

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ РАВНА СРЕДНЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НАГРУЗКИ

В. Б. ЕГОРОВ

*Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург,  
Российская Федерация*

В настоящее время существует всемирная сеть передачи данных общего пользования Интернет (СПД ОП), через которую направляют потоки сообщений любого вида не только между людьми (речь, видеоизображения, тексты и данные), но и между людьми и машинами (сайты, автоответчики и т. п.), а с недавнего времени и между машинами (периодический телеконтроль, телеуправление и телесигнализация и т. п. системы под общим термином «интернет вещей»).

С развитием сетей передачи данных (СПД) для их построения стали использовать ЦСЛ, основанные на передаче пакетов битов, то есть ЦСЛ IP или ЦСЛ E. Это обычно четырехпроводные или двухволоконные линии, причем тракт передачи (линия от абонента – «out») и тракт приема (линия к абоненту – «in»), в общем-то, представляют собой почти независимые однолинейные тракты, каждый из которых передает биты в одном направлении.

В парах однолинейных ЦСЛ IP (ЦСЛ E), используемых на участках СПД, формально средняя интенсивность нагрузки СИН в ЧНН по-прежнему является важнейшей оценкой, и её оценивают в

Эрлангах, но формула для ее расчета имеет несколько другой вид: 
$$\bar{y} = \frac{\bar{Y}}{T} = \frac{\bar{C}\bar{t}}{T} = \frac{\bar{C}(w_{\text{бит}} t_{\text{бит}})}{T} = \frac{\bar{C}(w_{\text{бит}} \cdot 1 \text{ сек} / U_{\text{пер}})}{T} = \frac{\bar{C}\bar{w}}{U_{\text{пер}} T},$$
 в которой по-прежнему  $\bar{C}$  – среднее число занятий (пакетов), прохо-

дящих через ЦСЛ E за период времени  $T$  (за ЧНН или за периоды его составляющие). Однако  $\bar{t}$  (длительность занятия ЦСЛ) уже имеет более сложное исчисление и равна  $w_{\text{бит}} t_{\text{бит}}$ , где  $w_{\text{бит}}$  – среднее число битов в сообщении (в пакете), а  $t_{\text{бит}}$  – время передачи одного бита по ЦСЛ. В свою

очередь  $t_{\text{бит}} = \frac{1 \text{ сек}}{U_{\text{пер}}}$ , где  $U_{\text{пер}}$  – скорость передачи битов по ЦСЛ за 1 сек, так что СИН в ЧНН ока-

зывается прямо зависимой не только от  $\bar{C}$  и  $\bar{w}$ , но и обратно зависимой от скорости передачи битов по ЦСЛ –  $U_{\text{пер}}$ . Например, при  $U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ ;  $t_{\text{бит}} = 1 \text{ мсек}$ , при  $U_{\text{пер}} = 10 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ ;  $t_{\text{бит}} =$

$= 0,1 \text{ мсек}$ , при  $U_{\text{пер}} = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ ;  $t_{\text{бит}} = 0,01 \text{ мсек}$ , а при  $U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Гбит}}{\text{сек}}$ ;  $t_{\text{бит}} = 1 \text{ нсек}$ . Соответ-

ственно при передаче  $\bar{C}$  сообщений объемом  $w_{\text{бит}}$  каждое по ЦСЛ со скоростью передачи

$U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$  за период  $T$ , СИН составит  $\bar{y}_1 = \frac{\bar{C}\bar{w}}{T}$ , но при  $U_{\text{пер}} = 10 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$  и тех же  $\bar{C}$ ,  $\bar{w}$  и  $T$  СИН

будет  $\bar{y}_{10} = 0,1\bar{y}_1$ , при  $U_{\text{пер}} = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$   $\bar{y}_{100} = 0,01\bar{y}_1 = 0,1\bar{y}_{10}$ , а при  $U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Гбит}}{\text{сек}}$   $\bar{y}_{1000} = 0,001\bar{y}_1 =$

$= 0,01\bar{y}_{10} = 0,1\bar{y}_{100}$ .

