (уровню перегрузки УС, который определяется предъявляемыми к сети требованиями по пропускной способности). Допустим, что используется справедливое планирование TDMA, в силу которого каждой линии связи, которая конкурирует за этот же канал, можно назначить свой слот времени при равной длине. Данный сценарий подразумевает, что канал должен делить ширину полосы не только с маршрутами,

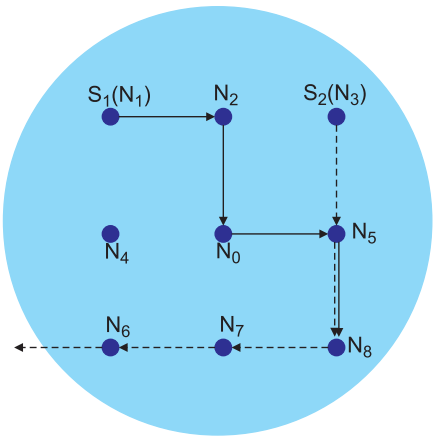


Рис. 1. Пример трафика, идущего по сети

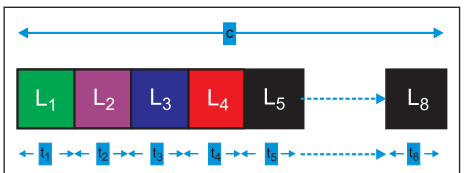


Рис. 2. Использование пропускной способности в N0, включая помехи линии связи

проходящими через интересующий нас УС, но также с маршрутами, проходящими через узлы, создающие помехи для интересующего нас УС. Следовательно, виртуальная ПС УС N0 — это необработанная ПС канала, деленная на уровень перегрузки в зависимости от задачи маршрутизации. Например, на рис. 1 показано, что виртуальная пропускная способность УС N0 равна C/8, так как через узел N0 проходят восемь линий связи и необработанная ПС равномерно делится на все передачи, как показано на рис. 2.

Маршрутизация на основе пропускной способности

В разнородных сетях УС имеют разную скорость отправки, мощность передачи и настройки антенны. Эти факторы приводят к различной ПС в каждом направлении на линии связи. Традиционные произвольные методы маршрутизации, такие как маршрутизация по кратчайшему пути, не могут принять во внимание разную мощность линий связи. В результате линии связи с повышенной ПС могут остаться

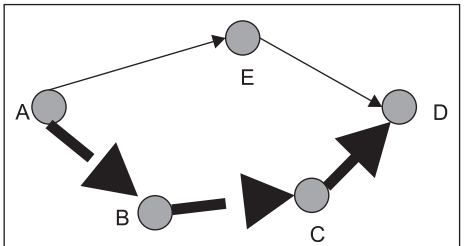


Рис. 3. Маршрутизация A—D (показанный пунктиром маршрут предпочтителен в силу особенностей ПС линии связи на данном маршруте)

неиспользованными, а линии связи с низкой ПС могут оборваться из-за перегрузки. Для децентрализованной сети крайне важно отправлять больше трафика по линиям связи с повышенной ПС, чтобы распределить нагрузку равномерно. На рис. 3 показан пример, где более длинный маршрут с большим количеством транзитных участков может оказаться лучше в силу предпочтительной ПС линии связи на данном маршруте.

Желательно перенаправить трафик, проходящий через УС с низкой ПС, в узлы с повышенной способностью передачи. Так как ПС для данного метода в основном определяется по активному взаимодействию трафика (при помехах внутри и между потоками), маршрутизация на основе ПС (CBR) может перенаправить поступающий трафик в неперегруженную зону, чтобы вся сеть стала более гибкой. Обратимся к методу CBR. Вес линии связи в нем определяется [2] следующим образом:

$$w_{ij} = 1/C_{vj}, \forall i, j \in V, \quad (1)$$

где w_{ij} — значение веса линии связи от УС i до УС j, а C_{vj} обозначает виртуальную пропускную способность УС j.

Виртуальная ПС УС j определяется по максимальной ПС УС B_j [Мбит/с] (в таблице приведен тип каждого УС), деленной на уровень перегрузки CL_j, который испытывает данный УС:

$$C_{v_j} = B_j/CL_j. \quad (2)$$

С помощью алгоритма Дейкстра CBR-метод предпочитает выбрать узлы повышенной мощности, где маршруты устанавливаются на основе максимизации аккумулированного воздействия сквозной пропускной способности.

Сквозная ПС в узких местах ограничена значением минимальной пропускной способности по ходу движения. Это происходит, если УС «выше» узла с узким местом отправляет на линию связи больше пакетов, чем УС с узким местом может переслать. Таким образом, задержка увеличивается, так как пакеты «застревают» в узком месте, и ПС снижается; в конце концов перегруженный УС сбрасывает эти пакеты. Следовательно, для проектирования метода маршрутизации важно знать об узких местах и, если возможно, отправлять трафик, чтобы обойти УС с малой пропускной способностью, а также соседние с ними узлы из-за возможности помех в совместно используемом канале.

Маршрутизация с учетом узких мест

Поскольку узкие места ограничивают сквозную ПС, при выборе маршрута мы должны принимать во внимание влияние труднопроходимых узлов. Существуют другие методы маршрутизации, созданные для повышения ПС, распределения нагрузки и проблем с точками доступа: CBR [2], DLAR [4] и HMP [5]. Метод маршрутизации на основе ПС, созданный Лиу [2], стремится повысить ПС сети, выбирая линии связи с более высокой ПС сети в целом, не принимая во внимание воздействие на сеть отдельных труднопроходимых линий связи. Ли и Джерла продемонстрировали алгоритм маршрутизации с учетом динамичной нагрузки (Dynamic Load-Aware Routing, DLAR) [4], главным критерием отбора у которого является интенсивность трафика промежуточных УС. DLAR концентрируется на выборе маршрутов с наименьшим количеством промежуточных УС с пакетами, буферизированными выше порогового значения. Данная схема пренебрегает межпотоковыми помехами, так как на практике трафик, направляемый через соседние УС, тоже может повысить загруженность узких мест. Ли и Кэмпбелл представили протокол снижающий количество «горячих точек» (Hotspot Mitigation Protocol, HMP) [5], где «горячие точки» — временно возникающие, но сильно перегруженные области беспроводных децентрализованных сетей. Данное решение основано на снижении общей загруженности таких областей, но не принимает во внимание отдельные узкие места. Насколько известно, на данный момент не существует ни комплексных исследований, ни хороших решений по методам маршрутизации для сценариев с большим количеством типов и возможностей УС (например, узлов с низкой, средней и высокой ПС), которые также оптимизируют сквозную ПС, принимая во внимание перегрузку отдельно взятых областей.

