

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

### Постановка задачи

Проблема повышения эффективности использования существующих и вновь создаваемых линий связи актуальна для современных предприятий связи и операторов услуг. При этом необходимо иметь методический и математический аппарат для решения следующих задач: оценка качества (пригодности) абонентских линий для внедрения Triple Play Service; оценка влияния увеличения количества действующих систем xDSL на скоростной потенциал линии связи; оптимизация сценариев внедрения Triple Play Service на базе различных технологий (ADSL2, VDSL2, FTTx и др).

Реализация новых телекоммуникационных услуг имеет ряд особенностей, среди которых выделим следующие. Современные сети доступа – это совокупность аппаратных и программных средств, проводных, беспроводных и оптоволоконных каналов связи. При неоспоримых достоинствах беспроводных и оптоволоконных каналов кабели с металлическими жилами еще долго будут оставаться основной средой доставки данных до конечного пользователя на окраинах городов и за их границами.

Создание новых линий связи, как правило оптоволоконных, требует значительных финансовых затрат, и не всегда предполагается быстрый возврат вложенных средств за счет предоставляемых телекоммуникационных услуг. Однако в настоящее время этот путь совершенствования линий связи допустим при очень коротких сроках окупаемости за счет предоставления услуг и сервисов. Потребителями могут служить жители вновь создаваемых элитных жилых домов, коттеджных городков и бизнес-центров.

Поэтому актуальной является задача анализа качества (пригодность) существующих проводных (медных) линий связи и выявление тех, которые могут использоваться на отдельных участках для предоставления современных коммуникационных услуг.

Необходимо также отметить проблему организации Triple Play Service по существующим сетям доступа с технологией ADSL2+. Это прежде всего связано с необходимостью увеличить скорость для передачи видеопотоков. При оценке требуемого скоростного потенциала xDSL соединения нужно учитывать параметры режима передачи видео, такие как тип кодирования, разрешение, частота кадров и т.д.

Типичная схема организации услуг с передачей видеопотоков представлена на рис. 1. Определим типичные параметры требуемого скоростного потенциала абонентских линий (АЛ) при передаче видео и аудио информации, для основных режимов. Для режима SD (Standard Definition TV) скоростные характеристики представлены при передаче изображения и звука представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Стандарт кодирования видео	Минимальная скорость передачи, Мбит/с (CBR)	
	Видео	Видео по запросу
MPEG-2	2.5	3.18
MPEG-4 AVC	1.75	2.1
SMPTE VC-1	1.75	2.1

Таблица 2

Стандарт кодирования	Число каналов	Минимальная скорость передачи, Кбит/с
MPEG уровень II	Моно или стерео	128
Dolby Digital (AC-3)	5.1	384
	Левая стерео пара	128
	Правая стерео пара	
AAC	Стерео	96
MP3 (MPEG-1, уровень 3)	Стерео	128

