

Андрей Архипкин
Andrey.Arkipkin@kedah.ru

Андрей Кириленко
Andrey.Kirilenko@kedah.ru

Сравнительный анализ перспективных систем абонентского радиодоступа на базе технологии DS-CDMA

Сегодня использование беспроводного оборудования для подключения абонентов представляет выгодную альтернативу общепринятой проводной технологии, так как позволяет быстрее разворачивать сеть и значительно снижает затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание. Кроме того, в пользу выбора беспроводной технологии на участке «последней мили» говорит невозможность или сравнительная дороговизна прокладки новых кабельных сетей при изношенности и плохом качестве существующего кабельного хозяйства, а также стационарность кабельных решений.

Введение

Современные технические разработки позволяют решать широкий спектр вопросов, связанных с созданием сетей абонентского радиодоступа¹, обеспечением высококачественными услугами связи абонентов различных категорий.

При выборе системы абонентского радиодоступа обычно исходят из нескольких типовых задач, которые решаются с помощью таких систем:

- предоставление услуг связи или доступа в Интернет;
- построение территориально-распределенных корпоративных беспроводных сетей;
- организация магистральных каналов для передачи данных и телефонии.

На потребительском уровне современные системы абонентского радиодоступа должны характеризоваться следующими преимуществами и особенностями:

- предоставление услуг с качеством, сравнимым с проводным подключением, включая возможность использования модема и факса;
- возможность предоставления услуг в районах, не имеющих линейно-кабельной сети, а также в регионах, где производство земляных работ затруднено и экономически не оправданно;
- возможность быстрого разворачивания и наращивания системы;
- возможность подключения абонента по цифровому интерфейсу;

- возможность централизованного управления системой.

Несомненно, прибыльное использование огромного потенциала оборудования абонентского радиодоступа требует внимательного изучения технико-экономических характеристик, вопросов развертывания сети, знания тонкостей, связанных с радиораспределением. Выбор оборудования становится в этих условиях непростой задачей, требующей анализа его технических параметров.

Почему DS-CDMA?

Принцип технологии множественного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA) [1] заключается в расширении спектра исходного информационного сигнала. При этом обеспечивается высокая степень защиты от активных и пассивных помех, что позволяет работать при низких значениях отношения сигнал-шум со значительно меньшей мощностью передаваемого сигнала.

Наиболее широкое распространение получили CDMA-системы с расширением спектра, которое заключается в распределении информационных сигналов по широкой полосе частот. В DS-CDMA-системе каждой абонентской станции выделяется своя уникальная псевдослучайная кодовая последовательность, отличающая ее от других и одновременно используемая для повышения помехоустойчивости и обеспечения безопасности. В передатчике узкополосный информационный сигнал умножается на эту псевдослучайную N-символьную последовательность. В эфире такой сигнал занимает полосу частот, значительно превышающую по ширине полосу частот исходного узкополосного сигнала. При этом использование шумоподобных сигналов с высокой тактовой частотой приводит к тому, что исходный узкополосный сигнал «размазывается» в широкой полосе и становится меньше уровня шума.

В приемнике исходный сигнал восстанавливается с помощью такой же псевдослучайной последовательности (обратная операция). Любые другие сигналы, отличные от исходного, поступающие на данный приемник, воспринимаются как шум.

Технология DS-CDMA нашла применение в средствах связи благодаря таким тактико-техническим характеристикам, как помехозащищенность и помехоустойчивость, неподверженность интерферен-

¹Под термином «доступ» понимается сетевой доступ, имеющий массовый характер. Радиомодемные соединения типа «точка-точка», а также радиорелейные линии связи не обеспечивают массовый характер подключений.

