

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛОВ СИГНАЛИЗАЦИИ  
НА ТРАНСПОРТНОМ УРОВНЕ**

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КАНАЛІВ СИГНАЛІЗАЦІЇ  
НА ТРАНСПОРТНОМУ РІВНІ**

**EFFICIENCY RATING OF SIGNALING CHANNELS  
ON THE TRANSPORT LAYER**

**Аннотация.** Рассматривается пакетная сеть сигнализации, функционирующая в несвязанном режиме. Исследуется эффективность использования каналов сигнализации на сетевом и транспортном уровнях эталонной модели взаимодействия открытых систем.

**Анотація.** Розглядається пакетна мережа сигналізації, яка функціонує в незв'язаному режимі. Досліджується ефективність використання каналів сигналізації на мережному та транспортному рівнях еталонної моделі взаємодії відкритих систем.

**Summary.** The packet network of a signaling operating in a disconnected mode is considered. The efficiency of signaling channels at network and transport levels of model the Open Systems Interconnection is researched.

Внедрение на существующих телефонных сетях связи с коммутацией каналов технологий пакетной коммутации обеспечивает реальные возможности применения здесь отдельных пакетных сетей сигнализации. Независимая пакетная сеть сигнализации позволяет частично решить проблему увеличения пропускной способности пучков каналов связи телефонной сети. Для этого используются специальные шлюзы, которые транслируют большие объемы однородного и неоднородного сигнализационного трафика между терминалами различных типов. Технологии пакетной передачи данных использованы в системе сигнализации по общему каналу сигнализации №7 (ОКС-7). Система ОКС-7 полностью удаляет сигнализацию из разговорного тракта, используя отдельное общее звено сигнализации, по которому передаются все сигналы для нескольких трактов [1].

Многоуровневая архитектура протокола ОКС-7 обеспечивает гибкость введения услуг и легкость техобслуживания сети сигнализации. В этом протоколе подсистема передачи сообщения МТР (*Message Transfer Part*) обеспечивает функции звена сигнализации между двумя непосредственно связанными пунктами сигнализации. При этом подсистема передачи сообщений МТР и подсистема управления соединениями сигнализации SCCP (*Signaling Connection Control Part*) состоит из трех нижних уровней – уровень 1-го звена передачи данных сигнализации, уровень 2-го звена сигнализации, уровень 3-й сети сигнализации (сетевой уровень). Данные уровни соответствуют трем нижним уровням эталонной модели взаимодействия открытых систем (ВОС).

Возможности, которые содержатся на сетевом уровне модели ВОС, распределены в ОКС-7 между третьим уровнем МТР и SCCP. Это поясняется тем, что не все протоколы сигнализации требуют использования расширенных возможностей адресации SCCP и передачи сообщений, не ориентированных на соединение, а также тем, что путем выделения функций SCCP в отдельную подсистему можно оптимизировать характеристики третьего уровня МТР. Подсистема SCCP является потребителем функциональных возможностей, расположенных в уровнях МТР, и обеспечивает как сетевые услуги без соединения, так и услуги, ориентированные на соединение.

Верхние уровни в протоколе ОКС-7, которые соответствуют сеансовому, представительскому и прикладному уровням модели ВОС, представлены подсистемой управления возможностями транзакций TCAP (*Transaction Capabilities Application Part*) и пользовательскими подсистемами (подсистемы пользователей мобильной связи, ISDN и др.), а также сервисными элементами прикладного уровня – подсистема эксплуатации, технического обслуживания и административного управления. Эти уровни используют услуги передачи, предоставляемые уровнями МТР и SCCP. Подсистема TCAP обеспечивает набор возможностей для обслуживания вызова без установления соединения. Такие возможности можно использовать в одном узле для того, чтобы вызвать выполнение процедуры в другом узле. Например, услуга 800, в которой оставшиеся цифры номера после кода 800 преобразовываются централизованной базой данных в физический адрес [2].

