

# Метод ограничения резко растущей нагрузки в “Системе-112”

УДК 621.395

**М.В. КАБАНОВ**, руководитель аналитического отдела НТЦ “Протей”, **А.К. ЛЕВАКОВ**, заместитель технического директора по эксплуатации МРФ “Центр”  
**ОАО “Ростелеком”**, кандидат технических наук, **Н.А. СОКОЛОВ**, технический директор компании “Протей СТ”, доктор технических наук

Практически каждая чрезвычайная ситуация (ЧС) увеличивает нагрузку, поступающую в специализированные центры обработки вызовов (ЦОВ). В ближайшее время для таких вызовов абоненты сетей фиксированной и мобильной телефонной связи будут набирать трехзначный номер “112”. Комплекс технических средств, реализующих данную возможность, называют “Системой-112”. Масштабные ЧС, подвергаящие рискам разного рода большую группу людей, быстро порождают резкий рост

нагрузки. Большинство вызовов содержит идентичную информацию, обработка которой снижает эффективность функционирования “Системы-112”. В период обработки соответствующих вызовов заметно снижается доступность ЦОВ. В результате значительная часть вызовов, связанных с другими событиями, не может быть обслужена. В статье предлагается метод решения задачи по ограничению резкого роста нагрузки, которая порождается одним и тем же событием.

В процессе проектирования ЦОВ рассчитывается оптимальное количество рабочих мест операторов для обработки поступающей нагрузки с заданными качественными показателями. При оценке параметров нагрузки учитываются имеющиеся статистические данные и результаты прогнозов. По очевидным причинам количество рабочих мест операторов не может рассчитываться на очень редкие, но весьма существенные всплески нагрузки. В результате возникает практически важная задача ограничения резко растущей нагрузки при минимальной потере информации, важной для эффективной ликвидации последствий ЧС.

Предположим, что резкий рост нагрузки наблюдается в период времени  $(T_1, T_2)$ . Пусть за это время абонентами генерируется  $N_1 + N_2$  вызовов. Величина  $N_1$  определяет количество вызовов, обусловленных одной и той же ЧС. Припишем ей меру  $I_1 = k_1 \times N_1$ , где  $k_1$  — коэффициент пропорциональности. Под параметром  $I_1$  будем понимать объем полезной информации, касающейся рассматриваемой чрезвычайной ситуации. Величина  $N_2$  равна количеству вызовов, порождаемых иными причинами. Для нее, введя коэффициент пропорциональности  $k_2$ , можно определить аналогичную меру  $I_2$ . Интуитивно понятно, что в большинстве случаев при масштабных ЧС будут справедливы два неравенства:  $N_1 \gg$

$N_2$  и  $I_2 \gg I_1$ . Формально поставленная задача состоит в том, чтобы снизить величину  $N_1$  до уровня  $L_1$ . Для этого уровня удельные значения  $I_1$  и  $I_2$ , вычисленные в расчете на один вызов, становятся близки друг к другу.

## Предлагаемый подход к решению задачи

Рассмотрим модель фрагмента сети электросвязи, позволяющую определить потенциальную численность абонентов, которые могут осуществить вызов в “Систему-112”. Эта модель показана на рис. 1. Предполагается, что ощущаемые последствия ЧС проявляются в границах круга с радиусом  $R$ . Величина  $R$  определяется эксперта-

ми МЧС, принимающими участие в работе “Системы-112”.

Волнистая граница разделяет сети доступа двух автоматических телефонных станций (АТС), телефонные аппараты (ТА) которых могут находиться в круге радиусом  $R$ . Например,  $ТА_{11}$  и  $ТА_{21}$ , включенные в АТС1 и АТС2 соответственно, расположены в границах круга. Два других терминала ( $ТА_{12}$  и  $ТА_{22}$ ) находятся вне территории с ощущаемыми последствиями ЧС.

