



Этот коварный вандер

Операторы электросвязи, которые хотят сохранить ведущие позиции на рынке, считают, что без аудита качества сигнала синхронизации уже не обойтись. Наиболее сложно контролируемым параметром, характеризующим нестабильность фазы сигнала синхронизации, является вандер

Измерения параметров, характеризующих нестабильность (величину флуктуаций во времени) фазы сигнала синхронизации, является практически единственным достоверным способом ответить на вопрос, соответствует ли качество сигнала синхронизации нормам, установленным Рекомендациями ITU-T (G.810-G.813, G.823, G.825), стандартами ETSI (EN300462-1 – EN300462-7) и рядом других (далее будем называть их обобщенно «Стандарты»). Конечно, можно рассматривать альтернативу указанным измерениям: доводить дело до ухудшения качества реальной услуги, предоставляемой оператором связи конечному пользователю, а

затем в пожарном порядке пытаться разобраться в причинах. Однако даже если такое желание иногда и появляется у некоторых операторов связи, дальнейшее развитие рынка услуг электросвязи и конкуренции вынудит их не подменять плановые профилактические меры экспериментами на потребителя (в условиях развитого рынка это чревато). В данном контексте полезно отметить, что развивающийся с некоторым опережением по сравнению с отечественным российский рынок электросвязи уже осознал данный факт, и это привело к появлению еще в прошлом году ряда нормативных документов, вводящих обязательный аудит качества сигналов

синхронизации на российских сетях электросвязи. К настоящему моменту аналогичные украинские стандарты отсутствуют, но работа над ними интенсивно ведется. Так что появления таких стандартов в Украине можно ожидать в ближайшее время. Те же операторы электросвязи, которые живут не только сегодняшним днем и хотят сохранить ведущие позиции на рынке, уже не первый год ведут плановые работы как по развитию своих сетей синхронизации, так и по их метрологической поддержке.

Поскольку специалистами уже не оспаривается тот факт, что наиболее коварными и сложно контролируемыми флуктуациями фазы являются низкочастотные флуктуации (частотой менее 10 Гц), называемые обобщенно вандером, об измерениях вандера и пойдет речь в настоящей статье. В качестве иллюстраций автором использованы материалы измерений вандера на сетях украинских операторов, проводившихся в последние два-три года силами измерительной лаборатории компании «Информационные системные технологии», аккредито-

ванной в текущем году органом Госкомсвязи по аккредитации измерительных лабораторий (Одесский НИИ связи) как раз по данному направлению метрологических работ (аттестат № 01/03-ОС).

Еще раз о параметрах

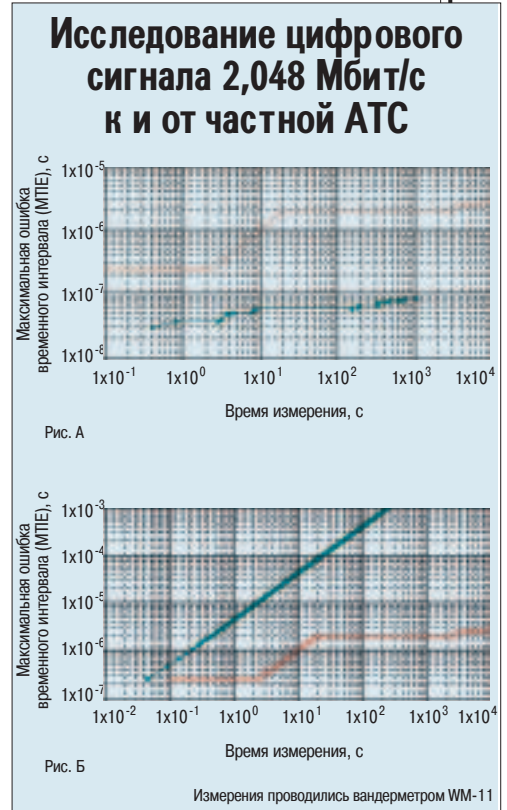
Известно, что флуктуации делятся на детерминированные (систематические) и случайные (шумовые). Первые хорошо поддаются описанию сравнительно простым математическим языком и, следовательно, позволяют создать достоверную модель сигналов и разработать параметры для оценки и методы их измерений. Вторые же имеют более сложную структуру, поскольку существуют различные типы шума, отличающиеся по своей физической природе, а описывающие их математические модели основаны на ряде допущений и условий, а значит, более ограничены в практическом использовании. На практике флуктуации реальных сигналов имеют как первую, так и вторую составляющую, что еще больше усложняет достоверное описание и разработку методов измерения.