Рассмотрим проектирование метода маршрутизации BAR. Маршрутизация с учетом узких мест, как и метод CBR, выбирает УС с максимальным значением ПС на путях передачи с большим количеством узлов, но также обходит узкие места. В BAR вес линии связи определяется следующим образом:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{C_j}, j \notin BN \\ \frac{1}{C_j} + \delta, j \in BN \end{cases}, \forall i, j \in V, \quad (3)$$

где BN — набор сквозных труднопроходимых узлов каждого потока трафика и УС, находящихся внутри диапазона помех этих сквозных труднопроходимых узлов, а δ — значение взыскания.

Если УС не является одним из узких мест сети или источником помех, вес остается как при CBR. Если же УС является одним из узких мест или источником помех для них, вес повышается на δ в качестве взыскания. Мы предполагаем, что источник помех УС может получать информацию от перегруженного узла. Обсуждение способов воплощения данного алгоритма находится за рамками данной статьи. Метод маршрутизации с учетом узких мест является одновременно монотонным, так как все весовые значения положительны, и изотонным, так как последующий выбор пути не влияет на весовое значение предыдущего, поскольку текущий путь рассчитывается и выбирается на основе весового значения каждой линии связи из предыдущего события.

Для данного сценария выбрано значение взыскания 7, так как это среднее число УС в пределах одного транзитного участка. Между значениями взыскания существует обратная зависимость. Если значение слишком

маленькое, маршрут может не полностью избежать его прохождение через перегруженные области; при слишком большом значении оно может вызвать существенную релейную трансляцию, потенциально ухудшающую в будущем запросы на трафик.

Сеть и модель трафика

Предложенный нами метод маршрутизации будет изучен в среде сети с сеткой 10×10. В данной сети три различных типа узлов связи: узлы-ориентиры, агрегирующие и базисные узлы. Ключевые параметры приведены в таблице.

Таблица. Значения параметров, используемых в примере сценария

Ключевые параметры		Значение
Размеры сети, м		40×40
Количество УС	всего	100
	ориентиров	20
	агрегирующих	20
	базисных	60
Диапазон, м	передачи УС	6
	помех УС	12
Пропускная способность линии связи, Мбит/с	ориентира	4
	агрегирующей	2
	базисной	1
Средняя продолжительность каждого подключения на источник УС, с		0,2
Диапазон поступления распределения на источник УС, поступлений/с		0,25–6

УС с наименьшим количеством потенциальных подключенных линий связей расположены в углах, где у них только по два соседних узла, а у УС в середине максимальное количество соседей — четыре. Предположим, что маршруты устанавливаются окончательно и впоследствии не меняются. Данное расположение удобно, так как УС могут ощущать состояние сети и решать проблемы отклонения от маршрута [6].

Средние поступление и продолжительность каждого маршрута подключения следуют закону распределения Пуассона [7]. Трафик поступает у левого края сетки сети и пересылается на правый край. Из серединных УС трафик не поступает. Источники и места назначения выбираются на каждом крае сети, так как наша задача — проанализировать характеристики каждого метода маршрутизации во всей сети при многоразовой передаче от узла к узлу релейной трансляции. Агрегирующие узлы выбираются случайным образом из числа серединных. В предлагаемой модели после установления маршрута подключения он остается в сети, пока не закончено моделирование, поступление и продолжительность потоков трафика имеют отрицательное экспоненциальное распределение. Поток поступает на каждый источник 10 раз за период моделирования. Методы маршрутизации изучаются на основе события. Событие происходит, когда сквозной поток трафика в сети включается (ON) или деактивируется (OFF). Максимальное число одновременно протекающих маршрутов — 10.

Оценка производительности

Рассмотрим эффективность различных механизмов маршрутизации: кратчайший путь по транзитным участкам (SH), маршрутизация на основе пропускной способности (CBR) и маршрутизация на основе узких мест (BAR). Сначала мы предлагаем пример выборочного сценария, чтобы показать улучшение сквозной ПС в узких местах с помощью BAR по сравнению с SH (рис. 4 и 5). Рис. 6 иллюстрирует CDF сквозной ПС в узких местах с различными методами маршрутизации при средней интенсивности трафика в три потока. Сравнительная производительность сквозной ПС в узких местах с различной интенсивностью трафика показана на рис. 7.

На рис. 4 и 5 показан средний уровень перегруженности каждого УС для методов маршрутизации SH и BAR соответственно:

- Кружок обозначает уровень перегрузки УС; чем больше кружок, тем больше перегрузка.
- Темные линии показывают одновременно протекающие в сети потоки трафика.
- Точки в середине символизируют сквозные труднопроходимые УС по пропускной способности и размещению трафика.
- Крестик обозначает агрегирующий узел.

На рис. 4 метод SH показывает, что, как и ожидалось, УС в середине достаточно перегружены из-за моделей трафика, генерируемых в сети слева направо, при том что метод SH выбирает только пути с минимальным количеством транзитных участков. Этот случай является худшим для распределения нагрузки: УС в середине сети становятся узкими

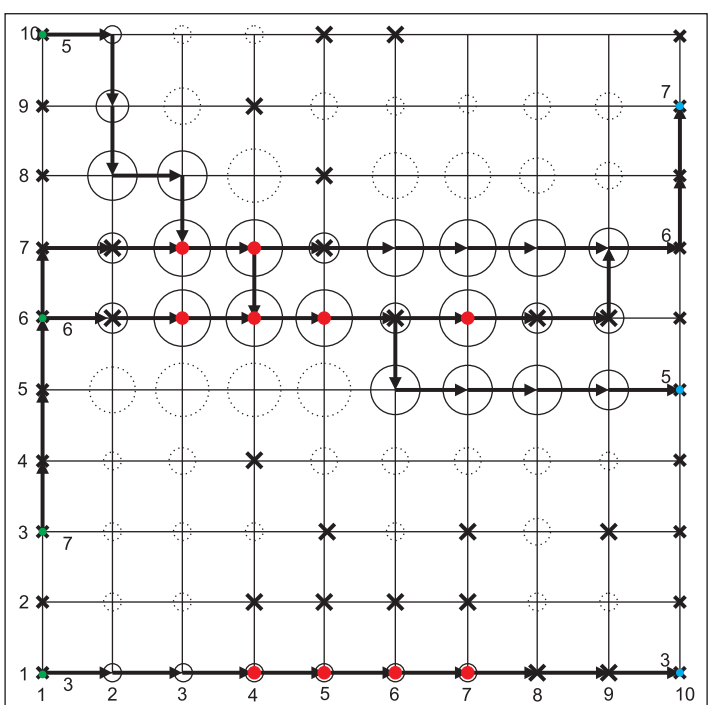


Рис. 4. Моментный уровень перегрузки УС при использовании метода кратчайшего пути маршрутизации

