

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ISDN

Эволюция сетевых технологий передачи данных до сих пор значительно отстает от темпов внедрения компьютерных технологий. В основном это объясняется отсутствием единой транспортной среды для организации сетей передачи данных и сложностью интеграции в нее различных служб связи. Построение такой транспортной среды на основе технологии наложенной сети передачи данных или сети АТМ вряд ли будет реализовано в ближайшем будущем, так как технология АТМ слишком дорога для широкомасштабного внедрения. Тандем ISDN/Frame Relay позволяет сегодня решать эту задачу на уровне операторов УТЕЛ, «Укрпак» и др.

Особенностью настоящего этапа развития технологии ISDN (Integrated Service Digital Networks) в Украине является переход от опытного внедрения этой технологии к коммерческой эксплуатации. В результате возникла необходимость обобщения опыта эксплуатации ISDN, анализа проблем внедрения этой технологии. Особенно это касается навыков настройки сети, связанных с поиском противоречий в работе устройств, методологией измерений в ISDN.

**Постановка задачи.** Рассмотреть проблемы развития системы измерений в ISDN.

**Система измерений в технологии ISDN.** Структура ISDN включает основные доступы: базовый и первичный. Базовый доступ (Basic Rate Interface – BRI) предусматривает предоставление пользователю двух каналов по 64 кбит/с (каналов В) и одного канала D 16 кбит/с для передачи сигнализации, а также передачи данных – X.25. Первичный доступ (Primary Rate Interface – PRI) предусматривает предоставление пользователю 30 каналов по 64 кбит/с и одного канала сигнализации D 64 кбит/с (соответственно BRI (2B+D) и PRI (30B+D)).

Доведение цифрового потока до пользователя в ISDN реализуется посредством существующего абонентского (обычно электрического двухпроводного) кабеля. Подключение к этому кабелю осуществляется в так называемой стандартной точке или интерфейсе U. В случае, если затухание сигнала в интерфейсе U превышает нормы, отвечающие требованиям использования этого канала в ISDN, для усиления сигнала вводятся специальные устройства регенераторы (RGEN), а сетевое окончание (NT) соединяет канал U с аппаратурой пользователя (TE) через шину S (рис. 1). Понятие шины вводится, поскольку в общем случае в интерфейсе S могут подключаться до восьми TE. Для сопряжения с цифровой аппаратурой пользователя используются терминальные адаптеры (ТА), подключаемые к интерфейсу S и обеспечивающие взаимодействие с аппаратурой по интерфейсу R, который совпадает с различными интерфейсами каналов передачи данных (V.24, X.21, V.35, RS449 и т.д.).

Необходимо учитывать, что ИТУ-Т провел стандартизацию только интерфейса S. Интерфейс R не стандартизирован, поскольку по нему подключаются цифровые устройства и терминалы передачи данных, стандартизация которых частично охвачена рекомендациями серии V. Интерфейс U также не стандартизирован, однако в последнее время в мире имеется три типа таких интерфейсов, различающихся протоколами линейного кодирования:

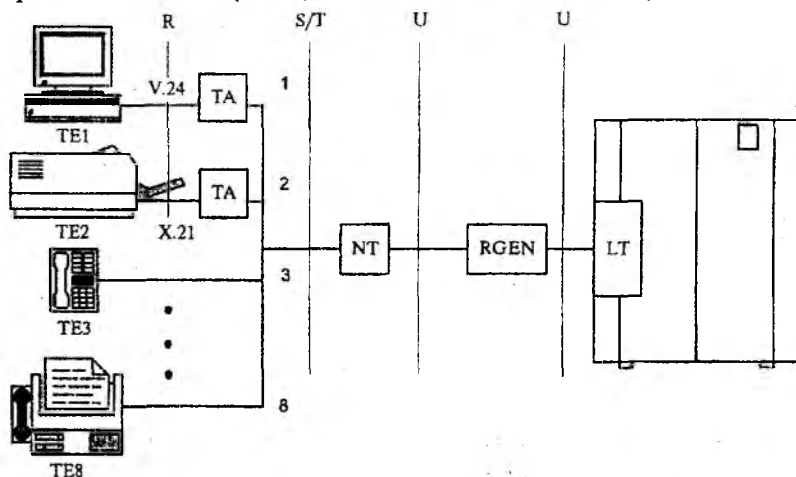


Рис. 1

2B1Q, 4B3T и UpO. Из этих интерфейсов наибольшее распространение в Украине получил код 2B1Q. Код UpO используется только в АТС Nicom-300 фирмы Siemens. Код 4B3T в Украине пока не используется. Существует две реализации интерфейса 2B1Q, связанные с различным подходом к принадлежности NT. В европейской практике NT принадлежит оператору связи, поэтому было сформулировано решение с обеспечением передачи питания NT по линии U. Европейская версия поставляется такими производителями, как Alcatel, Siemens, Italtel, Ericsson, а американская версия – главным образом, Lucent Technology.