Необходимо отметить, что с научной точки зрения, насколько автор в ней разобрался, было бы правильно в каждом конкретном случае не только разделять систематическую и случайную составляющие измеряемой флуктуации фазы (это в некоторых случаях позволяют делать специализированные средства измерения), но и, анализируя характер случайной составляющей (или, что то же самое, анализируя тип шума: белый шум, фликкер-шум и т. д.), применять в различных случаях отличающиеся параметры для оценки величины флуктуаций. Очевидно, результаты таких измерений имели бы максимальную достоверность в каждом конкретном случае, но также понятно, что выработать какие-либо унифицированные отраслевые нормы в этом случае не удалось бы. Таким образом, параметры, которые представлены в Рекомендациях и используются специалистами-практиками во всем мире, были приняты международными органами стандартизации ITU-T в результате компромисса между учеными-метрологами и отраслевыми специалистами с целью унификации

практических измерений и возможности сравнения их результатов.

В качестве одной из основных стандартных величин, лежащих в основе определения стандартных параметров, принято случайное отклонение времени $x(t)$ (математические выражения приводятся, например, в Стандартах или книге С. Брени «Синхронизация цифровых сетей связи», 2003). Наиболее часто производится измерение мгновенных значений $x(t)$ (или мгновенной разности фаз, выраженной в единицах времени) между измеряемым и опорным (более стабильным во времени) сигналом, которые еще называются измерениями во временной области. На практике $x(t)$ каждый раз измеряется на конечном интервале времени (интервал выборки – sampling interval). В наиболее часто используемом методе весь интервал измерений (measurement interval) равномерно делится на интервалы выборки, хотя в общем случае возможны и другие соотношения между указанными интервалами. Измеренные на каждом интервале выборки (а теоретически – мгновенные) значения $x(t)$ называются Time Interval Error (ошибка временного интервала, TIE).

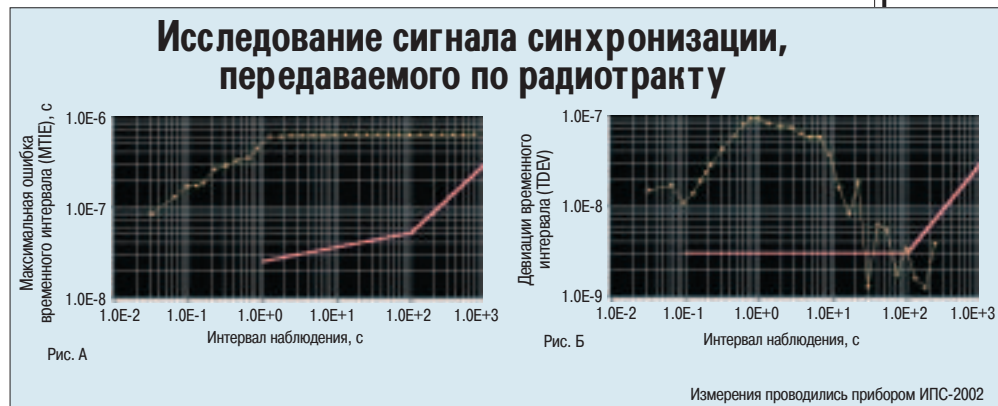
В целях унификации Стандартами рекомендован ряд параметров, основанных на математической обработке первичных результатов измерений TIE. Два из них принято считать основными – это максимальная ошибка временного интервала (Maximum TIE, MTIE) и девиация временного интервала (Time Deviation, TDEV). Эти параметры позволяют оценивать характер измеряемых фазовых флуктуаций. Если MTIE в большей степени отражает их систе-



Видно различное положение кривых MTIE по отношению к шаблону SEC ETSI (выше шаблона – не соответствует норме)

матическую составляющую, то TDEV в значительной мере зависит также и от шумовой составляющей.