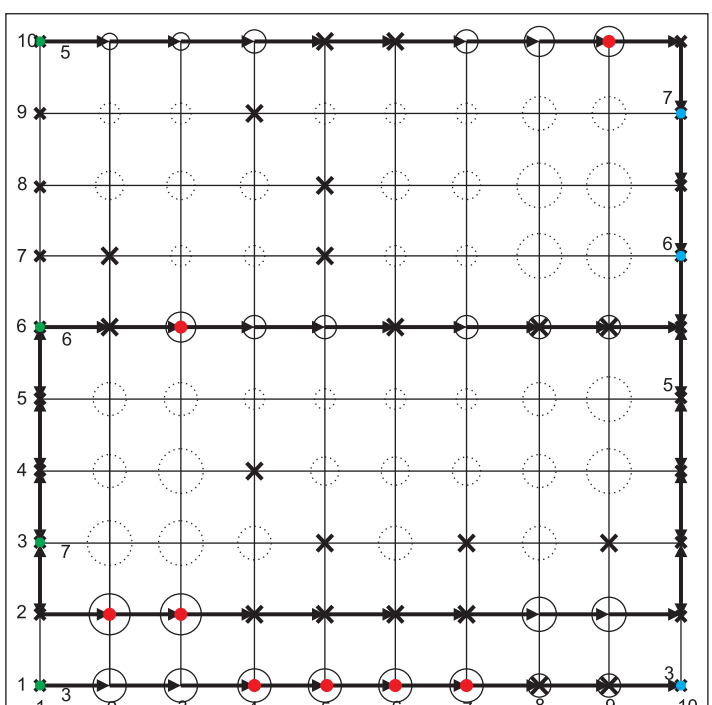


Рис. 5. Моментный уровень перегрузки УС при использовании BAR

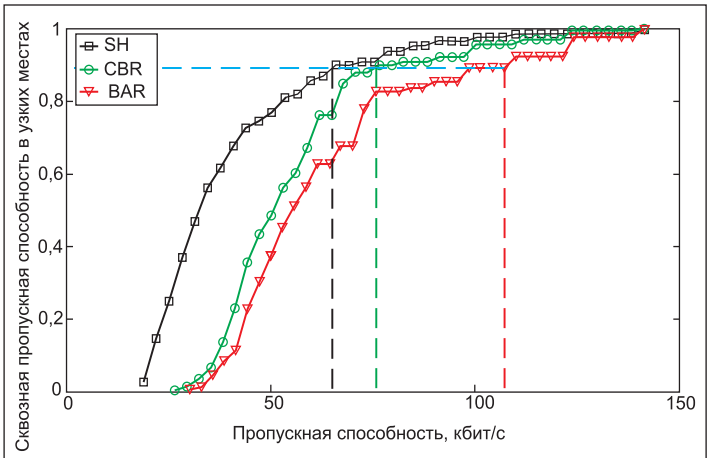


Рис. 6. CDF долговременной сквозной пропускной способности в узких местах с различными методами маршрутизации

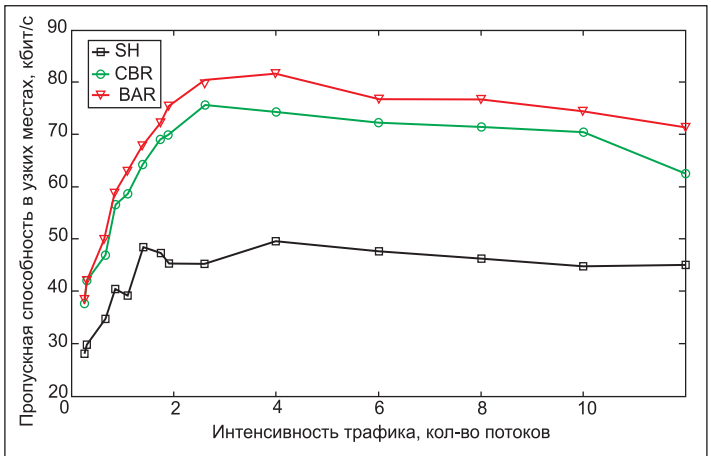


Рис. 7. Суммирование сквозной ПС в узких местах относительно интенсивности трафика

местами, а на периферии ПС растрачивается впустую.

С другой стороны, метод BAR находит путь, направляя трафик через УС с самой высокой ПС и, что более важно, обходя узкие места линии связи. Это повышает распределение нагрузки, как видно на рис. 5, где общее количество и уровень узких мест снижены с применением метода маршрутизации BAR по сравнению с SH. Согласно данному методу, ПС принимает во внимание помехи внутри и между потоками. Метод BAR максимизирует вероятность повышения ПС сети, разрешая одновременные передачи. Потоки распределяются от середины к краям сети.

Ранее уже обсуждалось, как ПС труднопроходимых узлов связи может поставить под угрозу производительность не только отдельного потока трафика, но и ПС всей децентрализованной сети. Очень важно попытаться снизить количество узких мест и повысить ПС. Рис. 6 показывает преимущество уменьшения использования узких мест с помощью метода маршрутизации BAR. Горизонтальная пунктирная линия на данном рисунке обозначает 90%-ный уровень. Из-за функции учета узких мест 90% труднопроходимых УС имеют значение виртуальной ПС около 110 кбит/с (точка на оси *x*, в которой вертикальная линия пересекает кривую BAR на 90-й перцентили), около 75 кбит/с (точка на оси *x*, в которой вертикальная линия пересекает кривую CBR на 90-й перцентили) и около 63 кбит/с (точка на оси *x*, в которой вертикальная линия пересекает кривую SH на 90-й перцентили) при использовании BAR, CBR и SH соответственно. На этой перцентили BAR показывает значительный рост ПС узких мест — на 31,8 и 42,7% более высокий, чем SH и CBR соответственно.

