

Влияние трансмиссионного оборудования

на качество связи в сотовых сетях

В статье рассмотрены причины возникновения отказов на базовых станциях сети мобильной связи. Приведены параметры оценки качества сигналов в транспортной сети, а также требования к характеристикам ошибок.

Дмитрий Ландман
landman88@rambler.ru

Введение

Все основные составляющие сети сотовой связи соединены между собой трансмиссионными линиями передачи, которые называют транспортной сетью. В ней могут использоваться различные технологии:

- ATM (Asynchronous Transfer Mode) — асинхронный способ передачи данных;
- IP MPLS (Multiprotocol Label Switching) — мультипротокольная коммутация по меткам;
- PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) — плезеохронная цифровая иерархия;
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy) — синхронная цифровая иерархия;
- xDSL (Digital Subscriber Line) — цифровая абонентская линия.

Основными индикаторами неисправности трансмиссионного оборудования в сетях мобильной связи являются аварии — нарушение работы оборудования или его полное отключение. Мониторинг аварий производится с помощью специального программного обеспечения, позволяющего отследить текущее состояние оборудования (рис. 1). Анализ статистики аварий помогает не только оперативно устранять неисправности, но и принимать решения по определению причин их возникновения.

Помимо общего списка аварий на том или ином оборудовании, предусмотрен удаленный доступ непосредственно к самому элементу, за счет чего можно получить подробные данные о его состоянии, существующих авариях, ошибках в канале, а также просмотреть подробную историю по состоянию устройства за несколько дней или месяцев.

В настоящее время наблюдается резкое повышение скорости передачи данных в сетях мобильной связи, и качество обслуживания абонентов во многом определяется емкостью и надежностью транспортной сети, чье развитие и оптимизация являются очень важными задачами. Производители трансмиссионного оборудования дают некоторые рекомендации по эффективному анализу и устранению причин аварий, инженерные службы компаний-операторов тоже создают собственные методы усовершенствования работы оборудования. Однако для принятия адекватных решений по оптимизации необходимо рассматривать проблему появления ошибок в транспортной сети в целом. В данной статье рассмотрены параметры оценки качества сигнала в транспортных сетях различной физической природы и предложена методика оценки влияния трансмиссионного оборудования на работу базовых станций и качество связи (рис. 1).

1	USTLUGA-MEZHNIKI	8096	EXCESSIVE ERROR RATE	2011-12-10 01:33:16	
28	DN2_GATCHRUS-5	8081	LOSS OF FRAME ALIGNMENT	2011-12-10 01:33:01	
4	FIXPETRALUMGATCH	8240	ACTIVE ALARM POINT	2011-12-10 01:30:10	
102	TORFEBULAT-TORFKP	8186	CONFIGURATION ERROR	2011-12-10 01:04:12	Vyborg
2	BOLSHOVOR-DYMI	8099	RECEIVED BIT ERROR RATIO (BER) > 1E-3	2011-12-09 20:36:11	
2	KOLTUSHI-KADYANI	8064	ALARM SIGNAL (AIS) IS RECEIVED	2011-12-09 19:42:38	
1	KOLTUSHI-KADYANI	8060	NO INCOMING RADIO SIGNAL	2011-12-09 19:42:38	
5	NIIARTIKI_FXC	8126	UNIT FUNCTION DEGRADED	2011-12-09 18:26:17	
1	PODBOROV-DYMI	8150	FAULT IN UNIT	2011-12-09 16:57:50	
2	POVOLODARKA-ANN	8048	LOSS OF INCOMING SIGNAL	2011-12-09 16:28:42	
2	ANNINO-POVOLODA	8048	LOSS OF INCOMING SIGNAL	2011-12-09 16:28:37	
2	PETROBOYUZD_FXC	8086	LOSS OF CRC MULTIFRAME ALIGNMENT	2011-12-09 15:35:43	Sinop

Рис. 1. Копия отображения текущего состояния оборудования с экрана компьютера

Возможные причины простоя БС. Причины возникновения ошибок в канале

Для сотового оператора простой базовой станции (БС) выливается в большие финансовые потери. В связи с этим для оперативного устранения аварий необходимо понимать, каковы причины простоя БС, как их выявить и как оперативно устранить проблему.

Итак, отказы в БС происходят по следующим причинам:

- неисправности оборудования БС;
- неисправности оборудования АФУ (антенно-фидерных устройств);
- неисправности трансмиссионного оборудования;
- неисправности электропитания;
- неисправности систем микроклимата;
- проведения плановых работ;
- форс-мажорные обстоятельства (вандализм и т. д.).

По причинам 1, 4, 5 чаще всего в самой БС происходят аварии, которые можно наблюдать в программах мониторинга сети. Что касается остальных причин, для их выявления требуется тщательный анализ — траблшутинг (решения проблемы, задачи).

В статье мы остановимся на рассмотрении отказа БС, вызванного неисправностью трансмиссионного оборудования.