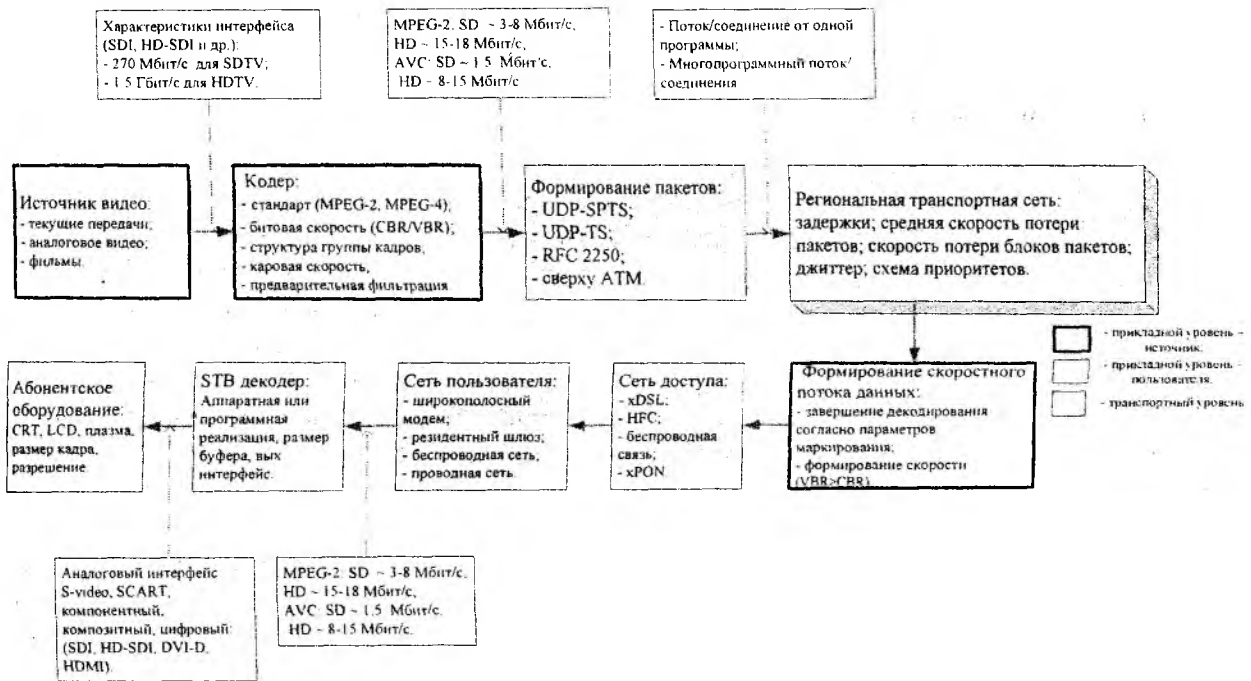


Рис. 1

Характеристики передачи видео и аудио сигналов по формату HDTV (High Definition TV) представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Стандарт кодирования видео	Минимальная скорость передачи, Мбит/с (CBR)
MPEG-2	15
MPEG-4 AVC	10
SMPTE VC-1	10

Таблица 4

Стандарт кодирования аудио	Число каналов	Минимальная скорость передачи, Кбит/с.
MPEG уровень II	Моно или стерео	128
Dolby Digital (AC-3)	5.1	384
	Левая/правая стерео пары	128
AAC	Стерео	96
MP3 (MPEG-1, уровень 3)	Стерео	128

Решать задачу оценки качества АЛ можно аналитическими методами, например, с помощью пакета xdslsimu [1], работающего в среде системы компьютерной математики MATLAB или методом имитационного моделирования с использованием программно-аппаратных комплексов. Пакет xdslsimu имеет средства оценки качества линий связи с заданными техническими характеристиками.

К сожалению, используемые в xdslsimu технические характеристики не соответствуют характеристикам применяемых в СНГ кабельных линий. Кроме этого, существующие проводные линии связи под воздействием окружающей среды и времени эксплуатации изменяют свои характеристики. Особое место в изменении характеристик занимают ремонтно-восстановительные работы кабельных систем, после «вандального воздействия хищников» цветных металлов.

В связи с этим в статье рассматривается актуальная задача разработки и тестирования методики оценки качества существующих проводных (медных) линий.

### Содержание методики

Использованию существующих абонентских линий способствует наличие огромного числа таких кабелей в существующих телефонных сетях и прогресс способов и средств высокоскоростной передачи данных. Совокупность пары с металлическими жилами в многопарном кабеле и оконечного цифрового оборудования называют цифровой абонентской линией (xDSL – Digital Subscriber Line: букву "x" добавляют для того, чтобы подчеркнуть множественность технологий построения цифровых абонентских линий).

Эффективная ширина полосы частот, используемой для создания цифровой линии, зависит от топологии участка абонентской сети и качества его элементов. Допустимые топологии линий связи (наличие определенного числа неоднородных участков, тип используемого кабеля на каждом из участков и длины этих участков) регламентируются соответствующими стандартами [2 – 4].

Для того чтобы определить «пригодность» конкретной пары для организации цифровой линии, нужно знать: топологию этой линии; определение общей длины линии; наличие неоднородных вставок; «замокание» кабеля, «разбитость» пары и наличие отводов; пропускную способность рассматриваемой пары и т.д.

Для решения задачи оценки «пригодности» конкретной пары для организации цифровой линии могут использоваться: аналитические методы; математическое моделирование; экспериментальные исследования; комбинированный метод, включающий указанные методы в определенном соответствии.

Обобщив результаты исследований, можно получить методику решения рассматриваемой задачи. Структурная схема методики представлена на рис. 2. Дадим краткую характеристику отдельных элементов этой методики.

Информационную основу методики составляет база данных, в которой хранятся и накапливаются характеристики используемых кабельных систем (абонентских линий). Заполнение базы данных осуществляется в процессе проведения измерений с помощью современных измерительных систем, например, с помощью платформы SunSet MTT с модулями тестирования абонентских линий (АЛ) xDSL в составе 25-го модуля (controller) и 26-го (responder). Схема подключения оборудования SunSet MTT приведена на рис. 3.

Измерения дают возможность получить для выбранного участка АЛ: амплитудно-частотную характеристику (АЧХ); оценку переходных помех на ближнем (NEXT) и дальнем (FEXT) концах; длительности и интенсивности импульсных помех.