На рис. 7 показана сумма ПС узких мест на каждом активном маршруте при различной интенсивности трафика соответственно. Минимальная ПС узла/линии связи на пути рассматривается только до узкого места, а на любом маршруте оно только одно. Причина использовать как метод общую ПС узких мест вместо среднего значения состоит в том, что в узком месте сети ПС минимальна. ПС узких мест зависит от топологии сети, ПС УС, модели трафика и метода маршрутизации. Хотя методы маршрутизации различны, другие условия полностью одинаковы при применении различных методов маршрутизации. На рис. 7 видно, что ПС узкого места определяется только применением метода маршрутизации, что делает невозможным значительное различие между методами, если использовалась средняя ПС. Общее значение показывает максимальную вариацию ПС в узких местах при различных методах маршрутизации.

При небольшом уровне интенсивности трафика ПС сети достаточно для релейной трансляции трафика. Следовательно, BAR может обходить труднопроходимые УС с помощью дополнительных транзитных участков или релейной трансляции без снижения ПС сети. К примеру (рис. 7), BAR повышает ПС узких мест всей сети на 60 и 14% при средней интенсивности трафика и четырех потоках по сравнению с SH и CBR соответственно. При такой интенсивности трафика метод BAR может эффективно разделять узлы линии связи на различные классы. Тем не менее при высокой интенсивности трафика применение CBR и особенно BAR снизит ПС сети, поскольку их функция маршрутизации старается избежать перегруженных районов, которые могут вызывать лишнюю нагрузку на сеть в виде релейной трансляции. Более того, дополнительная релейная трансляция отнимает ПС канала не только у проходящего трафика, но и у других узлов линейной трансляции [8]. Эта конкуренция за ПС канала вызывает большее количество труднопроходимых мест и сниженную проходимость сети.

Выводы

Рассмотрена новая структура метода BAR, которая позволяет повысить сквозную ПС в узких местах в сетях с относительно низкой нагрузкой. Кроме того, обсуждались ограничения ПС маршрутизации методами CBR и BAR. Метод BAR считается более «умным», чем определение кратчайшего пути по транзитным участкам (SH) и маршрутизация на основе помех/затруднений (Difficulties/Interference Routing, DIR), так как он учитывает индивидуальную ПС отдельных узлов/линий связи. Метод BAR принимает во внимание не только помехи отдельных УС и ПС, как метод CBR, но и учитывает размещение труднопроходимых УС, чтобы маршрут можно было выбирать более эффективно на основании УС с высокой ПС, чтобы пересылать пакеты через них и одновременно обходить труднопроходимые УС. По результатам испытаний с низкой нагрузкой BAR может существенно повысить сквозную ПС в узких местах по сравнению с SH и CBR. ■

Литература

1. Вишневский В. М., Ляхов А. И., Портной С. Л., Шахнович И. Л. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера. 2005.
2. Liu Y., Grace D. Improving Capacity for Wireless Ad Hoc Communications Using Cognitive Routing // Presented at CrownCom 2008. 3rd International Conference Singapore. 2008.
3. Вишневский В., Лаконцев Д., Сафонов А., Шпилев С. Mesh-сети стандарта IEEE 802.11s — технологии и реализация. Вып. 2'2008.
4. Lee S.-J., Gerla M. Dynamic Load-Aware Routing in Ad hoc Networks // Presented at International Conference on Communications. Helsinki, Finland. 2001.
5. Lee S.-B., Campbell A. T. HMP: Hotspot Mitigation Protocol for Mobile Ad hoc Networks // Presented at Ad Hoc Networks. 2003.
6. Triantafyllidou D., Agah K. The Impact of Path-Delay Routing on TCP in Ad Hoc Networks // Presented at International Conference on Communications and Mobile Computing. 2009.
7. Вишневский В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера. 2005.
8. Маковеева М. М. Принципы построения и расчета цифровых радиорелейных систем. М.: МТУСИ. 2000.
9. Шпенст В. А. Комплексная обработка информации в радиоэлектронных системах (монография). СПб.: ВАА. 2008.
10. Пат. № 2685234 (РФ) Интеллектуальная многоканальная радиоэлектронная система / В. А. Шпенст, А. М. Голик // Бюл. 2001.

Квадратурные демодуляторы

с высокой степенью интеграции

Схемы с высокой степенью интеграции, производимые по усовершенствованной кремниево-германиевой технологии BiCMOS, объединяют в себе квадратурный демодулятор, синтезатор с ФАПЧ, ГУН и стабилизаторы с малым падением напряжения, обеспечивая уменьшение размеров печатной платы при одновременном поддержании высоких показателей.

Ашраф Элгамрави (Ashraf Elghamrawi)

Задаче повышения степени интеграции для уменьшения габаритов систем при сохранении уровня показателей, обеспечиваемых дискретными решениями, уделяется повышенное внимание во многих отраслях. Недавно компанией Analog Devices было разработано семейство квадратурных демодуляторов с высокой степенью интеграции, которые содержат в компактном 40-выводном корпусе LFCSP с размерами посадочного места 6×6 мм синтезатор с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) с дробным коэффициентом деления, генератор, управляемый напряжением (ГУН), и несколько стабилизаторов с малым падением напряжения. Добиться столь малых размеров, не жертвуя электрическими характеристиками, позволяет используемая при производстве данных компонентов кремниево-германиевая (SiGe) технология BiCMOS.