Транспортный уровень, являясь промежуточным между протоколами верхнего уровня и протоколами низших уровней, обеспечивает услуги по транспортировке данных, которые избавляют высшие уровни от необходимости вникать в ее детали. Задачей транспортного уровня является надежная транспортировка данных через объединенную сеть. Транспортный уровень обеспечивает механизмы для установки, поддержания и упорядоченного завершения действия виртуальных каналов, систем обнаружения и устранения неисправностей транспортировки и управления информационным потоком. Этот уровень является единственным, ответственным за то, что информация, переданная одним пунктом сигнализации, будет правильно принята другим.

В цифровых сетях с коммутацией каналов (TDM) скорость трансляции информационных и сигнализационных потоков (линейных и управляющих сигналов) в общем потоке должна быть эквивалентна скорости аналогово-цифрового преобразования [3]. При этом эффективность использования или производительность каналов связи на сетевом и транспортном уровнях одинакова и не очень высока. В несвязном режиме функционирования (независимая модель сети сигнализации), применяемом в пакетных сетях сигнализации, пропускная способность на сетевом уровне существенно влияет на эффективность использования каналов транспортного уровня сети. В свою очередь именно пропускная способность каналов транспортного уровня определяет качество связи между абонентами в целом. Таким образом, между производительностью каналов сетевого и транспортного уровней пакетной сети сигнализации существует определенная зависимость. Аналитическое описание данной зависимости очень важно с точки зрения обеспечения заданной нормы качества обслуживания, однако в настоящее время задача оценки производительности на транспортном уровне по сравнению с сетевым уровнем пока не решена.

Поскольку работа сети сигнализации исследуется, как правило, с позиций сетевого и транспортного уровней модели ВОС [3], то **целью** данной статьи является нахождение математической зависимости между эффективностями использования каналов сигнализации на сетевом и транспортном уровнях с учетом длины проверочного кодового слова.

В пакетных сетях связи можно организовать виртуальный и датаграммный режимы трансляции пакетных потоков сигнализации, в том числе и гибридный режим [1].

В обоих пакетных режимах объем общего обработанного пакетного трафика сигнализации между пунктами А и В за среднее время сеанса связи  $\bar{T}_c$  (средняя продолжительность занятости каналов сигнализации) для сигнализационных потоков, поступающих на коммутационную систему, можно определить по формуле [4, 5]:

$$B_{AB} = B\bar{T}_c[1 - P(L)], \quad (1)$$

где  $B$  – общая речевая нагрузка, а  $P(L)$  – доля времени (вероятность) пауз в структуре сигнализационных потоков разговорного вида.

В то же время объем данного однородного трафика зависит от скорости (продолжительности) обработки этих потоков и длины сигнализационного пакета, следовательно:

$$B_{AB} = \bar{N}L^P, \quad (2)$$

где  $\bar{N}$  и  $L^P$  – соответственно среднее количество сигнализационных пакетов, приходящихся на один вызов во время разговора, и длина информационной части в MSU (MSU – значащая сигнальная единица, используемая для передачи сигнальной информации, формируемой подсистемами пользователей или SCCP). Информационная часть необходима для передачи  $B_{AB}$  объема потока сигнализации в составе протокола ОКС-7. Поле сигнальной информации (SIF) в MSU может состоять максимум из 272 байтов, форматы и коды которых определяются подсистемой пользователей.

Для обмена сообщениями устанавливается соединение сигнализации и производится передача данных. После окончания передачи данных SCCP пункта А или SCCP пункта В могут инициировать процедуру освобождения путем передачи сообщения запроса разъединения RLSD. Прием сообщения RLSD узлом подтверждается сообщением подтверждения разъединения. Во время установления каждого  $i$ -го соединения присваиваются местные условные номера источника и назначения. Местный условный номер источника выбирается каждой SCCP пункта А из пула номеров, а местный условный номер назначения выбирается подсистемой SCCP пункта В. Комбинация этих местных условных номеров затем действует как справочный номер для однозначной идентификации соединения SCCP. После освобождения соединения местные условные номера возвращаются в общий пул на каждом узле и могут использоваться снова для другого соединения.