Если на выходе коммутатора или на выходе маршрутизатора объединяются потоки сообщений с разными скоростями передачи  $U_1, U_2, U_3$ , которые обрабатываются УУкс или УУмс и затем направляются ими в общую ЦСЛ с некоторой скоростью  $U_{\text{пер}}$ , то через эту ЦСЛ суммарная

$\bar{y}_{\text{общ}} = \frac{y_1 U_1}{U_{\text{пер}}} + \frac{y_2 U_2}{U_{\text{пер}}} + \frac{y_3 U_3}{U_{\text{пер}}}$ . Учитывая тот факт, что при тех же  $\bar{C}$  и  $\bar{w}$ ,  $\bar{y}$  зависит от  $U_{\text{пер}}$ , в оборот

ввели новую характеристику процесса передачи – реальная скорость передачи битов по ЦСЛ –

$U_{\text{реал}}, U_{\text{реал}} = \frac{(\bar{C}\bar{w} / T)}{1 \text{ сек}}$ . Умножим  $U_{\text{реал}}$  на  $U_{\text{пер}} / U_{\text{пер}}$  и с учетом того, что  $\bar{y} = \frac{\bar{C}\bar{w}}{TU_{\text{пер}}}$  получим  $U_{\text{реал}} =$

$$= \frac{\overline{CwU}_{\text{пер}}}{TU_{\text{пер}}} \text{ бит за 1 сек} = \overline{y}U_{\text{пер}} \text{ за 1 сек. Из этого соотношения следует другое, очень важное: } \overline{y} = \frac{U_{\text{реал}}}{U_{\text{пер}}}, \text{ то есть СИН в ЧНН равна отношению реальной скорости передачи битов через ЦСЛ к скорости передачи, задаваемой тактовым генератором.}$$

По-видимому, именно на основе этого вывода в ОАО «Ростелеком» и была разработана программа «PRTG Network Monitor», которая позволяет вычислить и  $U_{\text{реал}}$  за каждые 5 минут в течение  $T$  (ЧНН), и отношение  $\frac{U_{\text{реал}}}{U_{\text{пер}}} = \overline{y}$ , то есть СИН в ЧНН.

На рисунке 1 приведены результаты измерений («вычислений» по упоминаемой программе)  $U_{\text{реал}}$  и  $\frac{U_{\text{реал}}}{U_{\text{пер}}} = \overline{y}$  за каждые 5 минут в течение двух суток через ЦСЛ Е (исходящие и входящие от-дельно) между сервером университета и сервером (маршрутизатором) провайдера при  $U_{\text{пер}} = 500 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$  (6 окт. 2016 г.).

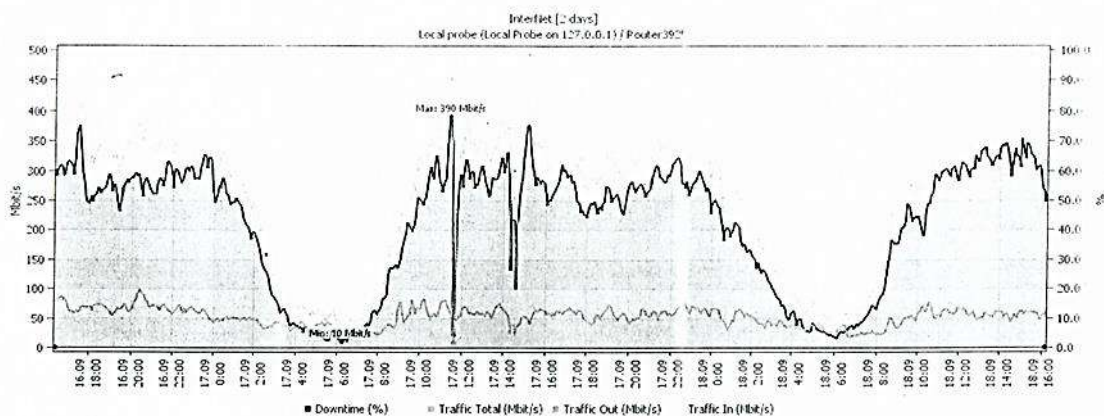


Рисунок 1 – График изменения средней скорости (шкала слева) и интенсивности нагрузки (шкала справа) в течение двух суток

При рассмотрении всех этих вопросов один из факторов, оказывающих значительное влияние на процесс передачи пакетов, а именно емкость буфера в коммутаторе или маршрутизаторе перед трактом передачи, часто не учитывается. Обычно это происходит потому, что её попросту не знают. Но система пакетной передачи – это система с ожиданием начала обслуживания, а в ней, как это видно из выражения потерь по 2-й формуле Эрланга для однолинейных ЦСЛ, вероятность отказа в обслуживании сильно зависит от числа мест ожидания  $n = \frac{t_{\text{контр}}}{t}$ , то есть в нашем случае – от емкости буфера.