Интересующихся математическими выражениями для указанных параметров отправляем к книге С. Брени, а здесь попытаемся наглядно описать характер математической обработки первичных данных TIE при вычислении двух указанных параметров. Вычисление MTIE является по сути вычислением максимума и минимума функции на некотором интервале, причем значение самого интервала изменяется с



Обе кривые (MTIE и TDEV) находятся выше шаблона G.811 (не соответствует норме)

Исследование сигнала синхронизации на выходе Epsilon SSU

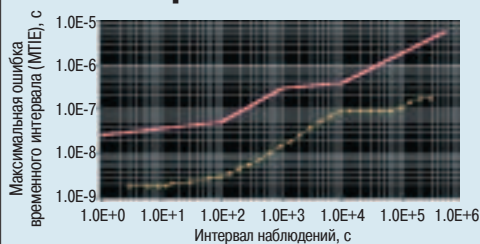


Рис. А

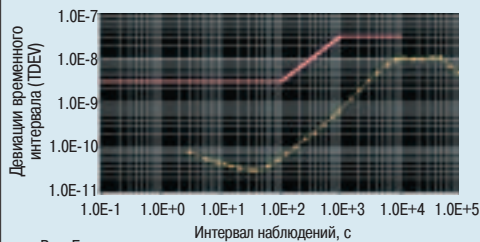


Рис. Б

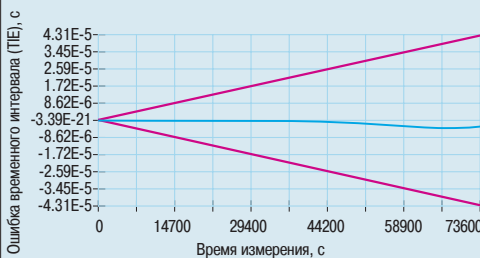


Рис. В

Измерения проводились прибором ИПС-2002

Кривые (MTIE и TDEV) находятся ниже шаблона G.811, что соответствует нормам. TIE выходного сигнала в режиме удержания на фоне специального шаблона (расходящиеся прямые, задающие допустимые границы TIE); результат существенно выше нормы

определенным шагом. Выбор шага является компромиссом между точностью вычислений и их трудоемкостью (временем вычисления). В результате получается некоторый массив значений (графически – некая кривая) в диапазоне временных интервалов, на которых производилось вычисление максимума и минимума функции, называемых в Стандартах интервалами наблюдения (observation interval). (Последнее вызывает нарекания ученых-метрологов, поскольку интервалом наблюдений в метрологии принято называть весь интервал времени, в течение которого производится измерение, однако в настоящей статье сохраним терминологию, принятую в Стандартах.) Понятно, что диапазон значений интервала наблюдений MTIE должен находиться между

значениями интервала выборки и интервала измерений (полным временем одного цикла измерений).

Вычисление TDEV, если говорить упрощенно, является вычислением среднеквадратичных значений TIE на интервалах усреднения (в Стандартах используется термин «интервал наблюдений»). Данный параметр представляет собой измененную модифицированную дисперсию Аллана, в которой исключена обратная зависимость от квадрата значения самого интервала усреднения. Для более подробного описания необходимо использовать аппарат математической статистики, что снова выходит за рамки данной статьи. Отметим только, что именно статистическая природа данного параметра позволяет с его помощью оценить случайную (шумовую) составляющую измеряемых флуктуаций, но это же свойство может существенно увеличить погрешность измерений за счет погрешности математических вычислений. Например, если реальный сигнал не полностью соответствует упрощенной математической модели (которая содержит допущение о стационарности сигнала и др.), используемой при определении данных параметров математической статистики. Существуют и другие источники увеличения погрешности измерений, но в данной статье ограничимся вышесказанным.