Параметры оценки качества сигнала. Влияние наличия ошибок на работу БС

Ключевые параметры оценки качества сигнала описаны в двух основных рекомендациях ITU-T — G.821 и G.826.

Рекомендация G.826, одобренная ITU-T в 1993 году, «Параметры и нормы ошибок международных цифровых соединений на скорости выше первичной» описывает определение ошибок цифровых соединений:

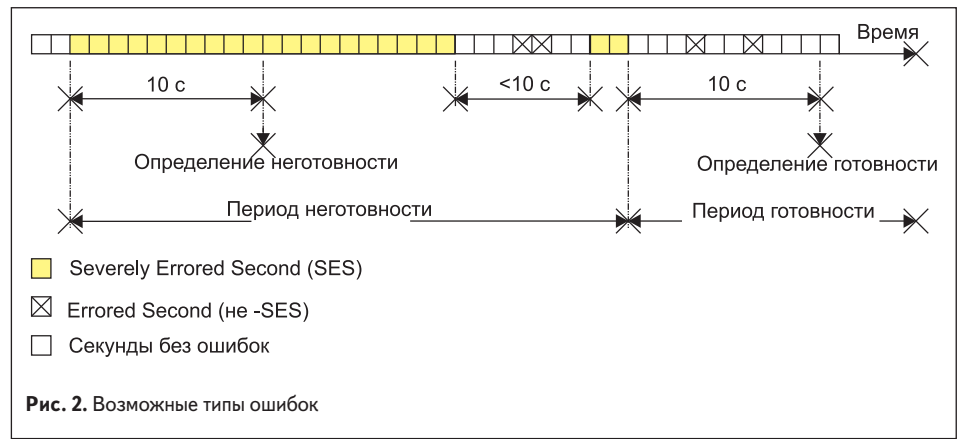
- во время нормальной эксплуатации;
- на скоростях 1544 кбит/с, 2048 кбит/с и выше;
- в сетях с использованием технологий SDH и ATM.

Важнейшими требованиями к методам обнаружения ошибок цифрового сигнала являются универсальность, экономичность и точность. Универсальность означает применимость метода к любому цифровому сигналу, экономичность — эффективное использование дополнительной пропускной способности, ключевое же требование — несомненно, высокая точность.

В рекомендации G.826 определены три типа блочных ошибок:

- ES (Errored Second) — секунда с ошибками, содержащая хотя бы один блок с ошибками.
- SES (Severely Errored Second) — секунда с многочисленными ошибками, содержащая $\geq 30\%$ блоков с ошибками или по крайней мере один период с серьезными нарушениями соединения SDP (Severely Disturbed Period).

SDP наблюдаются, если появляются так называемые дефекты, по-разному определяемые



в PDH- и SDH-системах, а также при асинхронной передаче ATM. К этой категории принадлежат пропадание сигнала (Loss of Signal — LOS), потеря цикловой синхронизации (Loss of Frame — LOF) или прием сигнала индикации аварийного состояния (Alarm Indication Signal — AIS). При измерениях с выводом из эксплуатации опознается SDP, если частота ошибок в течение времени тестирования составляет $\geq 10^{-2}$.

- BBE (Background Block Error) — блок с фоновой ошибкой (блоки с ошибками, которые не принадлежат секундам со значительными ошибками SES).

В рекомендации G.826, как и в G.821B, применяются три относительных параметра блочных ошибок:

- ESR (errored second ratio) — относительная величина секунд с ошибками, это отношение секунд с ошибками ко всем секундам в течение времени наблюдения тракта.
- SESR (severely errored second ratio) — относительная величина секунд со значительными ошибками, это отношение секунд со значительными ошибками ко всем секундам в течение времени наблюдения тракта.
- BBER (background block error ratio) — относительная величина фоновых блочных ошибок, это отношение блоков с фоновыми ошибками ко всем блокам, за исключением блоков, входящих в секунды со значительными ошибками, в течение времени наблюдения тракта.

Нужно иметь в виду, что при расчете всех трех параметров учитывается только время, в течение которого система передачи находится в состоянии готовности. Система считается неготовой с того момента времени, после которого имеют место 10 последовательных секунд с сильными ошибками SES. Согласно тому же определению, система передачи вновь возвращается в состояние готовности, если по крайней мере в течение 10 последовательных секунд ошибок не наблюдается или это ошибки не SES. Рис. 2 иллюстрирует возможные типы ошибок.

Требования к характеристикам ошибок

Требования к характеристикам ошибок определяются из конца в конец для международного цифрового гипотетического эталонного тракта длиной 27 500 км по данным Рек. G.826 (08/96) (табл. 1).

Для оценки трактов виртуальных контейнеров транспортной сети SDH в терминах блоков с ошибками, по данным расчетов ВР, принимается следующее:

- размер блока равен размеру цикла (сверхцикла) (табл. 2);
- блок отмечается как блок с ошибками, если отмечено хотя бы одно нарушение при сравнении ВР-источника и ВР-стока в функции завершения стока тракта.