Алгоритм организации измерений в BRI ISDN представлен на рис. 2. Как видно из схемы, для анализа BRI выполняются три группы измерений: предынсталляционные измерения, автоматические эксплуатационные тесты и комплекс измерений по поиску неисправностей в структуре базового доступа ISDN.

Первым этапом является проведение *предынсталляционных измерений*. Как указывалось выше, основная задача ISDN состоит в организации доступа пользователей по цифровым каналам с использованием существующих абонентских кабелей. В связи с этим возникает проблема выбора такого абонентского кабеля для предоставления услуг ISDN. Как уже отмечалось, существующий абонентский кабель используется для организации обмена между NT и LT (интерфейс U). Физические характеристики кабеля могут значительно влиять на параметры цифровой передачи по BRI. Поэтому предынсталляционные измерения особенно важны на этапе выбора из пучка абонентских кабелей соответствующего требованиям использования его в ISDN. Основными измерениями предынсталляционного тестирования является тональное тестирование канала по модифицированной спецификации на каналы ТЧ. Перед развертыванием абонентской ISDN обычно возникает необходимость в проведении ряда измерений на аналоговых каналах существующей сети с целью определения возможности использования кабеля для предоставления услуг ISDN. Эти измерения касаются как интерфейса S, так и интерфейса U, однако измерения физических параметров интерфейса U оказываются наиболее важными, поскольку именно этот интерфейс в технологии ISDN использует существующий абонентский кабель.

Все измерения этой группы формально могут быть отнесены к паспортизации абонентского кабельного хозяйства. Например, обычно в технических условиях и рекомендациях по подключению терминального оборудования ISDN указываются требования к абонентским кабелям (витой паре) на соответствие определенной категории (для ISDN обычно категории 5). Однако, учитывая что в полной мере эти требования на существующих отечественных кабельных сетях не выполняются, рассмотрим измеряемые параметры абонентских кабелей и их влияние на функционирование ISDN.

Измерения физических параметров каналов базового доступа ISDN выполняются в соответствии с модифицированной спецификацией измерений каналов ТЧ. Применительно к базовому доступу ISDN параметры, влияющие на качество связи в интерфейсах S и U, существенно различные и должны рассматриваться отдельно.

В случае, если предынсталляционные измерения дают отрицательный результат, необходимо повторить их со следующим кабелем и так далее до тех пор, пока не будет найден кабель, отвечающий всем требованиям для BRI ISDN (рис.1).

После выбора абонентского кабеля и установки оборудования ISDN необходимо проведение тестов по анализу качества предоставляемых услуг ISDN. Для этого выполняются *автоматические эксплуатационные тесты*, которые сводятся к имитации работы абонента в сети. К автоматическим тестам относятся:

- анализ физических параметров шины S и интерфейсов S и U;
- сервисный тест, в котором проверяется, все ли услуги, определенные по ТУ, поддержаны;
- поканальный тест, в котором проверяется возможность предоставления услуг ISDN по обоим трафиковым каналам В;

- графический тест, в котором проверяется возможность использования абонентом двух каналов В одновременно;
- тестирование трафиковых каналов по параметру ошибки методом локального шлейфа или в режиме «точка-точка»;
- анализ дополнительных видов обслуживания.