Компоненты семейства ADRF680X включают в себя высококачественное ядро смесителя, которое обеспечивает превосходные показатели интермодуляционных искажений (IP3) и компрессии (P1dB) по входу, а также очень низкий шумовой порог по выходу, что позволяет добиться превосходного динамического диапазона, и ГУН с низким уровнем шума. Благодаря этим особенностям компонент обеспечивает превосходное значение модуля вектора ошибки

Таблица. Характеристики квадратурных демодуляторов семейства ADRF680X

		ADRF6806	ADRF6807	ADRF6801
Дифференциальный вход сигнала ВЧ		+		
Диапазон сигналов гетеродина, МГц		50–525	700–1050	750–1150
Погрешность рассогласования фаз, °		менее 0,5		0,3
Погрешность рассогласования амплитуд, дБ		менее 0,1		0,05
Формирование сигналов		В основной полосе частот или на комплексной ПЧ до 120 МГц		
P1dB, дБм	Обычный режим	12,2	12,8	12,5
	Пониженное энергопотребление	10,6	11,7	
IP3 по входу, дБм	Обычный режим	28,5	26,7	25
	Пониженное энергопотребление	25,2	24,0	
Коэффициент шума (двухполосный), дБ	Обычный режим	12,2	13,1	14,3
	Пониженное энергопотребление	11,4	12,4	
Коэффициент усиления по напряжению, дБ	Обычный режим	1,0		5,1
	Пониженное энергопотребление	4,2	4,3	
Полоса выходного каскада (по уровню 3 дБ), МГц	Обычный режим	170		275
	Пониженное энергопотребление	135		