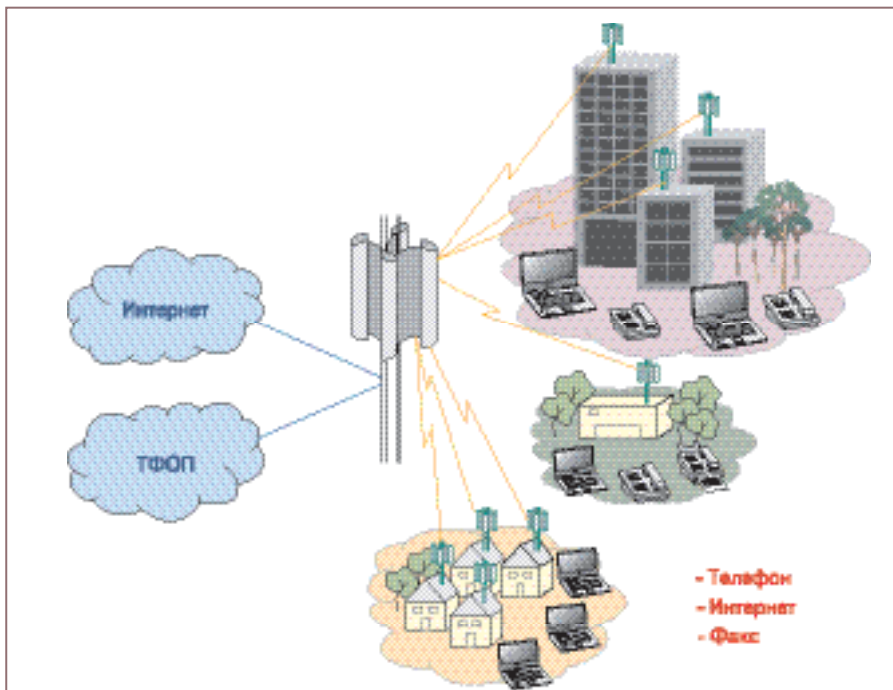


Рис. 1. Обобщенная схема сети абонентского радиодоступа



Рис. 2. Варианты частотно-пространственного планирования

ционными воздействиями и перехвату, низкие уровни радиоизлучений и надежность связи, возможность работы в режиме многолучевого распространения, практические трудности с обнаружением, что удовлетворяет требованиям скрытности и защиты от несанкционированного доступа к передаваемой информации.

Принципы построения сети и особенности оборудования

Система абонентского радиодоступа предназначена для организации беспроводных сетей с архитектурой «точка-многоточка» и обеспечения интегрированного сервиса: телефонии и высокоскоростного доступа в Интернет. В общем случае архитектура систем фиксированного радиодоступа соответствует организации сотовых сетей с территориально-распределенным покрытием. Образующим элементом соты является базовая станция (БС) с круговой диаграммой покрытия. Круговая диаграмма может быть разбита по азимуту на сектора. Как правило, каждый сектор обслуживается устройством БС как таковым и направленной антенной с секторной диаграммой. Таким образом, подобные системы обладают таким важным качеством, как легкая расширяемость и масштабируемость.

Соединения между БС различных сот выполняются с помощью технологий проводного (чаще всего оптические линии связи) или беспроводного доступа (радиорелейные либо радиомодемные линии связи).

Обобщенная схема сети абонентского радиодоступа представлена на рис. 1.

В случае использования нескольких БС, работающих в пересекающихся зонах обслуживания, становится необходимым частотно-пространственное планирование системы.

Возможности пространственного планирования определяются используемыми антеннами. Возможные варианты частотно-пространственного планирования системы представлены на рис. 2, где $f_1 - f_6$ — значения несущих частот в каждом секторе.

Значения несущих частот в соседних пространственных секторах должны быть различными, так как на границах секторов происходит перекрытие зон диаграмм направленности антенн. Так, например, для случая а) можно выбрать следующие соотношения частот: $f_1 = f_3 = f_5$, $f_2 = f_4 = f_6$, $f_1 \neq f_2$.