На основе данной информации возможно провести оценку скоростного потенциала АЛ с различными системами xDSL. Например, для систем ADSL и VDSL с методами модуляции DMT общая модель детектирования для достижения скорости передачи данных в АЛ  $f_{bd}$  с обеспечением запаса  $m$  определяется выражением [5]:

$$f_{bd} = f_{sd} \times b = f_{sd} \times \sum_{k \in \text{tones}} load(b_k),$$

где  $f_{sd}$  – символьная скорость данных в линии при передаче информации пользователя без учета заголовков кадра,  $f_{sd} = 4000$  символов/с;  $b$  – количество бит на символ данных, которые распределены между всеми поднесущими;  $k$  – количество поднесущих или ее порядковый номер, для ADSL  $k \in [7 : 255]$ , для ADSL2+  $k \in [7 : 512]$ ;  $load$  – функция, которая определяет алгоритм загрузки бит;  $b_k$  – количество бит на поднесущую.

При отсутствии измерительной информации в базу заносятся типовые характеристики используемых кабельных систем и, в этом случае, при выборе абонентской линии возникает необходимость аналитической оценки ее характеристик с учетом времени эксплуатации. На

этом этапе целесообразно для пользователя услуг иметь несколько абонентских линий, которые будут рассматриваться при последующем анализе. Имея несколько абонентских линий и располагая требованиями к их пропускной способности в соответствии с заданной телекоммуникационной услугой, можно воспользоваться методом моделирования и оценить «пригодность» рассматриваемых линий связи.