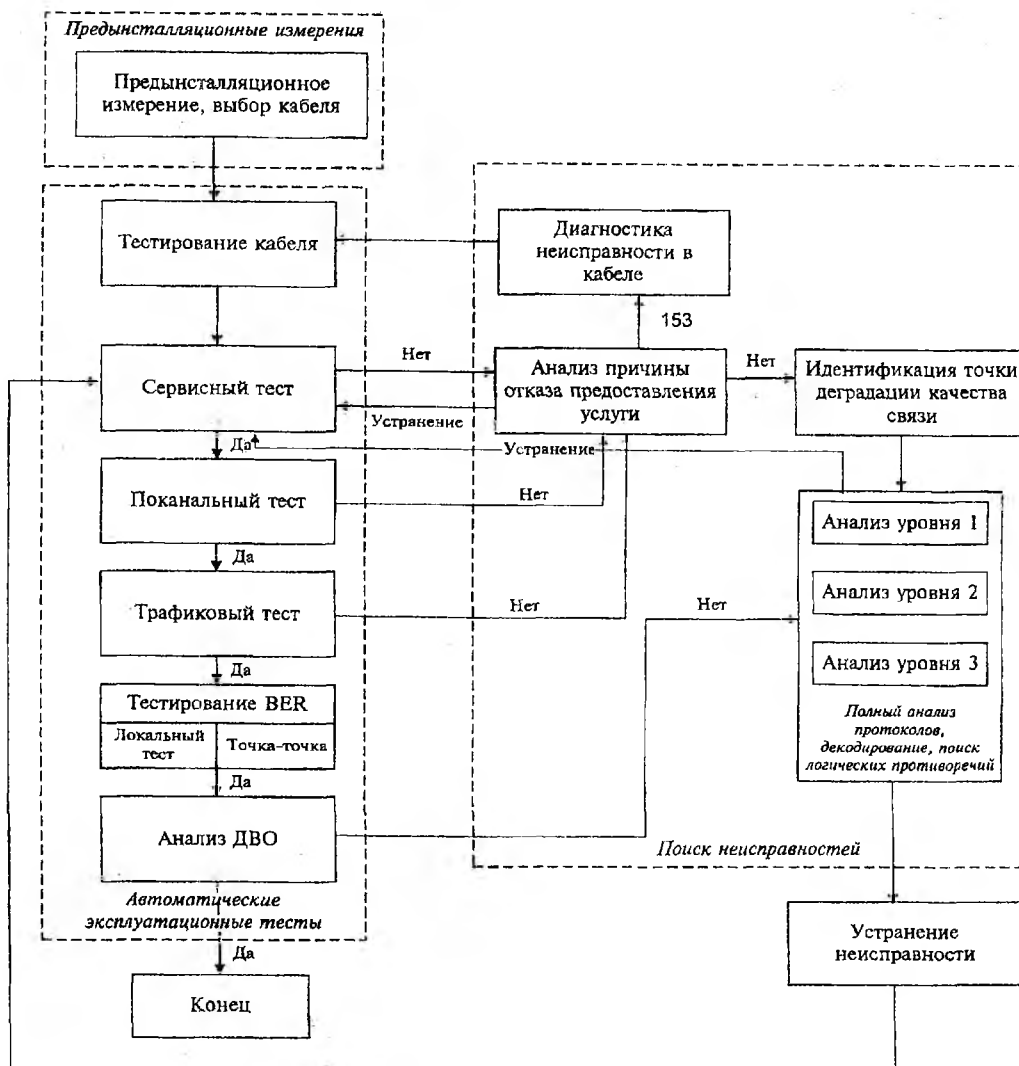


Рис. 2

Автоматические эксплуатационные тесты связаны с анализом работы абонента в ISDN. Поэтому обычно для выполнения измерений этой группы используются анализаторы с имитацией работы абонента.

В случае прохождения всех тестов можно гарантировать качественное предоставление услуг ISDN, в то время как непрохождение тестов может быть обусловлено различными причинами. Так, непрохождение сервисного теста может произойти из-за физических дефектов и логических противоречий устройств [1]. В случае выявления нарушения активации физического уровня (CAUSE = 153) требуется дополнительная диагностика кабеля. Непрохождение поканального и трафикового тестов обычно связано с логическими противоречиями в работе устройств и может быть выявлено в ходе анализа протокола. В этом случае требуется поиск неисправностей в структуре базового доступа. Кроме этого, непрохождение трафикового теста и большое значение параметра ошибки могут быть обусловлены физическими характеристиками кабеля.

Если для проведения автоматических эксплуатационных тестов обычно используются простые тестеры ISDN, то измерения, связанные с поиском неисправности в структуре базового

вого доступа, требуют детального анализа протокола взаимодействия между различными устройствами BRI. Для этого необходимо не только проводить измерения физических параметров, но и выполнять полный анализ протокола сигнального обмена BRI. Эта группа измерений наиболее сложна при обслуживании ISDN, требует высокой квалификации персонала и большого опыта. Оперативный поиск и устранение неисправностей BRI включают сначала анализ причины отказа предоставления услуги по таблице стандартных кодов, а затем идентификацию точки нарушения соединения (интерфейс S или U) и анализ возможных нарушений сигнального обмена на основе данных декодирования протоколов. Этот анализ осуществляется на всех трех уровнях сигнального обмена. Поиск неисправностей на основе анализа протокола объективно сложен и требует самых мощных анализаторов протоколов ISDN.

На рис. 3 показан алгоритм организации измерений первичного доступа – PRI.