При расчете вероятностно-временных характеристик принято, что общая речевая нагрузка, которая эквивалентна поступающей в сеть телефонной нагрузке, больше соответствующей ей сигнализационной нагрузки в  $[1 - P(L)]^{-1}$  раз. Однако, для каждого соединения в состав пакета MSU добавляется еще 16 проверочных бит (два байта), образующие специальное проверочное кодовое слово  $H_i$  для обнаружения ошибок [2]. Таким образом, для каждого  $i$ -го соединения обработанный объем сигнализационного пакетного потока можно рассчитать по формуле [3]:

$$B_i = B\bar{T}_c[1 - P(L)] + H_i. \quad (3)$$

Эффективность использования или производительность для каналов сигнализации на транспортном уровне  $\eta'_i$  определяется как отношение (1) и (3), т.е. равна соотношению общего объема соответствующего речевой нагрузке сигнализационного трафика и обработанного объема сигнализационного пакетного потока с дополнительной служебной информацией. С учетом (2) производительность для каналов сигнализации транспортного уровня определится:

$$\begin{aligned} \eta'_i &= \frac{B_{AB}}{B_i} = \frac{B\bar{T}_c[1 - P(L)]}{B\bar{T}_c[1 - P(L)] + H_i} = \left[ \frac{B\bar{T}_c[1 - P(L)] + H_i}{B\bar{T}_c[1 - P(L)]} \right]^{-1} = \\ &= \left[ \frac{B\bar{T}_c[1 - P(L)]}{B\bar{T}_c[1 - P(L)]} + \frac{H_i}{B\bar{T}_c[1 - P(L)]} \right]^{-1} = \left[ 1 + \frac{H_i}{NL^P} \right]^{-1}. \end{aligned} \quad (4)$$

Введением коэффициента  $h_i = H_i / N$  ( $h_i$  – приведенная оценка длины проверочного кодового слова) окончательно получается:

$$\eta'_i = \left[ 1 + \frac{h_i}{L^P} \right]^{-1}. \quad (5)$$

Из (5) видно, что с увеличением длины проверочного кодового слова  $H_i$  численное значение коэффициента  $\eta'_i$  убывает, а при увеличении длины пакета  $L^P$  – эффективность использования каналов сигнализации увеличивается.

Однако на длину пакета  $L^P$  вводятся обоснованные ограничения, поскольку в соответствии с рекомендацией ITU-T Q.726 необходимо выдержать определенные нормы, касающиеся среднего времени задержки пакетов, джиттера и коэффициента потерь пакетов [3], а очень длинные пакеты увеличивают задержки и вносят дополнительные нагрузочные потери. Поэтому, избыточность протокола, приводящая к увеличению длины пакета, оказывает существенное влияние на потери и производительность на транспортном уровне.

Коэффициент потерь для канала сигнализации на сетевом уровне рассчитывается по формуле [3]:

$$\eta_i = \eta'_i \rho_i \beta_i^P \quad (6)$$

где  $\rho = \lambda / \mu = \lambda t$  – коэффициент загрузки сигнализационного канала на сетевом уровне,  $\beta_i$  – коэффициент использования пропускной способности на канальном уровне с учетом проверочных кодовых слов (применяется циклический самопроверяющий код),  $\lambda$  – интенсивность сигнализационных пакетов,  $\mu$  – интенсивность обслуживания,  $t$  – средняя длительность обслуживания сигнализационных пакетов.

Тогда с учетом (5) и (6) получается:

$$\eta_i = \eta'_i \rho_i \beta_i^P = \rho_i \frac{\beta_i^P}{1 + \frac{h_i}{L^P}} \quad (7)$$

Поскольку разговорные пакеты, как и пакеты сигнализационных потоков разговорного вида, не переспрашиваются, то  $\beta_i^P = 1$ . Следовательно, для этого случая (7) преобразуется:

$$\eta_i = \rho_i \left[ 1 + \frac{h_i}{L^P} \right]^{-1} \quad (8)$$

С целью придания большей наглядности полученным результатам в системе MathCAD построены графики зависимости двух аналитических функций –  $\eta'_i = \varphi(\eta_i)$  при  $\rho = \text{const}$  и  $\eta'_i = \varphi(L^P)$  при различных приведенных длинах проверочных кодовых слов  $h_i$  (рис.1 и 2 соответственно).