На рис. 1 изображены три базовые станции (БС), которые могут находиться в круге с радиусом  $R$  или располагаться за его пределами. Необходимо определить перечень тех БС, для которых обслуживаемые мобильные телефонные аппараты (МТА) теоретически

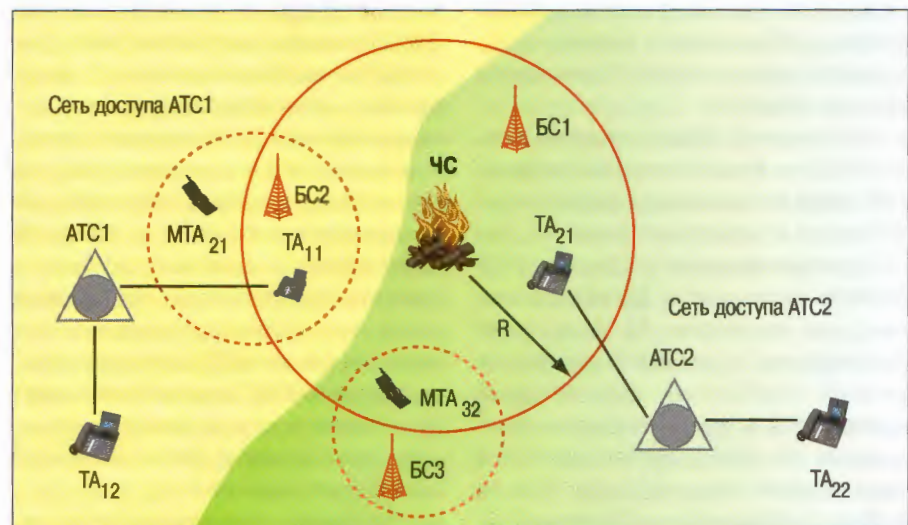


Рис. 1. Модель фрагмента системы электросвязи



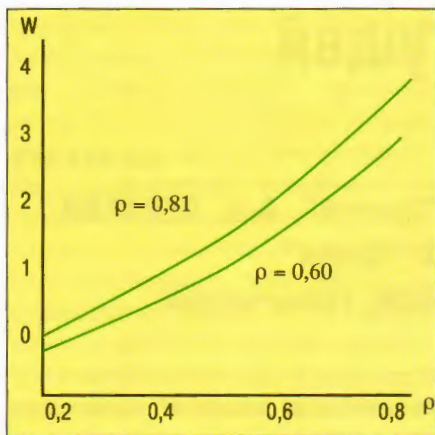


Рис. 2. Ценность информации как функция нагрузки ЦОВ

могут располагаться на территории с ощущаемыми последствиями ЧС. В частности, БСЗ находится вне круга, но обслуживаемый ею МТА<sub>32</sub> в момент возникновения ЧС пребывал в границах исследуемой территории. Иная ситуация складывается с БС2, которая лежит внутри окружности. Обслуживаемый ею МТА<sub>21</sub> не находится в границах круга.

Очевидно, что основное число вызовов, определенное выше как  $N_1$ , будет создаваться терминалами, которые расположены в границах круга с радиусом  $R$ . Услуга определения местоположения МТА позволяет составить перечень именно тех терминалов, которые в момент вызова операторов “Системы-112” находятся в границах исследуемой территории. Информация о номере ТА в сети фиксированной телефонной связи в настоящее время не позволяет реализовать такую же возможность, которая доступна для МТА. По этой причине в состав терминалов, с которых могут осуществляться вызовы, образующие величину  $N_1$ , следует включить все ТА из сетей доступа обеих АТС.

Обозначим общую численность терминалов фиксированной и мобильной связи, которые могут располагаться в круге с радиусом  $R$ , через  $M$ . При поступлении вызовов в “Систему-112” сначала проверяется их принадлежность ко множеству  $M$ . Если ответ положителен, то абоненту передается речевое сообщение, суть которого заключается в том, что факт возникновения ЧС уже известен. Абоненту предлагается положить трубку, если он собирался обратиться в “Систему-112” с информацией о возникновении ЧС.

Если он может сообщить какие-либо важные подробности или причина его звонка не связана с ЧС, то ему рекомендуют дождаться ответа оператора. Тексты речевых сообщений следует составлять на основе заранее разработанных шаблонов.