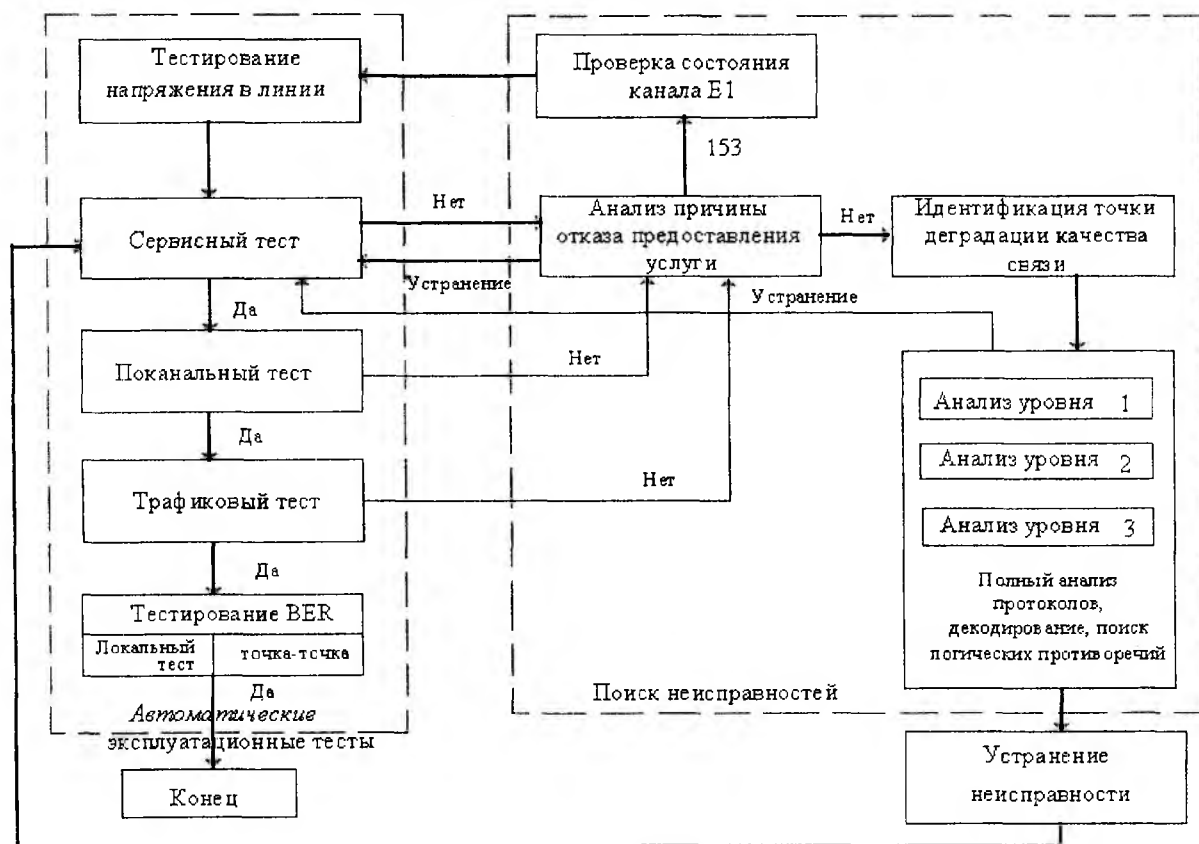


Рис. 3

Отличительными особенностями этих измерений являются:

- отсутствие группы предынсталляционного тестирования, поскольку в роли его выступает анализ потока E1;
- большая длительность проведения автоматических эксплуатационных тестов, поскольку PRI имеет 30 трафиковых каналов с необходимостью проведения в полном объеме поканального и трафикового тестов;
- в отличие от BRI непрохождение трафикового теста может быть связано с нарушениями работы коммутационных устройств и не зависит от параметров физического уровня;
- в силу структуры протокола PRI анализ первого уровня протокола Q.921 не производится;
- использование высокоскоростного канала D обычно усложняет процедуру анализа протокола, поскольку высокая скорость исключает анализ протокола в режиме реального времени;
- анализ дополнительных видов обслуживания в PRI не производится.

Еще одним важным моментом являются измерения, связанные с анализом работы различных приложений ISDN (использование ISDN в сетях передачи данных, для объединения LAN и т.д.). В этом случае спецификация измерений аналогична описанной выше, основным вопросом является определение точек организации измерений.