При изучении зависимости предельной нагрузки через однолинейную систему от числа мест ожидания видно, что даже при  $n = \frac{t_{\text{контр}}}{t} = 1$ , что, конечно, имеет место в устройствах СПД, допустимая СИН составляет не менее 0,5 Эрл, а при увеличении  $n > 1$  очень быстро нарастает, вплоть до 0,8 Эрл при  $n = 4$ . Это и понятно, ведь длительные всплески интенсивности очень редки и увеличение емкости буфера позволяет их существенно сгладить (в начале развития интернета предельная скорость передачи, предоставляемая абонентам СПД, составляла около 1 Мбит/сек и её было достаточно для просмотра обычного фильма, но как только в фильме происходили взрывы или другие резкие изменения событий, на экране сразу появлялись черные пятна: было не достаточно скорости для передачи таких событий, и часть кадров терялась).

Таким образом, очевидна потребность в оценках СИН и реальной скорости передачи битов по ЦСЛ на участках СПД. Справедлив известный постулат: «Случайная величина очень редко превышает удвоенное среднее значение». Как видно из результатов измерений, при СИН, равной или не-

много меньшей 0,5 Эрл (половина предельной СИН в 1 Эрл через однолинейную ЦСЛ), качество обслуживания абонентов на участке вполне приемлемо и не вызывает нареканий. Следовательно, если расчетная или измеренная СИН в ЧНН при некоторой  $U_{\text{пер}}$  составляет около 0,5 Эрл, то  $U_{\text{реал}} \approx 0,5U_{\text{пер}}$ , и наоборот, если для передачи сообщений требуется некоторая  $U_{\text{реал}}$ , то у провайдера надо арендовать  $U_{\text{пер}} \geq 2 U_{\text{реал}}$ .

#### Список литературы

1 Егоров, В. Б. Передача «новых» сообщений по «старому» тракту / В. Б. Егоров // Инновационный транспорт. – № 1 (15). – 2015. – С. 76–79.

УДК 681.518.5+656.05

### СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ

*Д. В. ЕФАНОВ, В. А. ГРОСС*

*ООО «ЛокоТех-Сигнал», г. Москва, Российская Федерация*

С развитием компьютерных технологий стал возможен переход к интеллектуальным системам мониторинга сложных инженерных конструкций и сооружений, к которым относится и инфраструктурный комплекс железных дорог. Прежде всего, системами непрерывного мониторинга должны оборудоваться нерезервируемые технические объекты, от надежности функционирования которых непосредственно зависят качество и эффективность перевозочного процесса [1]. К таким объектам в комплексе железнодорожной инфраструктуры относятся элементы и конструкции контактной сети.

Большинство отказов железнодорожной контактной сети приходится на контактную подвеску, которая функционирует в сложных условиях постоянного изменения состояния окружающей среды, а также периодического взаимодействия с электроподвижным составом. Статистика отказов говорит о том, что на провода и тросы контактной подвески, струны, зажимы, детали и воздушные стрелки приходится свыше 60 % всех отказов элементов контактной сети. Некоторые отказы тросов и проводов контактной подвески приводят к длительным простоям и сбоям в графике движения поездов (обрывы тросов и контактного провода). Сложным является и процесс восстановления работоспособного состояния железнодорожной контактной подвески. Всё это свидетельствует о необходимости совершенствования технологий обслуживания железнодорожной контактной подвески и внедрения стационарных средств автоматического сбора диагностической информации о состоянии основных ее узлов.

Существующими инструкциями по обслуживанию железнодорожной контактной подвески предусматриваются работы по ручному диагностированию с привлечением специализированного персонала, а также периодический мониторинг состояния контактной подвески с помощью вагона-лаборатории [2]. Таких мероприятий, как показывает практика, явно недостаточно для того, чтобы своевременно получать полную, объективную, картину технического состояния и составлять прогноз дальнейших изменений ключевых параметров объекта диагностирования. Работа с контактной подвеской зачастую ведется фактически вслепую: есть данные, когда установлены основные элементы (тросы и провода), их марки, основные показатели надежности, но нет информации о текущем состоянии и степени износа при старении под воздействиями окружающей среды и токоприемников тяговых подвижных единиц. Более того, по сообщениям эксплуатационного штата железных дорог, многие тяговые подвижные единицы выходят на линии с повреждениями токоприемников, что никак не отслеживается. Итог – контактная подвеска испытывает ненормативную нагрузку, а ее элементы подвергаются излишнему износу. Задачу повышения информативности технического персонала о состоянии элементов контактной подвески и предотвращения отказов (обрывов тросов и проводов) можно решить путем установки специализированных стационарных средств мониторинга.

Коллективом разработчиков ООО «ЛокоТех-Сигнал», с учетом многолетнего опыта в создании и эксплуатации систем непрерывного мониторинга устройств железнодорожной инфраструктуры,