Некоторые абоненты, не имеющие важной дополнительной информации о характере ЧС, полагат трубку. Их количество с учетом принятых обозначений равно  $N_1 - L_1$ . Для оценки эффективности предлагаемого метода ограничения нагрузки необходимо накопить статистические данные, но в настоящее время такое решение не представляется реализуемым по двум причинам. Во-первых, процесс создания “Системы-112” только начался. Во-вторых, техническая возможность поддержки предлагаемых решений появилась не так давно. Оценить их эффективность можно, например, за счет использования метода Делфи [1].

### Оценка эффективности предлагаемых решений

Для получения исходных данных был разработан простой вопросник, который рассылался по электронной почте. Следовательно, были соблюдены ключевые положения метода Делфи, заключающиеся в отсутствии влияния на ответы более авторитетных коллег и мнения большинства респондентов [1]. Полученные ответы обрабатывались общепринятыми статистическими методами [2].

На вопрос: “Прекратите ли Вы попытку дозвониться до оператора, получив речевое сообщение о том, что факт возникновения ЧС известен и принимаются необходимые меры?”, положительно ответило большинство респондентов — 81 %. На похожий вопрос, но относящийся к ожидаемой реакции других абонентов, была получена более пессимистическая оценка — 60 %. Не были выявлены заметные различия в ответах респондентов из разных возрастных групп. Коэффициент конкордации Кендалла [2] для второй оценки составил 0,896. Такая величина коэффициента конкордации свидетельствует о высокой степени согласованности мнений респондентов.

Для оценки эффективности процедур, позволяющих снизить нагрузку,

используются разные подходы. Применительно к “Системе-112” логичным представляется подход, основанный на ценности информации [3]. Предположим, что вероятность достижения цели (снижения количества вызовов, поступающих в ЦОВ) после принятия мер по ограничению нагрузки равна  $\rho$ . Тогда ценность информации  $W$  при известной априорной вероятности достижения цели до принятия решения  $q$  оценивается следующим соотношением [3]:

$$W = \log_2(\rho/q).$$

Отношение  $L_1$  к  $N_1$  можно рассматривать как оценку величины  $\rho$ . При проведении вычислений в качестве значения  $\rho$  следует использовать обе оценки, полученные в результате проведенного опроса. Вероятность  $q$  допустимо трактовать как  $1 - \rho$ , где  $\rho$  — нормированная нагрузка ЦОВ, меняющаяся от нуля до единицы. На рис. 2 приведена зависимость ценности информации  $W$  от нагрузки  $\rho$ . Очевидно, что вне зависимости от единицы измерения ценности информации при повышении нагрузки предлагаемые решения демонстрируют свою эффективность.

Последнее утверждение основано на следующем факте. Если не предпринимать мер по ограничению трафика, то можно считать, что  $\rho = q$ . Это значит, что  $W = 0$ . Очевидно, что при малых значениях нагрузки не исключена ситуация, когда  $W < 0$ . Это неравенство можно трактовать так: при малой нагрузке введение речевой подсказки не только не дает положительного эффекта, но и увеличивает время занятия разговорного тракта.

### Заключение

Проведенные теоретические исследования подтверждают высокую эффективность предлагаемого метода по ограничению нагрузки, обрабатываемой в “Системе-112”. Следует упомянуть еще об одной возможности снижения нагрузки. После обработки информации о характере ЧС, что позволяет, в том числе, определить величину  $R$ , абонентам мобильной связи, находящимся в границах исследуемой территории, отправляются SMS с соответствующей информацией [4].



После реализации предлагаемого метода ограничения нагрузки в аппаратно-программных средствах ЦОВ будет собираться статистика, которая позволит оценить его эффективность с практической точки зрения. Не исключено, что потребуются введение каких-либо коррекций в алгоритм ограниче-

ния нагрузки, а также в формулировки речевых сообщений, передаваемых абонентам.

#### Литература

1. Linstone H.A. The Delphi Method. Techniques and Application – New Jersey Institute of Technology, 2002.

2. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. – СПб.: Питер, 2008.

3. Харкевич А.А. О ценности информации//Проблемы кибернетики, 1960. Выпуск 4.

4. Кабанов М.В., Соколов Н.А. Основные задачи перехода к "Системе-112"//Вестник связи. 2008. № 10. С. 73 – 74.