Отдельной группой является группа имитационных измерений в ISDN, которые относятся не к эксплуатационным, а скорее к системным. Имитационные измерения включают:

- измерения трафиковой имитации сетевого уровня, обеспечивающие анализ процессов обслуживания трафика сетью ISDN;
- измерения, связанные с имитацией кабелей, используемых в ISDN; эти измерения служат для анализа работы различных устройств в ISDN в зависимости от параметров кабеля.

**Анализ протоколов BRI и PRI ISDN.** Измерения, требуемые для контроля качества предоставляемой услуги ISDN, достаточно стандартны и могут быть формализованы с высокой степенью приближения. Если автоматические эксплуатационные тесты дают положительные результаты, нет надобности проводить более детальный анализ работы BRI и PRI ISDN. Однако в случае обнаружения неисправности или ухудшения качества связи необходимо проводить измерения, связанные с анализом протоколов BRI и PRI ISDN. Эта группа измерений не может быть формализована, тем не менее можно описать некоторые подходы к их организации.

Стандартизация протоколов ISDN началась только в последнее время, что и определяет большое разнообразие протоколов базового доступа. Следует отметить, что ряд протоколов является разработками фирм-производителей АТС (например, CorNet). Развитие стандартизации протоколов базового доступа некоторое время наталкивалось на нежелание фирм-производителей ориентироваться на единые протоколы, поскольку внутренние протоколы фирм обеспечивали большую спецификацию услуг.

Наибольшее распространение получили следующие протоколы BRI ISDN: EDSS1 (ETSI), ITR6 (Telenorma), VN3 (распространен во Франции), CorNet (Siemens), TN1R6, NI-1 (распространен в США), BTNR 191. В процессе стандартизации из всего многообразия протоколов для сетей общего пользования выделился протокол EDSS1 (Euro-ISDN), одобренный к использованию на ТФОП Украины. При этом ведомственные сети ISDN могут успешно использовать внутрифирменные протоколы.

Анализ протоколов является основным видом измерений в ISDN, что обусловлено рядом причин, из которых можно выделить следующие:

- наличие большого числа разнородных цифровых устройств в сети базового доступа требует постоянного анализа возможных противоречий при работе их друг с другом;
- технология ISDN является не до конца отработанной, поэтому требует особенно тщательного изучения, настройки и контроля при работе;
- наличие большого числа протоколов базового и первичного доступа и вариантов их реализации требует контроля полной или частичной сопрягаемости по протоколам для сквозной поддержки услуг ISDN.

Необходимость анализа протокола, реализованного в устройствах ISDN, очевидна. Так, достаточно представить заказчика, который звонит оператору и спрашивает, почему на цифровом телефоне периодически пропадает сигнал или почему с его видеоконференц-терминала устанавливается соединение с одним абонентом, а с другим не устанавливается. Ответить на подобные вопросы без анализа протоколов невозможно.

Известен ряд подходов к анализу протоколов, использующих как методы активного тестирования по схеме «воздействие-отклик», так и методы пассивного мониторинга протокола. Целью анализа протоколов является локализация точки ухудшения качества предоставляемой услуги ISDN, обнаружение причины ухудшения, обычно связанной с логическими противоречиями в работе устройств и, как следствие, уровня протокола, на котором имеет место

противоречие. Таким образом, анализируется работа всех устройств абонентского доступа и всех уровней протокола.

### Методика пошагового тестирования и мониторинга протоколов

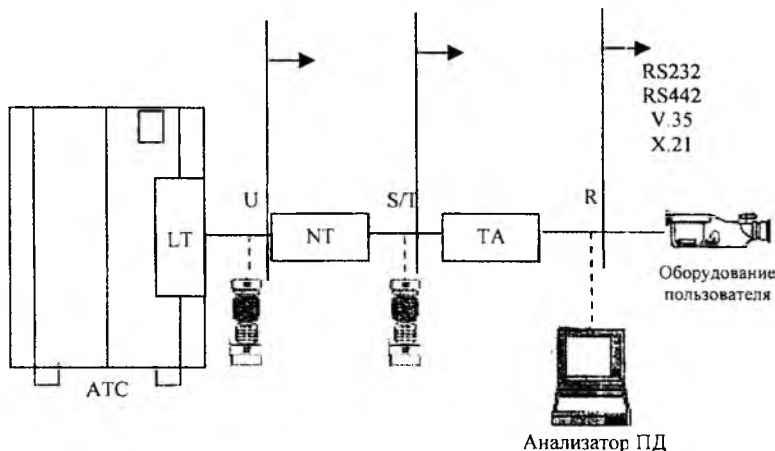


Рис. 4

**Методика пошагового тестирования с отключением абонентской части.** Этот наиболее распространенный метод анализа протоколов представлен схематически на рис. 4. Измерения начинаются с отключения NT и подключения тестера (анализатора) по интерфейсу U с последующим анализом протокола и битовых ошибок – BER интерфейса U по схеме «точка-точка». Затем NT подключается, а тестер включается на правах терминала в шину S и производятся те же измерения по схеме «точка-точка» или по шлейфу. Далее для анализа работы приложений оборудование пользователя отключается в точке R (точка за терминальным адаптером обычно стандартный интерфейс передачи данных) и подключается анализатор каналов передачи данных для измерений по BER (поскольку в точке R нет поддержки протокола) [3].