Для указанных основных параметров в Стандартах представлены пороговые значения для тех или иных уровней иерархии сети электросвязи в целом и ее сети (подсети) синхронизации в частности. Массивы этих значений в диапазоне интервалов наблюдения образуют шаблоны (mask). Сравнивая массивы результатов измерений с этими шаблонами, можно делать вывод о соответствии качества сигнала синхронизации рекомендуемым Стандартами. Для наглядности и те, и другие массивы представляются в графическом виде на экране компьютера измерительного прибора. Такой подход реализован в специализированных измерительных приборах и, несомненно, удобен при практических измерениях.

Оборудование

В Украине присутствуют несколько моделей специализирован-

ных измерителей вандера, которые были перечислены автором в предыдущей статье (И. Шкляревский «Сети синхронизации: год спустя», ТЕЛЕКОМ 10/2003). В качестве примеров опишем подробнее особенности двух из них, с помощью которых были получены результаты измерений.

Прибор для измерения вандера (его так и назвали – вандерметр) WM-10/WM-11 недавно начала производить шведская компания Pendulum Instruments. Особенностью прибора является прямое измерение разности временных интервалов измеряемого и опорного сигнала специально разработанной схемой, напоминающей частотомер (который также обычно измеряет и временные интервалы), что упрощает схему прибора. Примененный подход обеспечивает некоторые удобные в эксплуатации режимы измерений:

- ✓ дифференциальный режим измерений, который позволяет напрямую измерить разность фаз двух внешних сигналов;
- ✓ большое количество типов измеряемых сигналов – от 4 кГц до 52 МГц (52 Мбит/с), в том числе сигналы с частотой строчной телевизионной развертки (только в WM-11);
- ✓ встроенный качественный рубидиевый генератор производства бывшей компании Datum;
- ✓ моноблочная конструкция, позволяющая при необходимости производить измерения без внешнего компьютера;
- ✓ дополнительное ПО WanderView для внешнего компьютера, обеспечивающее возможность дистанционно управлять процессом измерений (в том числе и через Ethernet – только WM-11).

Разрешающая способность измерений TIE в данном приборе невысока: около 0,5 нс (по оценкам автора – в документации такие данные отсутствуют). Результаты калибровочных измерений, приведенные в статье «Сети синхронизации: год спустя», подтверждают эту оценку.

Другой прибор, использовавшийся в приводимых измерениях, – ИПС-2002 производства компании «Информационные системные технологии». В ИПС-2002 применяется разработанная компанией Gillam FEi (Бельгия) высокочувствительная из-

мерительная схема (фазовый компаратор с ФАПЧ) и отличающийся малым уровнем шума рубидиевый генератор производства Frequency Electronics (США). Наиболее важными отличительными чертами ИПС-2002 являются:

✓ низкий уровень собственных шумов (0,15–0,2 нс) (см. результаты калибровочных измерений в статье «Сети синхронизации: год спустя»);

✓ высокая разрешающая способность фазовых измерений (0,01 нс).

Указанные технические особенности позволяют ИПС-2002 проводить измерения стабильных сигналов (например, генераторных устройств первого уровня) значительно точнее других аналоговых специализированных приборов для измерения вандера, имеющихся в Украине.

Результаты измерений

Приведем несколько наглядных примеров измерений вандера на реальных сетях электросвязи, показывающих практическую полезность и применимость таких измерений.

Пример 1. Измерение нестабильности тактовой частоты пере-

даваемого/принимаемого потока 2,048 Мбит/с на участке подключения частной АТС к сети оператора (рис. на с. 55, вверху). Огромная разница в результатах измерений прямо указывает либо на неправильную установку режима синхронизации частной АТС от внутреннего источника синхронизации, причем очень плохого качества – результат (рис. Б) не соответствует даже самым мягким требованиям Стандартов, – либо на неисправность в частной АТС, не позволяющей ей использовать режим синхронизации от принимаемого потока.

Пример 2. Измерение радиорелейного тракта оператора, по которому принимался один из сигналов синхронизации для сети. Измеренные значения MTIE и TDEV (рис. на с. 55, внизу) показывают несоответствие принимаемого сигнала требованиям к первичному источнику сигнала синхронизации для сети, приводимым в G.811. Характерно, что долговременная нестабильность при этом соответствует нормам, а проблематичной оказывается кратковременная нестабильность (на коротких интервалах наблюдений), что, скорее всего, указывает на

влияние шумов радиорелейного тракта, который не является подходящим средством для передачи сигналов синхронизации.