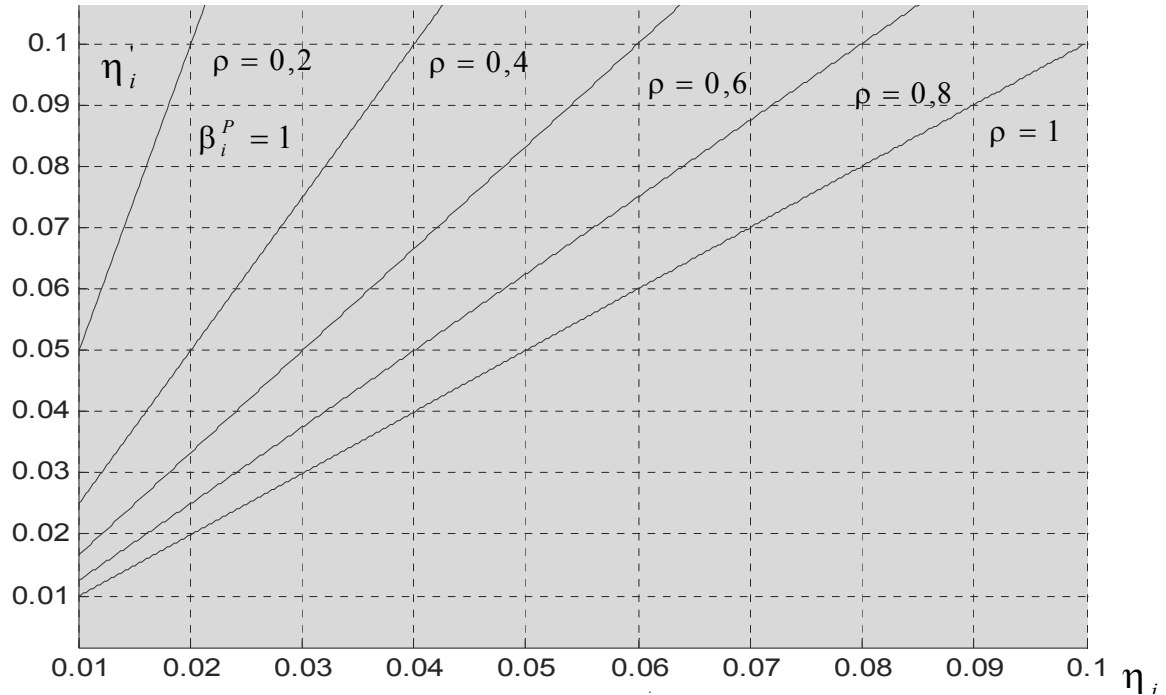


Рисунок 1 – График зависимости  $\eta'_i = \varphi(\eta_i)$

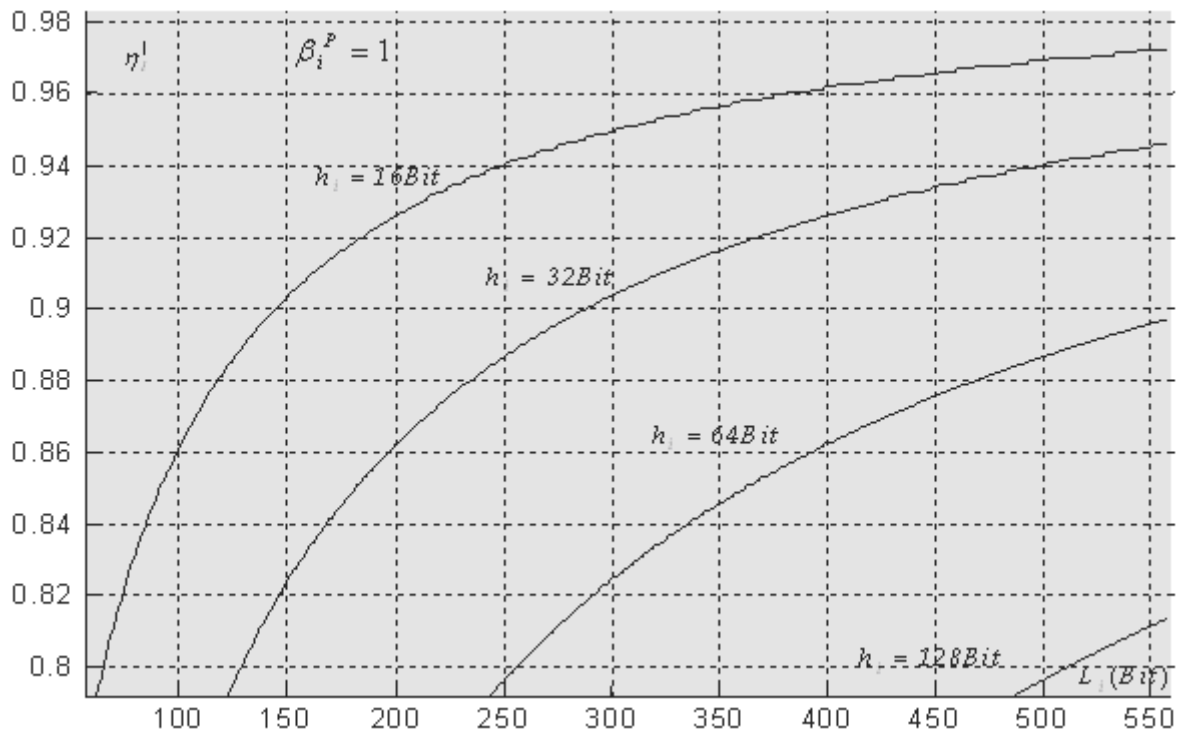


Рисунок 2 – График зависимости  $\eta'_i = \varphi(L^P)$

На основе анализа полученных графиков, из первого видно, что с уменьшением потерь на сетевом уровне  $\eta_i$  коэффициент использования на транспортном уровне улучшается. Например, при  $\rho = 0,6$  и  $\eta_i = 0,03$ ,  $\eta'_i = 0,05$ , при  $\eta_i = 0,05$ ,  $\eta'_i = 0,082$ . При этом эффективность на транспортном уровне увеличивается на  $\delta = (0,082 - 0,05) / 0,05 = 0,64$ , т.е. на 64%.

Из второго графика видно, что при малом значении приведенной длины проверочных кодовых слов  $h_i$  с увеличением длины сигнализационных пакетов разговорного вида  $L^P$ , коэффициент использования на транспортном уровне  $\eta'_i$  увеличивается, а функция его зависимости имеет явно выраженные асимптоты. При большой длине проверочного кодового слова коэффициент использования убывает и при этом функция его зависимости уже не имеет явно выраженных асимптот. Например, при  $h_i = 16$  bit и  $L_i^P = 500$  bit  $\eta'_i = 0,97$ , а при  $h_i = 128$  bit и  $L_i^P = 500$  bit – коэффициент использования  $\eta'_i = 0,75$ .

В заключении можно отметить, что предложенный метод оценки производительности каналов сигнализации имеет универсальное применение в условия конвергенции телекоммуникационных сетей – как для стационарных телефонных сетей, так и для ее соединений с мобильными и пакетными сетями передачи данных. Использование данного метода при проектировании телекоммуникационных сетей позволит повысить эффективность использования ресурсов сети ОКС-7.

### **Литература**

1. *Кучерявый А.Е.* Пакетная сеть связи общего пользования / Кучерявый А.Е., Гильченко Л.З., Иванов А.Ю. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 272 с.
2. *Гольдштейн Б.С.* Сигнализация в сетях связи / Гольдштейн Б.С. // М.: Радио и связь, 1997. – 423 с.
3. *Захарченко Г.П.* Математические модели для проектирования цифровых сетей связи: учеб. пособие / Г.П.Захарченко, Н.Н. Критякова // М.: Радио и связь. – 1986. – 326 с.
4. *Яновский Г.Г.* Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений / Яновский Г.Г. – М.: Радио и связь, 1988. – 242с.
5. *Амосов Д.А.* Анализ основных транспортных систем объединенных цифровых сетей связи / Д.А. Амосов, Н.Н. Мощак. – М.: Связь, 1988. – №8. – 210 с.