Дополнением к методике могут служить измерения с отключением станционной части в точке S. При этом тестер имитирует функции NT в сторону терминалов и, таким образом, можно проанализировать работу всех устройств в шине S (абонентского участка) по алгоритму имитации анализатором различных устройств ISDN (рис. 5).

Для измерений по методике с отключением абонентской части тестеры ISDN должны обладать возможностью имитации TE и NT, причем обычно реализуется имитация NT как в сторону линейного окончания – LT, так и в сторону TE (рис. 5).

В случае выявления неисправности использование имитационных функций тестеров обеспечивает быструю локализацию логических неисправностей и нарушений работы устройств типового тракта ISDN. Так, в режиме имитации NT тестер определяет неисправности в тракте АТС – NT или NT – TE, в режиме имитации TE – всего тракта LT – NT.

Неудобством методики с отключением абонентской части является необходимость косвенного анализа и пошаговой локализации участка нарушения работы. Например, при нарушении работы регенератора необходимо сначала проверить работу канала в точке подключения NT, затем в точке подключения регенератора.

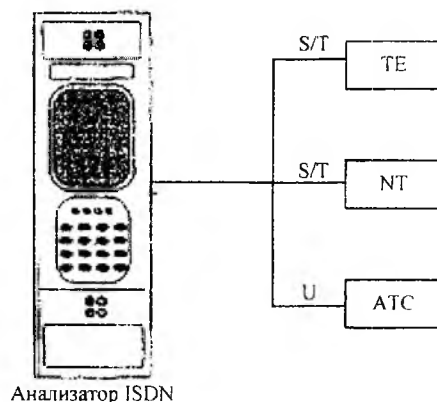


Рис. 5

В случае, если первые измерения покажут ухудшение качества, а вторые – нормальные условия, то это может означать либо нарушение работы регенератора, либо его недостаточную мощность. Более точный анализ по описанной методике невозможен [1].

**Методика пошагового тестирования с замещением устройств.** Этот метод в целом аналогичен описанному выше, однако при измерениях в этом случае производится отключение устройств типового тракта и подключение вместо них анализатора (рис. 5).

Удобством этой методики является то, что, во-первых, тестируемый тракт не изменяется (устройства не отключаются), что обеспечивает анализ в максимально близких к реальным условиям работы, и, во-вторых, недостатки описанного выше метода полностью устраняются. Так, в случае нарушений работы регенератора при замене его на тестер тракт начинает работать в нормальных условиях и делается вывод о необходимости замены регенератора. Если же после замены регенератора на тестер тракт по-прежнему работает с нарушениями, делается вывод о некорректном использовании регенератора на линии (например, недостаточной мощности регенерации, нарушениях физических параметров канала и т.д.).

Недостатком метода является необходимое усложнение в структуре тестеров. Для проведения измерений тестер должен иметь два интерфейса U (для анализа работы регенераторов), а также иметь возможность передавать цифровой поток с интерфейса U на интерфейс S через тестер с конвертацией протокола [1].

**Методика пассивного мониторинга протокола.** Описанные ранее методы использовали активное тестирование протокола BRI, так как анализатор протокола имитирует работу одного из устройств или участка цепи BRI. Пассивный мониторинг протокола исключает влияние анализатора на сигнальный обмен BRI. Для эксплуатационного мониторинга работы тракта базового доступа анализатор протоколов ISDN может подключаться к типовому тракту ISDN параллельно без нарушения связи или в разрыв. Этот метод удобен в эксплуатации для обнаружения логических противоречий в работе устройств, поскольку не влияет на реальный обмен в канале, однако не обеспечивает полный анализ реализованного протокола базового доступа и поэтому не применяется при проведении автоматических эксплуатационных тестов.