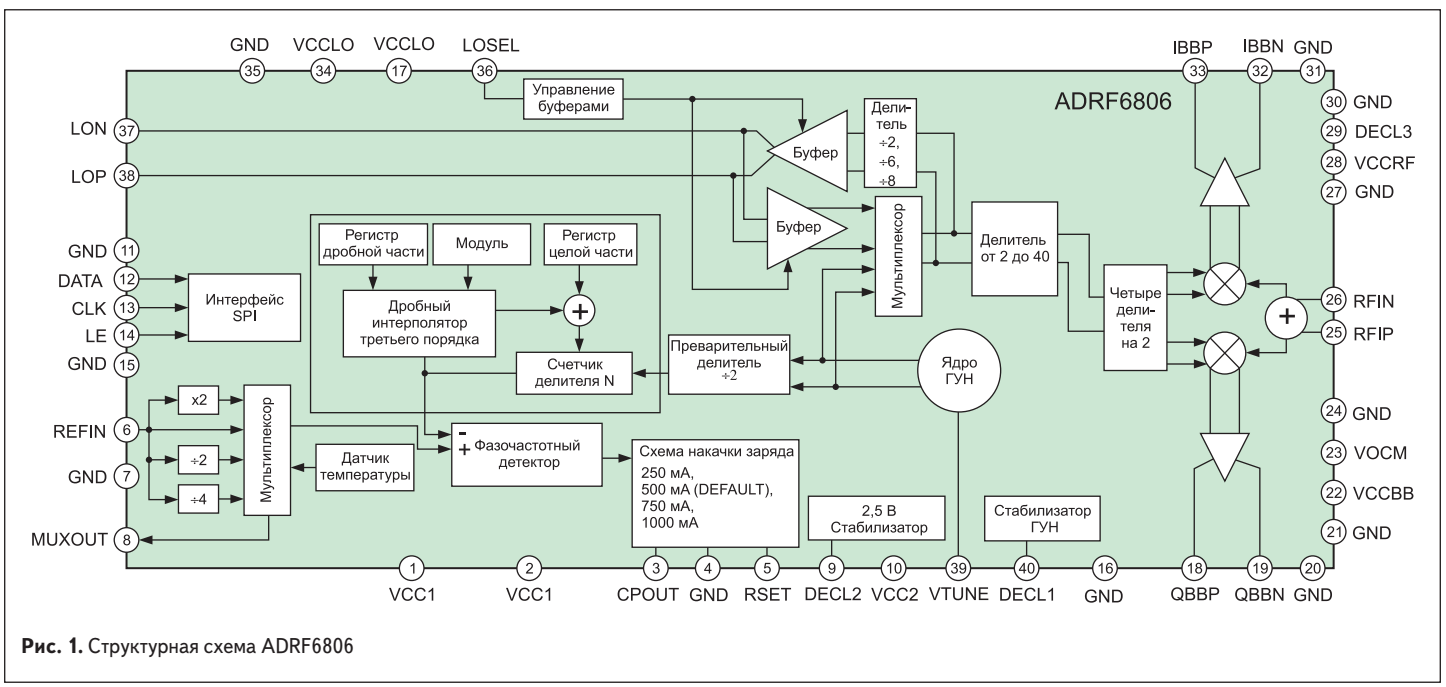


Рис. 1. Структурная схема ADRF6806

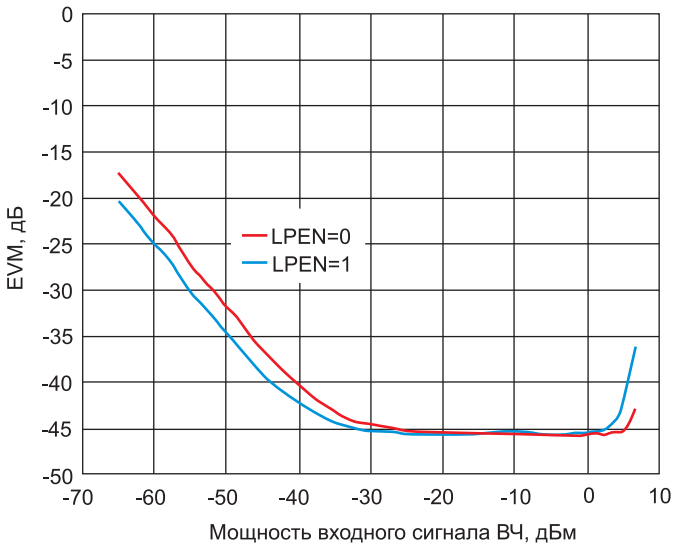


Рис. 2. Результаты тестирования для ADRF6806

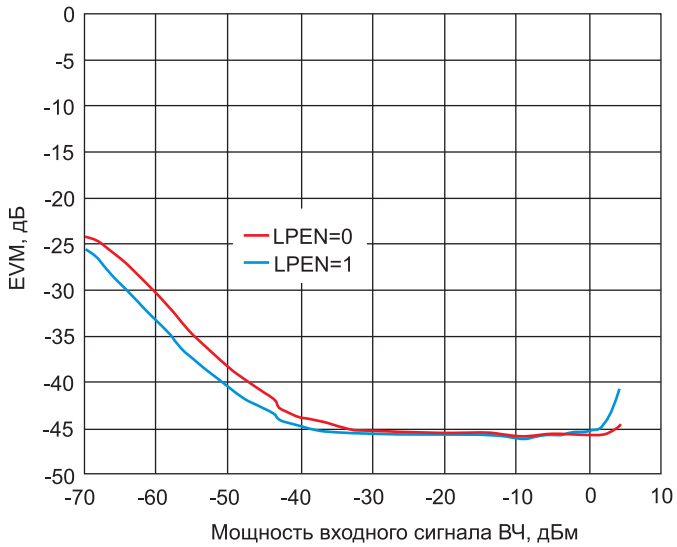


Рис. 3. Пиковый EVM ADRF6806 при сигнале с модуляцией QAM256

(error vector magnitude, EVM). В совокупности три компонента, входящие в состав семейства ADRF680X, поддерживают работу с сигналами гетеродина в диапазоне частот 50–1150 МГц, что позволяет перекрыть широкий диапазон промежуточных частот, используемых в приемниках QAM/QPSK, стандартах сотовой связи, таких как W-CDMA/CDMA2000/LTE, и микроволновых линиях радиосвязи типа «точка–точка» и «точка–много точек». Компоненты семейства ADRF680X имеют множество программируемых функций, управление которыми осуществляется через порт SPI. Пользователь может управлять настройками синтезатора с ФАПЧ с дробным коэффициентом деления, делителем частоты гетеродина демодулятора, различными параметрами оптимизации и режимом пониженного энергопотребления. Также доступна возможность выбора режима работы с внешним источником сигнала гетеродина или формированием сигнала на выходе делителя частоты ГУН для внешнего использования. Компоненты семейства ADRF680X — это единственные в отрасли квадратурные демодуляторы, в которых интегрированы три функциональных блока каскадов ВЧ, за счет чего упрощается проектирование, сокращаются размеры платы и уменьшается общая стоимость компонентов (таблица).

Самый новый представитель семейства — ADRF6806, структурная схема которого изображена на рис. 1. Следующий представитель семейства — ADRF6807, предназначенный для более высокого диапазона частот. Еще один представитель семейства — это ADRF6801 с несимметричным 50-Ом входом, который работает с сигналами гетеродина в диапазоне частот 750–1150 МГц.

Для оценки совокупного качества демодуляторов был проведен анализ зависимости их EVM от мощности входного сигнала ВЧ. EVM — это мера, используемая для количественного описания показателей цифрового радиопередатчика или радиоприемника. У сигнала, принимаемого приемником, все точки фазового созвездия должны совпадать с идеальными положениями. Однако различные неидеальности в сигнальном тракте, например дисбаланс амплитуд, шум и фазовый дисбаланс, вызывают отклонение реальных точек созвездия от идеальных.

В общем случае EVM демодулятора, в зависимости от мощности входного сигнала, имеет три основных ограничивающих фактора. По мере увеличения мощности сигнала начинают расти составляющие искажений. При достаточно больших уровнях сигнала, когда составляющие искажений, вызванные нелинейностями в устройстве, попадают в рабочую полосу, EVM ухудшается с увеличением мощности. При умеренных уровнях сигналов, когда демодулятор работает в линейном режиме и сигнал значительно превышает шумы, EVM обычно достигает оптимального значения, которое определятся преимущественно либо погрешностью формирования квадратур и согласованием их коэффициентов усиления, либо точностью измерительного оборудования. По мере уменьшения уровня сигнала, когда основной вклад начинает вносить шум, характеристика EVM убывает линейно в децибелах. При низких уровнях сигнала, когда доминирующим ограничивающим фактором является шум, значение EVM в децибелах становится прямо пропорциональным отношению сигнал–шум.

Измерение EVM ADRF6806 производилось на оценочной плате компонента при подаче модулированного сигнала с частотой 140 МГц. По результатам тестирования ADRF6806 продемонстрировал превосходные значения EVM при различных типах модуляции. Как показывает рис. 2, ADRF6806 поддерживает EVM ниже –45 дБ в широком диапазоне мощностей входных сигналов ВЧ (примерно 35 дБ) для сигнала с модуляцией 16 QAM при частоте следования символов 5 МГц и ПЧ 5 МГц. EVM измерялся в обоих режимах питания: в нормальном (LPEN = 0) и пониженного энергопотребления (LPEN = 1). В режиме пониженного энергопотребления EVM компонента при низких уровнях входного сигнала ВЧ улучшается из-за меньшего шума. В нормальном режиме EVM сохраняет низкое значение при большем уровне входного сигнала ВЧ.

Рис. 3 иллюстрирует пиковый EVM ADRF6806 при сигнале с модуляцией QAM256. Как следует из графика, результаты не ухудшаются по сравнению с приведенными выше результатами для QAM16. В данном тесте также были использованы частота следования символов 5 МГц и ПЧ 5 МГц. Как и в предыдущем случае, EVM был измерен в обоих режимах питания и составил не хуже –45 дБ в широком диапазоне мощностей входного сигнала ВЧ, равном 35 дБ.

Компоненты семейства ADRF680X обеспечивают беспрецедентные уровни интеграции и характеристик благодаря комбинации ядра смесителя с широким динамическим диапазоном, универсального синтезатора с ФАПЧ с дробным коэффициентом деления, ГУН с низким шумом и нескольких стабилизаторов с малым падением напряжения в одном компактном 40-выводном корпусе LFCSP с габаритами посадочного места 6×6 мм. Они обладают превосходным динамическим диапазоном и отличными показателями EVM, удовлетворяя повышенным требованиям современных приемников. ■

реклама

Новые возможности HSPA+ усложняют тестирование

Джоди Зелмер (Jodi Zellmer)

Согласно последним исследованиям, на сегодня существует около 300 действующих или вводящихся в эксплуатацию сетей HSPA+, причем большая часть действующих систем HSPA обеспечивает скорость до 7,2 Мбит/с в нисходящем и 5,8 Мбит/с в восходящем канале. Для тех операторов, чьи сети соответствуют спецификациям 3GPP, и тех, кто уже использует HSPA, обновление до HSPA+ реализуется программно, что предполагает минимальные затраты. HSPA+ обеспечивает достаточно высокую скорость по сравнению с большинством систем широкополосного доступа, так что восприятие пользователя будет адекватно соответствовать ожиданиям.

Главной целью HSPA+, согласно определению стандартов 3GPP, является:

- использование полного потенциала физического уровня CDMA до перехода на OFDM;
- достижение производительности, сравнимой с LTE, при ширине канала 5 МГц;
- обеспечение гладкого межсетевого взаимодействия между HSPA+ и LTE;
- обеспечение сосуществования обеих технологий в одной сети;
- обеспечение работы в чисто пакетном режиме для передачи голоса и данных;
- обеспечение обратной совместимости с ранними версиями абонентских устройств.