При частотно-пространственном планировании системы дополнительно необходимо учитывать рельеф местности, поскольку возможно появление переотраженных лучей от аппаратуры,

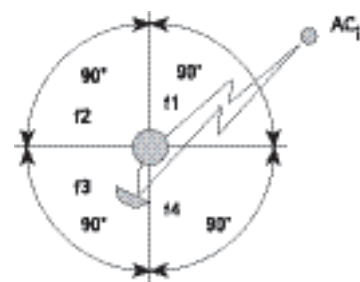


Рис. 3. Влияние отражающих поверхностей:
 $f_1 = f_3$ — пример неверного частотного планирования;
 $f_1 \neq f_3$ — пример правильного частотного планирования

работающей в других пространственных секторах на той же несущей частоте. Такие переотраженные лучи определяются характеристиками отражающих поверхностей.

Пример частотно-пространственного решения системы для варианта местности, когда есть одиночная отражающая поверхность вблизи места расположения базовых станций, представлен на рис. 3.

Для наиболее эффективного пространственного планирования целесообразно использовать цифровые карты местности развертывания системы и специализированное программное обеспечение, позволяющее осуществлять радиопланирование.

Абонентские станции (АС) предназначены для обслуживания отдельных групп абонентов. Устройства АС имеют внешнюю направленную антенну, которая может быть прикреплена к стене дома или установлена на крыше. Как правило, АС имеют различные пользовательские интерфейсы. Для телефонии используются абонентские линии (FXS) либо цифровой интерфейс E1. Для передачи данных — Ethernet, Frame Relay с синхронным интерфейсом, ISDN. Клиентское оборудование (телефонные аппараты, факсимильные аппараты, модемы) подключается к разъемам (интерфейсам) абонентской станции.

В большинстве цифровых систем абонентского радиодоступа для кодирования речи используется либо импульсно-кодовая модуляция речи (ИКМ) со скоростью передачи 64 кбит/с (стандарт ITU-T G. 711), либо адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (АДИКМ) со скоростями передачи 40, 32, 24 и 16 кбит/с (стандарт ITU-T G. 726).

Импульсно-кодовая модуляция речи обеспечивает преобразование речи со скоростью 64 кбит/с по μ -закону и А-закону. В обоих этих методах для достижения 12–13-битного качества РСМ на 8 битах используется логарифмическое сжатие. Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция — метод аналого-цифрового преобразования, при котором по каналу связи передается не абсолютное значение амплитуды квантованного сигнала, а разность между его текущим и предыдущим значениями.

Системы DS-CDMA: сравнительный анализ

Системы абонентского радиодоступа DS-CDMA, будучи принципиально одинаковыми с точки