Пример 3. Измерение первичного источника синхронизации Epsilon SSU в лаборатории компании «Информационные системные технологии». Результаты, представленные на рисунке (с. 56) показывают соответствие измеренных выходных сигналов оборудования в режиме слежения за сигналом сети GPS требованиям к первичному источнику сигнала синхронизации согласно G.811, рис. В – существенное превышение стабильности выходного сигнала оборудования по сравнению с соответствующими требованиями Стандартов в режиме потери сигнала GPS (режим удержания, или holdover).

Разумеется, приведенные примеры являются только единичными свидетельствами того, что измерения вандера в сетях электросвязи крайне необходимы и полезны тем операторам, которые ставят своей задачей поддержание высокого уровня качества услуг на своих сетях. ●

Игорь Шкляревский,
ish@ist.net.ua



Web start*

сайт за 99 у.о.

ICC Internet Consulting & Communications
Інтернет Консалтинг енд Ком'юнікейшнс

Тел. (044) 490-81-60
E-mail: office@icc.com.ua
Web: http://icc.com.ua

Нова послуга **WebStart*** від компанії ICC дозволить Вам отримати професійно зроблений веб-сайт за найкоротший термін і з мінімальними витратами. Унікальний набір пакетів вартістю від **99 у.о.** дозволить підібрати найбільш оптимальний набір сервісів. Зателефонуйте нам і переконайтеся, що це саме те, що Вам потрібно!

*Веб старт



Отримайте в своє сервер, надійно і забезпечуват функціонування

Opteron сервери X5350, на базі процесора Intel® Xeon® з частотою 3,0 GHz — це оптимальне співвідношення надійності та ціни.

Серверні рішення компанії HP, що базуються на процесорі Intel® Xeon® X5350, забезпечують надійність, продуктивність та масштабованість. Вони забезпечують надійну роботу серверів протягом тривалого часу.

Висновки:

HP X5350 сервери мають частоту 3,0 GHz, що забезпечує високу продуктивність та надійність. Вони забезпечують надійну роботу серверів протягом тривалого часу. HP X5350 сервери мають частоту 3,0 GHz, що забезпечує високу продуктивність та надійність. Вони забезпечують надійну роботу серверів протягом тривалого часу. HP X5350 сервери мають частоту 3,0 GHz, що забезпечує високу продуктивність та надійність. Вони забезпечують надійну роботу серверів протягом тривалого часу.



HP Server, HP Server, HP Server

Сервери e.verest на базі процесорів Intel® Xeon™ та частотой 8,0 ГГц — це потужний та надійний сервер для критичних бізнес-процесів.

«Еверест Консалтинг»

розпорядженні
робота якого буде
безперервно
Вашого бізнесу.



e.verest 800 на базі процесорів Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц — це потужний та надійний сервер для критичних бізнес-процесів.

Виробництво серверів e.verest здійснюється на базі процесорів Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц, що забезпечує високу продуктивність та надійність. Сервери e.verest 800 використовують серверні плати на базі процесорів Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц, що забезпечує високу продуктивність та надійність. Сервери e.verest 800 використовують серверні плати на базі процесорів Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц, що забезпечує високу продуктивність та надійність.

Опис сервера

Сервер e.verest 800 має наступні характеристики: процесор Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц, об'єм оперативної пам'яті 8 Гб, жорсткий диск 1 Тб, блок живлення 1000 Вт. Сервер e.verest 800 має наступні характеристики: процесор Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц, об'єм оперативної пам'яті 8 Гб, жорсткий диск 1 Тб, блок живлення 1000 Вт. Сервер e.verest 800 має наступні характеристики: процесор Intel® Xeon™ з частотою 8,0 ГГц, об'єм оперативної пам'яті 8 Гб, жорсткий диск 1 Тб, блок живлення 1000 Вт.

«Еверест Консалтинг» — це надійний партнер для вашого бізнесу.