Ширина канала всех существующих систем WCDMA составляет 5 МГц, из которых 3,84 МГц заняты сигналом, а оставшаяся полоса выступает в роли защитного интервала между каналами. Новшеством в редакции 8 является опция для HSDPA с двойными несущими; то есть появляется возможность объединения контента двух смежных несущих, что мгновенно удваивает скорость передачи в нисходящем канале и продлевает жизнь HSPA в качестве высокоскоростной технологии. Важно понять, что улучшение скорости восходящего канала положительно влияет и на нисходящий: за счет более быстрого подтверждения повышается пропускная способность и уменьшаются задержки. Возможность работы сети HSPA+ в чисто пакетном режиме для голоса и данных позволяет обновить транспортную сеть, упрощая будущее развертывание LTE: существенное обновление потребуется только для физического уровня (для радиосистемы базовой станции).

Двойная несущая

Двойная несущая, или высокоскоростная пакетная передача в сторону абонента с двойной базой (DC-HSDPA), представляет собой функцию W-CDMA, определенную в редакции 8 стандарта 3GPP, которая позволяет сети передавать данные HSDPA на мобильные устройства с двух базовых станций одновременно. Теоретически в такой конфигурации достигается максимальная пропускная способность 42 Мбит/с в нисходящем канале. Режим работы с двумя несущими характеризуется как одновременный прием нескольких транспортных каналов HS-DSCH. Определенные категории абонентского оборудования (UE) могут работать в режиме двух базовых станций.

Новые требования к тестированию HSPA+ и решения Agilent

Современные телефоны, будь то недорогие модели, смартфоны, планшеты или модемы ноутбуков, как правило, уже поддерживают прежние стандарты 2 и 2,5G, а также стандарт и расширенную функциональность 3G: GSM, GPRS, EGPRS, W-CDMA и HSPA. Добавляя возможности HSPA+ редакции 7 и 8, разработчики должны обеспечить корректную интерпретацию и реализацию новых функций и в то же время убедиться, что не нарушается базовая функциональность. В случае DC-HSDPA основное внимание должно уделяться дополнительным возможностям приемника и устранению паразитных взаимодействий. Конечным судьей качества продукта выступит общественное мнение — будут ли довольны пользователи, или начнут поступать жалобы.

Представители компании Agilent принимали участие в разработке новых спецификаций и методов тестирования новых функций, которые можно найти в «Спецификациях соответствия абонентского оборудования 3GPP TS 34.121-1 V10.1.0 (2011-12)», «Радиоприем и передача (FDD)» [1].

Библиотеки для разработки в составе САПР SystemVue

В САПР SystemVue входят две библиотеки для разработки, которые могут пригодиться при проектировании устройств HSPA+. Обе они содержат функциональные модели приемника и передатчика, что позволяет вы-

полнять измерения BER/PER на системном уровне с замкнутой обратной связью. Функции, специфичные для DC-HSDPA, добавлены в майской редакции 2012 г., предварительная версия которой доступна через программу раннего доступа SystemVue [2].

Библиотека 3G W1916 для САПР SystemVue

3G W1916 содержит эталонные алгоритмы для проектирования физического уровня тракта модулирующего сигнала, которые взаимодействуют с генераторами и анализаторами сигналов Agilent, а также с системами автоматизированного проектирования ВЧ-устройств. Она уже включает поддержку CDMA, CDMA2000, W-CDMA и HSPA.

Библиотека для сотовой связи 2G/3G W2364

2G/3G W2364 является компонентом САПР Agilent Advanced Design System, предназначенным для предварительной проверки на соответствие стандартам ВЧ и аналоговых схем на основе моделей. Эту библиотеку можно использовать для измерения эффективности передатчиков, расширения спектра усилителей мощности, характеристик приемников и для общего ускорения процесса проверки разрабатываемых устройств.

Программное обеспечение Signal Studio

N7600B Signal Studio для 3GPP W-CDMA FDD представляет собой компьютерную программу, упрощающую создание сигналов произвольной формы, соответствующих стандарту 3GPP W-CDMA. Это ПО работает с векторными генераторами сигналов ESG, PSG, PXG и с генератором модулирующих сигналов и эмулятором канала PXB компании Agilent.

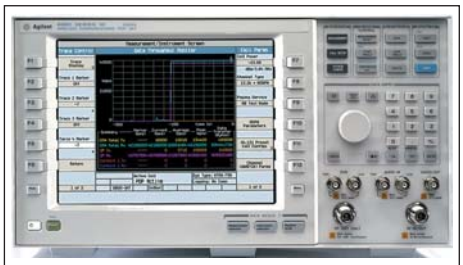


Рисунок. Анализатор сигналов

Для тестирования компонентов ПО N7600B может генерировать сигналы восходящего и нисходящего каналов W-CDMA, HSPA и HSPA+, конфигурации физического уровня которых полностью соответствуют стандарту.

Для тестирования приемников базовых станций ПО N7600B генерирует сигналы восходящего канала с канальным кодированием W-CDMA, HSPA и HSPA+, включая гибкие последовательности HARQ и CQI для тестирования двухбазовых и MIMO конфигураций.

Для тестирования приемников абонентского оборудования ПО N7600B генерирует сигналы нисходящего канала с канальным кодированием W-CDMA и HSDPA и включает готовые конфигурации RMC и H-Set 1-5.

Векторный анализ сигналов

Программное обеспечение 89600B VSA, предназначенное для анализа сигналов, поддерживает новые функции редакций 7 и 8, включая MIMO и анализ передачи в восходящем канале для обслуживающей базы двухбазовой конфигурации, предоставляя отчеты о декодировании сигналов Ack/Nack и CQI.