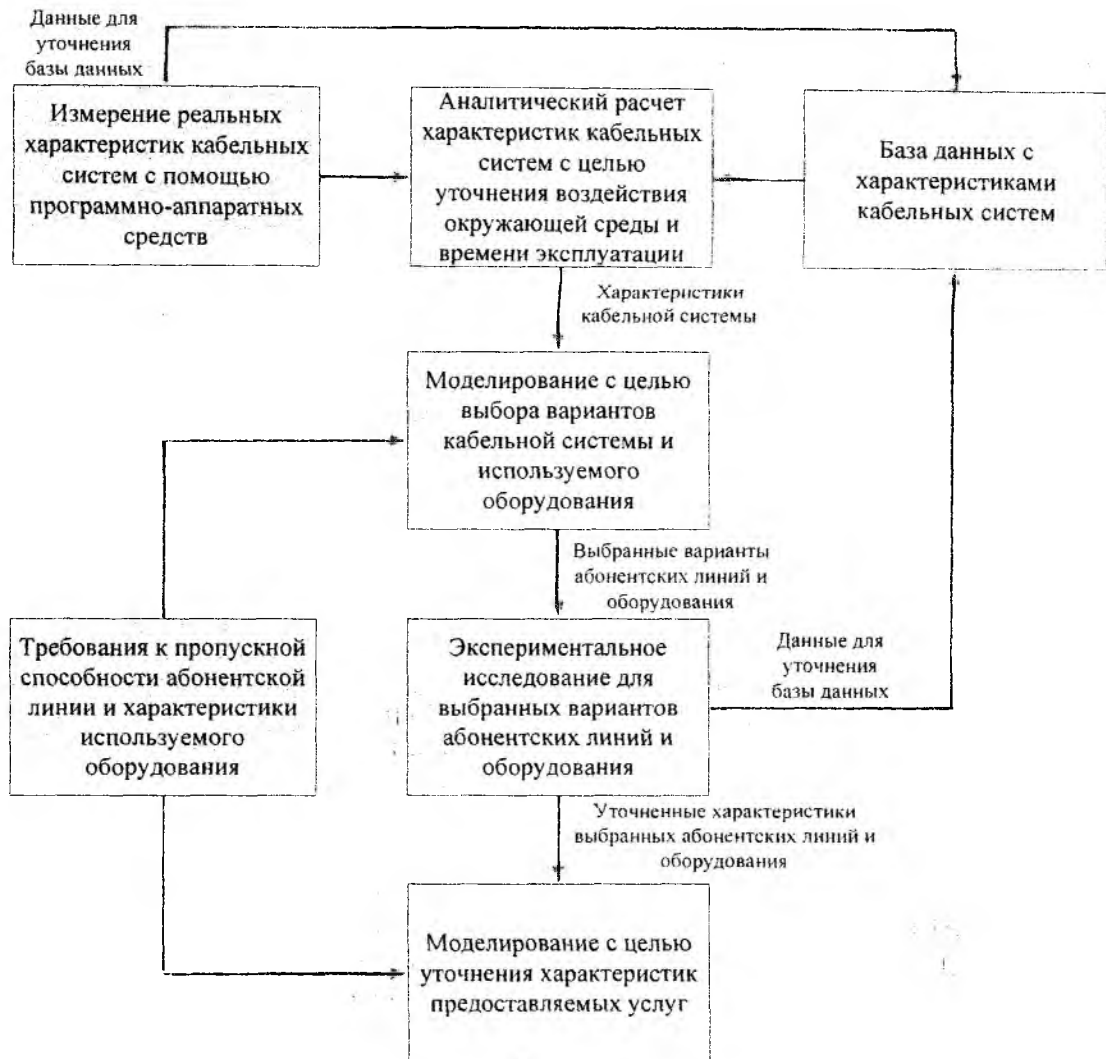


Рис. 2

При этом можно выбрать наиболее приемлемый вариант оборудования, которое обеспечит требуемое качество предоставляемой услуги. Такой подход позволяет в последующем исключить из анализа оборудование, которое не удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Третий этап связан с экспериментальным исследованием выбранных абонентских линий и оборудования. При этом уточняются характеристики абонентских линий, которые при необходимости заносятся в базу данных. Особое внимание при этом уделяется пропускной способности абонентской линии, которая в значительной степени определяет качество предоставляемой услуги.

Последний этап связан с уточнением качества предоставляемых услуг в различных условиях. Наиболее приемлем для этого метод моделирования, который позволяет создать требуемые условия и установить наиболее узкие места при предоставлении данной услуги.

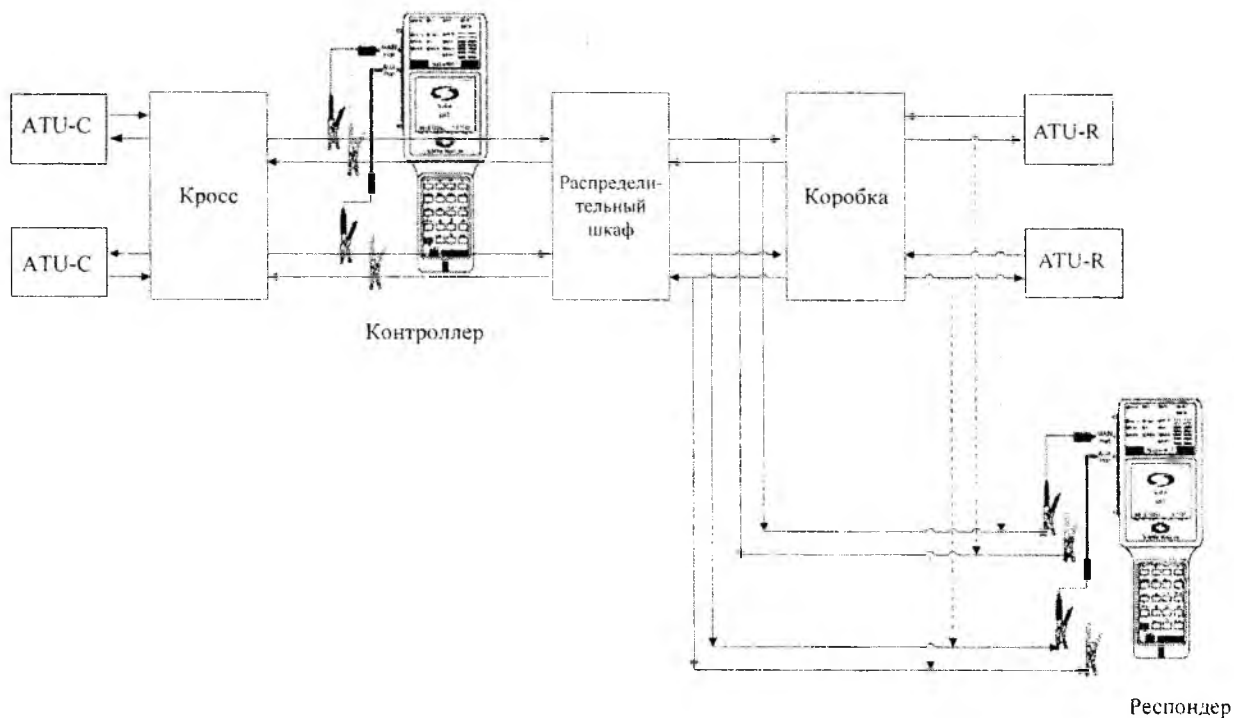


Рис. 3

### Заключение

Особенностью рассмотренной методики является комплексное использование основных методов исследования линий связи. Рассмотренный подход позволяет сократить измерительные операции и, тем самым, сократить финансовые и временные затраты в процессе предоставления услуг Triple Play Service. Одновременно сочетание экспериментальных исследований и моделирования дает возможность проверить достоверность принимаемых решений.

**Список литературы:** 1. <http://xdsl.ftw.at/xdslsimu/index.html> 2. ITU-T G.991.1. High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers. 10/1998. 159 p. 3. ITU-T G.991.3. Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers. 12/2003. 188 p. 4. ITU-T G.992.5. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers. Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+). 05/2003. 81 p. 6. Broadband Forum, Technical Report TR-126, "Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements." 13 December 2006.

Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 17.10.2009