Схемы включения анализаторов протоколов для интерфейсов S и U различны. Для пассивного мониторинга протокола по интерфейсу S используются схемы параллельного включения анализатора в линию (рис. 6) или включение в разрыв шины S (рис. 7). Параллельное включение в шину S требует T-образного кабеля. Это соединение эквивалентно высокоомному включению в канал. Включение анализатора в разрыв шины S позволяет использовать его для мониторинга протокола без нарушения уровня сигнала в шине,

Пассивный мониторинг протокола по интерфейсу U может быть реализован только по схеме включения анализатора протокола в разрыв абонентской линии. Жесткие требования к напряжению и току в интерфейсе U не позволяют использовать схему параллельного включения в канал. Алгоритм мониторинга представлен на рис. 8.

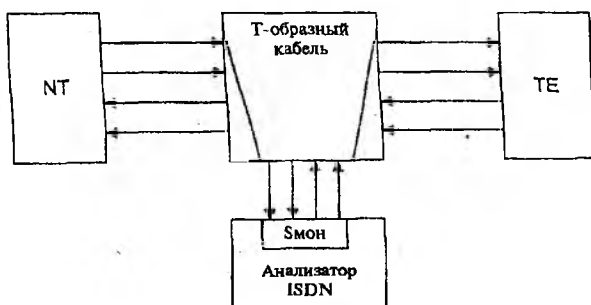


Рис. 6.

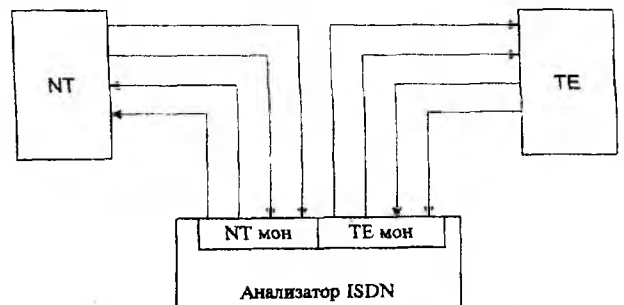


Рис. 7

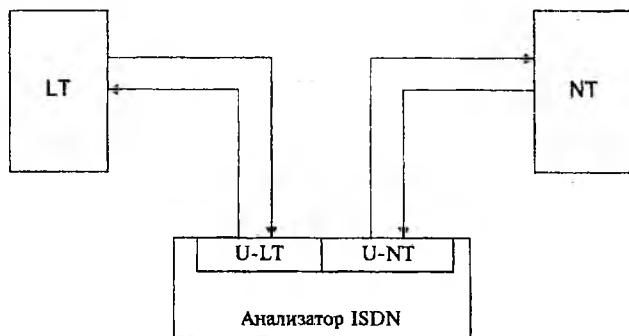


Рис. 8

**Трассировка протокола. Виды трасс.** Основным результатом анализа протокола ISDN являются трассы протоколов. Трасса протокола представляет собой запись во времени сигнальных сообщений, проходящих через точку включения.

Трассы различаются по степени декодирования протокола. Существует три типа трасс: простые трассы, трассы промежуточной детализации и детализированные трассы [1].

Простая трасса не дает возможности декодировать сообщения и осуществлять поиск логических противоречий в протоколе, однако она является компактным представлением сигнального обмена, которое может помочь найти ту часть трассы, которая, вероятно, содержит в себе логическое противоречие. В этом случае данная часть трассы может быть изучена при помощи более детального декодирования второй и третьей ступени детализации.

Полный анализ протоколов BRI и PRI проводится с помощью детализированных трасс для с побитовой декодировкой сообщений.

Как уже говорилось, существует несколько типов трасс с различной степенью детализации. Для поиска логических противоречий при сигнальном обмене обычно используются все типы трасс. Поиск логического конфликта при обмене сообщениями протокола сводится к двум основным задачам:

- локализация точки логического конфликта в структуре протокола;
- установление причины конфликта.

Локализация точки логического конфликта является важной задачей анализа протокола. Она связана с определением зоны трассы, где предположительно находятся данные о причине конфликта. Поиск этого участка происходит, как правило, с помощью простой трассы.

Поиск логического конфликта сигнального обмена обеспечивает алгоритм, представленный на рис. 9. Выбранная часть трассы может быть достаточно большой и содержать большой объем избыточной информации. Поэтому для работы с трассой используются различные фильтры обработки информации, описываемые ниже.

**Фильтры по уровням.** Если в процессе анализа причины разрушения соединения выдвигается предположение, на каком уровне протокола имеет место противоречие, остальные уровни могут быть исключены из рассмотрения этим фильтром.

**Фильтры по сообщениям.** Например, предполагается, что конфликт содержится в обмене сообщениями SETUP и CALL PRO и связан с некорректным подтверждением принятия сообщения SETUP. В этом случае вся остальная информация, относящаяся к первому и второму уровням и другим сообщениям третьего уровня, может быть исключена из рассмотрения этим фильтром.