Решение для тестирования беспроводной связи 8960

Обновленная система 8960 (E5515E) поддерживает соединения DC-HSDPA для всех определенных категорий HS-DSCH, поддерживающих DC-HSDPA: 21, 22, 23 и 24. Поддерживается как режим тестирования FDD (без сигнализации), так и подключения к активной базе DC-HSDPA (рисунок). В активной базе поддерживается режим тестирования RB (с сигнализацией) и информационные подключения PS DC-HSDPA. Максимальная скорость передачи данных для подключений DC-HSDPA составляет 42 Мбит/с в нисходящем и 11 Мбит/с в восходящем канале. Обслуживающая база и вторичная обслуживающая база генерируют смежные каналы шириной 5 МГц в любом диапазоне, с которым работает 8960, — с I по XIV и с XIX по XXI. Монитор скорости передачи данных и измеритель HSDPA BLER предоставляют отчеты о результатах для обслуживающей базы, вторичной обслуживающей базы и их комбинации. Для тестирования 3GPP TS 34.121-1 поддерживаются все новые H-наборы, определенные для применения с DC-HSDPA. Дополнительная информация об этих и других решениях приведена в [3]. ■

Литература

1. www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/34_series/34.121-1/34121-1-a10.zip
2. www.agilent.com/find/eesof-systemvue-earlyaccess.
3. www.agilent.com/find/HSPA

НОВОСТИ

Промышленный 2G/3G/4G-роутер с двумя SIM-картами

Компания Robustel сообщает о выходе R3000 — промышленного 2G/3G/4G-роутера с двумя SIM-картами, который предназначен для приема/передачи данных по сотовым сетям в M2M-системах.

Отличительные особенности устройства:

- двойное резервирование SIM для непрерывной сотовой связи, поддерживает 2G/3G/4G;
- метод антенного разделения (Antenna diversity) для улучшения производительности передачи;
- два Ethernet-порта, которые могут быть настроены как 2 LAN или 1 LAN–1 WAN (поддерживает беспроводной WAN и резервирование по проводному WAN);
- 1×RS232, 1×RS485, один консольный порт, два цифровых входа и два выхода, один высокоскоростной USB до 480 Мбит/с;
- шесть индикаторов LED для отражения статуса в сети и интенсивности сигнала (RSSI);
- диапазон входного напряжения 12–70 В;
- диапазон рабочих температур –40…+70 °C.

Металлический корпус выполнен с возможностью крепления на DIN-рейку или к стене, а также оснащен дополнительным заземлением.

Устройство поддерживает сетевые протоколы PPP, PPPoE, TCP, UDP, DHCP, ICMP, NAT, DMZ, RIP, OSPF, DDNS, VRRP, HTTP, HTTPs, а также VPN-туннелирование (IPSec/OpenVPN/PPTP/L2TP клиент/сервер, GRE, DMVPN) и Modbus/RTU в Modbus/TCP.

По сигналам SMS можно выполнять «пробуждение» устройства из спящего режима, автоматическую перезагрузку и удаленное конфигурирование. Те же действия могут быть выполнены по расписанию, в заранее указанное время суток. Программное обеспечение устройства может осуществляться через веб-интерфейс.

Сферы применения R3000: банкоматы и вендинг; системы солнечной и ветровой энергии; Distribution Automation; автоматическое считывание показаний измерительных приборов; промышленная автоматизация; IP-видеонаблюдение; управление удаленными устройствами.

www.euromobile.ru

Международный конгрессно-выставочный проект

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ И УСЛУГИ

24-25 апреля 2013
VII Международный форум по спутниковой навигации

WWW.GLONASS-FORUM.RU

Международная выставка
НАВИТЕХ-2013
24-26 апреля

WWW.NAVITECH-EXPO.RU

НАВИГАЦИЯ В ВАШЕ БУДУЩЕЕ

Организаторы форума: ПроКонф; ГЛОНАСС/ГНСС Форум

Организатор выставки: ЭКСПОЦЕНТР МОСКВА

Стратегический экспертный партнер: телематика

Официальный информационный партнер: ГЛОНАСС

Экспертный партнер: GPS-CLUB

реклама

реклама

16+

СВЯЗЬЭКСПОКОММ МОСКВА

ufi Approved Event

25-я международная выставка
телекоммуникационного оборудования,
систем управления, информационных
технологий и услуг связи

СВЯЗЬ-ЭКСПОКОММ

14–17.05.2013

www.sviaz-expocomm.ru

Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр»

ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

Министерство связи
и массовых
коммуникаций РФ

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

Министерство
промышленности
и торговли РФ

EJK

ДРУГАЯ ТЕХНОЛОГИЯ?
ПРОСТО ВЫБЕРИТЕ ДРУГОЙ xE910!

Унифицированный форм-фактор гарантирует максимальную гибкость в применении модулей передачи данных

UMTS | HSPA+
Семейство HE910

Один из представителей xE910, модуль HE910 - самый миниатюрный модуль стандарта HSPA+, работающий в пяти наиболее широко используемых диапазонах по всему миру - 850/900/1700/1900/2100 МГц. В дополнение к этому, модуль работает и в 2G сетях GPRS/EDGE в четырех диапазонах. Поддерживается класс 33 EDGE. В 2013 году появится также и двухдиапазонная версия HE910 для использования в странах, где традиционно применяется CDMA, что позволит работать в более перспективном стандарте HSPA+.

UMTS | HSPA
Семейство UE910
В разработке.

Модуль UE910 - двухдиапазонный вариант, работающий в стандарте HSPA. Особенностями этого модуля являются поддержка аналогового звука и SIM карт в формате микросхемы (SIM chip), что расширяет возможности применения модулей серии xE910.

GSM | GPRS
Семейство GE910

Модуль GE910 выпускается в двух вариантах: GE910-QUAD - 4-диапазонный GSM/GPRS модуль и GE910-GNSS - недорогой совмещенный модуль, поддерживающий как работу в GSM/GPRS сетях, так и определение координат по спутникам GPS и ГЛОНАСС.

CDMA | 1xRTT
CE 910- DUAL

CDMA | EVDO
DE 910- DUAL

Двухдиапазонные модули DE910 1xEV-DO и CE910 1xRTT рассчитаны на работу в CDMA сетях и позволяют быстро адаптировать имеющийся дизайн изделия на работу в новых условиях.

28.2 x 28.2 x 2.2 мм | ОДИН РАЗМЕР | ОДИН ФОРМ-ФАКТОР | ЕДИНЫЙ НАБОР AT КОМАНД

Официальный дистрибьютор Telit в России

ATOMA

- техническая поддержка
- сопровождение проектов
- складская программа

тел.: (812) 441-23-31
факс: (812) 600-93-43
http://www.atoma.spb.ru

Telit® wireless solutions
Making machines talk.®

QUAKE GLOBAL NAVSYNC taoglas TRANSYSTEM INC. GEOSTAR

реклама