Т а б л и ц а . Сравнение систем AsterPlex, AirLoop и AirSpan 4020

	AsterPlex	AirLoop	AirSpan 4020
Диапазон частот	3,4–3,6 ГГц; 5,1–5,9 ГГц	3,6–4,0 ГГц	1,8 – 4 ГГц (в разрешенных диапазонах)
Дальность связи	До 30 км	В городских условиях: 2,5 км. В пригородах: 4 км. В сельской местности: 6 км	В городских условиях: 2–5 км. В пригородах: 5–10 км. В сельской местности: 15–25 км
Максимальная пропускная способность базовой станции	4,096 Мбит/с	2,048 Мбит/с	1–17 Мбит/с (динамически меняется в зависимости от загрузки сети)
Число одновременно работающих АС в секторе	Для выделенных каналов 128 кбит/с – 25 АС; для голосового сервиса – доступ по типу р-Aloha, то есть количество абонентов зависит от требуемого качества соединения	БС обеспечивает до 460 телефонных каналов (4 сектора, 115 каналов в каждом)	Макс. 480 абонентских терминалов на РЧ-канал
Полоса сигнала	5 МГц	10 МГц	1,25–6 МГц (задается программным образом)
Кодирование речи	PCM, ADPCM: 16, 32, 64 кбит/с	PCM, ADPCM: 16, 32, 64 кбит/с	PCM, ADPCM: 16, 32, 64 кбит/с
Интерфейсы	Для АС: 8 телефонных портов 16 кбит/с, либо 4 телефонных порта 32 кбит/с, либо 2 телефонных порта по 64 кбит/с с возможностью подключения факса и модема, либо Ethernet 128 кбит/с + телефон 16 кбит/с. Ethernet 10Base-T, RS-232. Для БС: E1 (G.703/G.704), Ethernet 10/100Base-T	Для АС: 8 телефонных портов 16 кбит/с, либо 2–4 телефонных порта 32 кбит/с, либо 2 телефонных порта 64 кбит/с с возможностью подключения факса и модема. Коммутируемый доступ в Интернет до 56 кбит/с (V.90) или ISDN 64/128 кбит/с при цифровой передаче данных	Для АС: 4 телефонных порта. Для БС: E1/T1, Ethernet 10/100Base-T
Дуплекс	FDD	FDD	FDD
Число пространственных секторов	От 1 до 6	От 1 до 4	От 1 до 4
Выходная мощность	Макс. 0,3 Вт для БС и АС	Макс. 3 Вт для БС, Макс. 250 мВт для АС	Макс. 2 Вт для БС и АС
Чувствительность приемника	-96 дБм для БС -112 дБм для АС	Нет данных	-112 дБм для БС -116 дБм для АС
Температурный режим эксплуатации (°С)	Для внутреннего модуля: +5...+40 Для внешнего модуля: -40...+60	Нет данных	Для внутреннего модуля: -5...+45 Для внешнего модуля: -40...+60
Сертификация	Сертификат соответствия №ОС/1-РД-226, Сертификат соответствия №ОС/1-РД-230 Министерства Российской Федерации по связи и информатизации	Сертификат соответствия № ОС/1-РД-72 Министерства Российской Федерации по связи и информатизации	Нет данных

зрения используемой в них технологии шумоподобного сигнала, тем не менее имеют ряд различий с точки зрения универсальности их ТТХ, возможностей сервиса и применения, а также гибкости.

Для наглядного анализа проведем сравнение наиболее ярких представителей систем абонентского радиодоступа DS-CDMA.

С точки зрения возможностей и сервиса авторы считают целесообразным рассмотреть и сравнить по потребительским и эксплуатационным характеристикам три системы абонентского радиодоступа на базе технологии DS-CDMA:

- AsterPlex российской компании «Кедах Электроникс Инжиниринг» [2];
- AirLoop компании Alcatel-Lucent (разработка Lucent Technologies) [3];
- AirSpan AS4020 компании AirSpan Networks [4].

В таблице приведено сравнение этих трех систем по ряду ключевых параметров.

Рассмотренные системы абонентского радиодоступа позволяют строить сети связи, обслуживающие до нескольких тысяч абонентов в радиусе до 30 км, в том числе в регионах с неблагоприятной для распространения сигнала географией. Данные системы имеют высокую помехоустойчивость каналов связи как к помехам со стороны других приемопередающих устройств, так и к переотражениям, возникающим из-за ландшафта или городской застройки. Они предоставляют