Таблица 1. Требования к характеристикам ошибок

Скорость передачи, Мбит/с	1,5-5	>5-15	>15-55	>55-160	>160-3500
Размеры блоков, биты/блок	800-5000	2000-8000	4000-20 000	6000-20 000	15 000-30 000
ESR	0,04	0,05	0,075	0,16	
SESR	0,002				
BBER	2×10 ⁻⁴				10 ⁻⁴

Таблица 2. Размеры блоков для контроля характеристик трактов SDH

Скорость в тракте SDH, кбит/с	Тип тракта	Размер блока в соответствии с Рек. G.826 (08/96), биты/блок	Размер блоков трактов SDH, Рек. G.826 (08/96), биты/блок	Код детектора ошибок EDC
1664	VC-11	800-5000	832	ВР-2
2240	VC-12	800-5000	1120	ВР-2
6848	VC-2	2000-8000	3424	ВР-2
48 960	VC-3	4000-20 000	6120	ВР-8
150 336	VC-4	6000-20 000	18 792	ВР-8
m × 6848	VC-2-мс		3424	m × ВР-2
34 240	VC-2-5с	6000-20 000	17 120	ВР-2
601 344 000	VC-4-4с	15 000-30 000	75 168	ВР-8

Заметим, что проверка по VIP-2 не дает вероятности обнаружения ошибки большей, чем 90%.

Для оценки состояний трактов введены понятия аномалий и дефектов. Условия аномалий в обслуживании используются, чтобы определить характеристики ошибок тракта SDH, когда тракт не находится в состоянии дефекта. Например, блок с ошибками EB, определенный с помощью кода детектирования ошибок EDC, — это аномалия. Условия дефекта в обслуживании применяются для определения изменения характеристик тракта. Если обнаружен дефект, то отмечается секунда со значительными ошибками.

Количество блоков с ошибками в течение одной секунды может быть подсчитано как количество циклов (сверхциклов), в которых в кодовых словах VIP-*n* источника и стока при их сравнении имелось любое количество нарушений. Процедуры внутреннего контроля VIP-*n* позволяют получить в функции завершения стока тракта или секции количество нарушений в кодовых словах VIP-источника и стока от нуля до *n*, тогда количество блоков с ошибками в течение одной секунды может быть подсчитано по формуле:

$$E \times P,$$

где *E* — количество блоков с ошибками в период измерения, *P* — количество индивидуальных паритетных нарушений в период измерения.

Применение такого способа подсчета блоков с ошибками возможно в трактах с процедурами

ми VIP-2 и VIP-8. Полный набор параметров характеристик в трактах SDH включает:

- секунда с ошибками (ES). ES наблюдается, когда в течение одной секунды происходит одна аномалия или один дефект (для определения ES как события фактическое количество блоков с ошибками в течение одной секунды несущественно);
- секунда со значительными ошибками (SES). SES наблюдается, когда в течение одной секунды отмечается *x* блоков с ошибками как аномалии или один дефект, где значение *x* составляет 30% от количества блоков в секунду и называется порогом для определения секунды с ошибками как секунды со значительными ошибками;
- фоновая блочная ошибка (BBE). BBE наблюдается, когда отмечаются блоки с ошибками как аномалии в течение времени, не принадлежащего SES.

Критерии оценки качества обслуживания оборудования

Показатели качества обслуживания оборудования БС

Для оценки качества обслуживания оборудования базовых станций определяются следующие показатели:

- Коэффициент технического использования ($K_{т.ис}$) совокупности однородных объектов — TRx. Коэффициент технического использования ($K_{т.ис}$) совокупности однородных объектов (TRx) определяется как отношение суммарного времени безаварийного функционирования всех однородных объектов фрагмента сети

(TRx) (региона, компании в целом) за отчетный период к общему (календарному) времени наблюдения (отчетный период), умноженному на количество всех однородных объектов (TRx) фрагмента сети *N*.

Для коэффициента технического использования $K_{т.ис}$ приняты три порога оценки:

- $K_{т.ис} < 0,995$ — неудовлетворительное значение;
- $0,995 \leq K_{т.ис} \leq 0,998$ — удовлетворительное значение;
- $K_{т.ис} > 0,998$ — хорошее значение.

- Общее время простоев оборудования, отнесенное к количеству оборудования (этот показатель рассчитывается отдельно для БС и TRx).

Мониторинг трансмиссионного оборудования проводится операторами сотовой связи и жестко регламентируется. Существуют критерии оценки качества обслуживания оборудования, которые пригодны в том числе и для трансмиссионного оборудования. Целесообразно описание методов, позволяющих повысить качество обслуживания. ■

Литература

1. ITU-T Recommendation G.805 (11/95). Generic functional architecture of transport networks.
2. ITU-T Recommendation G.826 (08/96). Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate.
3. Кулева Н. Н., Федорова Е. Л. Телекоммуникационные сети синхронной цифровой иерархии. Учебное пособие / СПбГУТ. — СПб, 2000.