## Передача DWDM-сигнала

**Н.В. ГУРКИН, инженер компании "Т8", кандидат технических наук, О.Е. НАНИЙ, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, доктор физико-математических наук, А.Г. НОВИКОВ, инженер компании "Т8", кандидат технических наук, В.Н. ТРЕЩИКОВ, директор, кандидат физико-математических наук**

В данной статье продемонстрирована передача DWDM-сигнала с канальной скоростью 100 Гбит/с в сетке 50 ГГц на расстояние 4000 км без оптической компенсации дисперсии. Накопленная в линии из стандартного SSMF-волокна дисперсия, равная 70000 пс/нм, компенсировалась встроенным в приемник электронным

компенсатором дисперсии. В эксперименте использовался DP QPSK формат модуляции, когерентное детектирование с цифровой обработкой сигналов и коррекцией ошибок в режиме реального времени. Запас по величине отношения сигнал-шум в конце линии ( $OSNR_{MRG}$ ) составил 5,4 дБ.

Быстрый рост потребностей в пропускной способности опорных DWDM-сетей дальней связи ведет к необходимости увеличения канальной скорости передачи данных. Ее увеличение с 10 до 40 Гбит/с сопровождалось переходом от амплитудных форматов модуляции (ASK) к дифференциальным фазовым форматам модуляции (DPSK) и DQPSK [1 – 6].

Для увеличения канальной скорости до 100 Гбит/с потребовался переход к использованию когерентного приема и поляризационного мультиплексирования. Формат DP QPSK, сочетающий использование двух поляризаций (DP) с четырехуровневой фазовой модуляцией (QPSK) и когерентным приемом, признан наиболее подходящим для практического использования в опорных DWDM-сетях дальней связи [6 – 9].

Использование когерентного приема и цифровой обработки сигналов (DSP) в реальном времени позволяет отказаться от применения оптических компенсаторов дисперсии. В настоящей работе осуществлена передача DWDM-сигнала с канальной скоростью 100 Гбит/с в сетке 50 ГГц на рекордное расстояние 4000 км без оптической компенсации дис-

### Экспериментальная установка

Экспериментальные исследования были проведены на лабораторной модели линии связи длиной 4000 км. Модель линии содержала чередующиеся участки длиной 100 и 50 км волокна SSMF. Между участками устанавливались эрбиевые волоконные усилители (EDFA), полностью компенсирующие потери в волокне. Для выравнивания каналов при прохождении каскада EDFA после 1500 и 3000 км устанавливались оптические фильтры. Всего линия связи содержала 27 участков по 100 км и 26 участков по 50 км. В эксперименте использовалось одномодовое оптическое волокно G.652, предоставленное компанией OFS.

В отличие от традиционных линий связи, в которых используются приемники с прямым детектированием, в тестируемой линии с когерентным приемом отсутствуют оптические компенсаторы дисперсии. В наших транспондерах осуществляется электронная компенсация дисперсии в блоке цифровой обработки сигналов приемника. Максимальная величина суммарной дисперсии, которая может быть скомпенсирована в приемнике, определяется применяемыми алгоритмами, быстродействием и величиной оперативной памяти цифровых микросхем

и обычно не превышает 50000 пс/нм при работе в режиме реального времени (online). Достигнутая нами величина электронной компенсации дисперсии составила 70000 пс/нм — рекордное на момент проведения эксперимента значение.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. На тестируемый клиентский вход транспондера подается случайная последовательность двоичных символов, формируемая измерителем коэффициента ошибок (BER-тестером). Скорость следования формируемых символов равна 10 Гбит/с. На вход остальных 9 клиентских каналов сигнал не подается, а встроенный генератор формирует 9 псевдослучайных последовательностей символов (PRBS). В транспондере входной сигнал 10 Гбит/с от BER-анализатора объединяется с 9 PRBS-сигналами в один сигнал, к которому добавляются 15 % избыточных символов SOFT FEC и заголовки OTN. В результате формируется выходной электрический сигнал со скоростью около 120 Гбит/с.

Оптический передатчик на основе DFB-лазера и квадратурного модулятора Маха-Цандера преобразует выходной электрический сигнал в оптический формата DP NRZ QPSK.