**Фильтры по номеру соединения.** Для BRI этот фильтр не столь существенен, как для PRI, где при использовании одного сигнального канала может параллельно устанавливаться сразу несколько соединений. За каждым соединением закрепляется свой номер (CRV), по которому фильтр может выбрать сообщения, связанные только с этим соединением.

Набор фильтров PRI имеет следующие отличия от наборов фильтров BRI:

- поскольку в PRI нет процессов активации/деактивации интерфейса, фильтры первого уровня отсутствуют;
- добавляется фильтр по сообщениям, связанным с одним из разговорных каналов (чтобы, например, показать всю сигнальную информацию, связанную с каналом B12);
- особое значение приобретают фильтры по CRV, поскольку сигнальный обмен по PRI имеет характер нескольких параллельных процессов установления/разрушения соеди-

нения; для выделения последовательности сообщений, связанных с одним соединением, необходимо использовать фильтр по CRV[2].

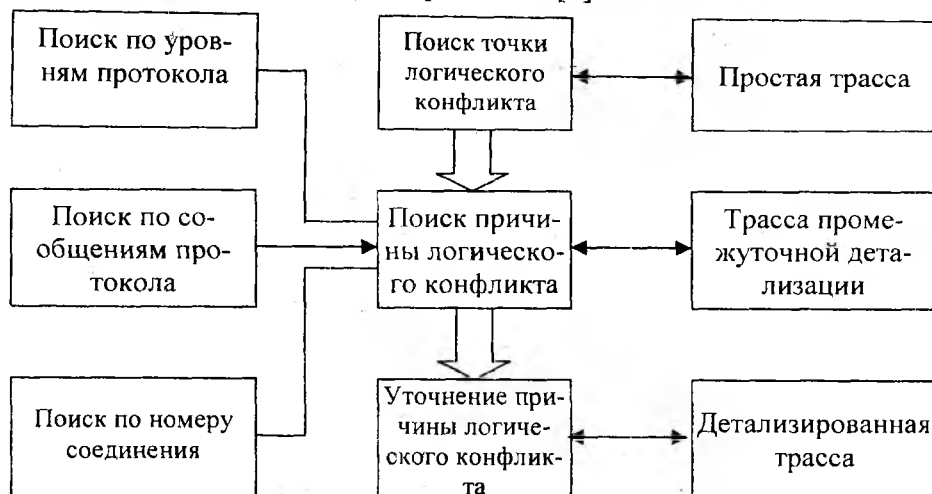


Рис. 9

Типовые и задаваемые пользователем сценарии тестов. В последнее время при организации эксплуатационных измерений получила распространение практика использования различных сценариев проведения тестов. Такие сценарии (scripts) обычно представляются пользователем в виде алгоритма или программы на языке программирования высокого уровня. До последнего времени возможности создания собственных сценариев тестов были реализованы в системном измерительном оборудовании, предназначенном для лабораторного анализа протоколов. Однако в последнее время эти возможности оказываются реализованными в эксплуатационных приборах.

В отечественной практике использование сценариев нашло широкое применение при приемосдаточных испытаниях. Действующие в настоящее время методики приемосдаточных испытаний каналов BRI и PRI предусматривают довольно обширную спецификацию тестов. Хотя методики не стандартизированы, однако часто используются как руководство по организации испытаний. Поэтому задание собственных сценариев комплексных тестов позволяет получить значительный выигрыш во времени проведения приемосдаточных испытаний с учетом требований, которые предъявляются к тестовому оборудованию [3, 4].

### Выводы:

1. Данная статья ориентирована на практические вопросы измерений и должна помочь техническим специалистам при обслуживании ISDN.
2. Приведенные в статье основные методы организации измерений в ISDN являются уникальными и разработаны на основе анализа тех задач и возможных ситуаций, которые могут встретиться при обслуживании ISDN.
3. Второй отличительной особенностью статьи является обсуждение вопросов анализа протоколов ISDN и практика использования различных сценариев и алгоритмов проведения тестов, что открывает широкие возможности перед эксплуатационным анализом протоколов.

**Список литературы:** 1. Бакланов И.Г. ISDN и Frame Relay-M: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000, 185 с. 2. Бакланов И.Г. Тестирование и диагностика систем связи. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001, 264 с. 3. Колинько Т. Измерения в цифровых системах связи. К: Век+, Киев НТИ, 2002, 315 с. 4. Иванов А.Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. М.: SYRUS, 2000, 375 с.

Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 01.03.2004