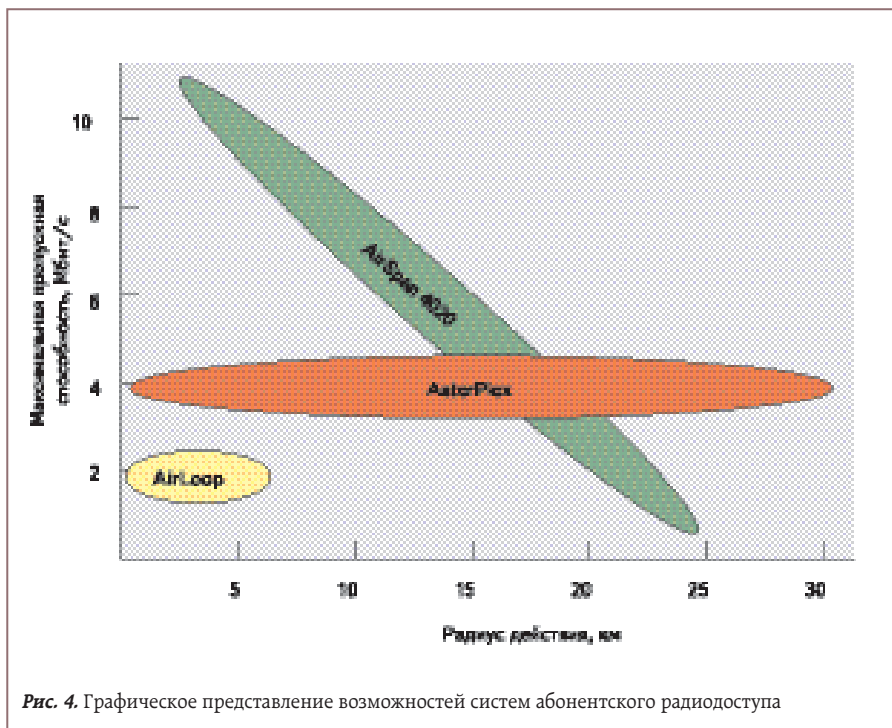


Рис. 4. Графическое представление возможностей систем абонентского радиодоступа

как чисто телефонные низкоскоростные каналы, так и выделенные каналы передачи данных со скоростью до 128 кбит/с. Ввиду того, что это выделенные абоненту каналы, реальная скорость передачи данных в канале не ус-

тупает многим широкополосным системам с декларированной пиковой скоростью более 1 Мбит/с. Конфигурирование абонентских станций по скорости передачи данных осуществляется программным способом, что позволяет

придать еще большую гибкость разворачиваемой системе по предоставляемому сервису.

Как правило, основными параметрами при сравнении систем радиосвязи являются пропускная способность и радиус действия. Для удобства сравнения на рис. 4 в графической форме представлены параметры рассмотренных систем.

Как видно из таблицы и рис. 4, система AirLoop уступает системам AsterPlex и AirSpan 4020 как по радиусу действия, так и по максимальной пропускной способности базовой станции. Максимальная пропускная способность базовой станции AirSpan 4020 существенно выше, чем у аналогов, однако она достижима лишь при минимальном радиусе действия и уменьшается при увеличении расстояния до абонентской станции². Система AsterPlex, в свою очередь, имеет максимальный радиус действия. Это объясняется тем, что разработчики AsterPlex учли географические особенности России.

Помимо рассмотренных технических характеристик оборудования, авторы считают необходимым указать на еще один фактор, специфичный для нашей страны. Дело в том, что при построении сетей абонентского радиодоступа операторы неизбежно сталкиваются с проблемой оформления частотных разрешений. Для разных типов оборудования предусмотрен свой порядок получения частотных

разрешений. Для работы в любых частотных диапазонах операторы связи должны получить достаточно сложные и многоуровневые разрешения, как частотных служб, так и служб надзора за связью. Поэтому в России главным фактором, влияющим на скорость внедрения систем абонентского радиодоступа, являются вопросы регулирования спектра. На сегодняшний день диапазоны 2,4 и 3,5 ГГц достаточно загружены, и получение разрешений для них может представлять затруднения, особенно в мегаполисах и пригородах. Наиболее перспективными с точки зрения развития систем абонентского радиодоступа являются диапазоны в районе 5,1–5,8 ГГц.

Заключение

Представленный с данной статье сравнительный анализ позволит оператору сделать выбор в пользу той или иной системы абонентского радиодоступа в зависимости от поставленной задачи. **□**

Литература

1. Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С. Системы цифровой радиосвязи. Экотрендз, 2005.
2. [w www.kedah.ru](http://www.kedah.ru)
3. [w www.lucent.com](http://www.lucent.com)
4. [w www.airspan.com](http://www.airspan.com)

²Это объясняется применением более сложных видов модуляции (КАМ-16, КАМ-64), которые позволяют увеличить пропускную способность, однако требуют большего отношения сигнал — шум на входе приемника.