

Теория телетрафика и её применения

МОНОСЕРВИСНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ПРИОРИТЕТНОГО ТРАФИКА В PON

Баширин Г.П., Русина Н.В.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, gbasharin@sci.pfu.edu.ru,
rusina_nadezda@inbox.ru

Рассматривается частный случай процесса передачи восходящего потока трафика с учетом приоритизации в пассивной оптической сети.

Ключевые слова: пассивная оптическая сеть, оптический терминал, оптическое сетевое абонентское устройство, пассивный оптоволоконный разветвитель/смеситель, восходящий поток трафика, множественный доступ с разделением по времени, приоритетный трафик, вероятностно-временные характеристики.

Введение

Пассивная оптическая сеть (PON, Passive Optical Network) – это архитектура оптического доступа [1]-[5], которая обеспечивает передачу различных классов сетевого трафика между оптическим терминалом (OLT, Optical Line Terminal) и оптическими сетевыми абонентскими устройствами (ONU, Optical Network Units) через пассивные оптоволоконные разветвители/смесители (PO-SC, Passive Optical Splitter/Combiner).

Чтобы разделить нисходящий (от OLT к ONUs) и восходящий (от ONUs к OLT) поток трафика при использовании одного оптоволокна выделяют одну длину волны для передачи восходящего потока трафика и одну длину волны для передачи нисходящего потока трафика [5 §5.2], [6]

$$W_{up} := \{1310\text{nm}\}, W_{down} := \{1550\text{nm}\}. \quad (1)$$

В этом случае в процессе передачи потока трафика любого направления применяется технология множественного доступа с разделением по времени (TDMA, Time Division Multiple Access) [5 §5.2]. В TDMA PON каждому ONU выделяется определенный временной домен, единицей изменения которого является временной слот. ONU должно буферизовать полученные от клиента данные до тех пор, пока не начнется его временной домен.

Таким образом, ONU может находиться в состоянии ON, т.е. быть активным и осуществлять передачу к OLT и/или получение от OLT данных в выделенном ему временном домене, или в состоянии OFF, т.е. находиться в состоянии «сна», при котором передача к OLT и/или получение от OLT данных приостановлена. Для учета данного процесса функционирования ONU вводится параметр α - вероятность того, что выбранное ONU находится в состоянии ON в некоторый момент времени $t > 0$ [6].

В работе рассматривается моносервисная модель передачи восходящего потока трафика с учетом приоритетного трафика [5 §5.2], [7]. Полученные результаты применяются для расчета вероятностно-временных характеристик модели.

Математическая модель передачи восходящего потока трафика

Рассмотрим процесс передачи восходящего потока трафика с приоритетными и обычными заявками в TDMA PON для некоторого ONU (Рис. 1). ONU имеет накопители длины R_j , $0 < R_j < \infty$, $j = \overline{1,2}$, заявок. Здесь и далее $j = 1$ определяет приоритетные заявки, а $j = 2$ - все остальные заявки. Потоки поступления j -заявок любого приоритета на ONU пуассоновские с постоянными интенсивностями λ_j , $0 < \lambda_j < \infty$, $j = \overline{1,2}$, и независимы в совокупности. Каждая j -заявка занимает в накопителе, соответствующем приоритету, одно место на время ее обслуживания и освобождает сразу после завершения обслуживания вместе с освобождением длины волны.

Если в момент поступления новой j -заявки, $j = \overline{1,2}$, в ONU оказались заняты больше, чем $R_j - 1$ мест в очереди, то поступившая j -заявка получает отказ и теряется, не влияя на интенсивность поступления породившего ее пуассоновского потока.

Время обслуживания j -заявки в ONU имеет экспоненциальное распределение с параметром α . Однако необходимо учесть процесс функционирования ONU, которое осуществляет передачу данных только в определенные временные домены, и тем самым, может находиться в состоянии, когда передача полностью прекращена. Тогда интенсивность обслуживания j -заявки, учитывая особенность функционирования ONU, примет вид

$$\alpha \mu. \quad (2)$$

Здесь и далее α - вероятность того, что выбранное ONU находится в состоянии ON в некоторый момент времени $t > 0$ [6].

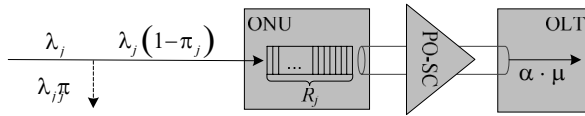


Рис. 1. Модель передачи восходящего потока трафика по j -заявке, $j = \overline{1,2}$

Описание СтМП и пространства состояний

Функционирование СМО будем описывать с помощью СтМП векторной формы $Z(t) := (Z_j(t))_{j=1,2}$, $t > 0$, где $Z_j(t)$ - число j -заявок в ONU, в момент времени $t > 0$ (Рис. 2).

Вектор и пространство состояний системы

$$m := (m_j)_{j=1,2}, m_j \in \{0, 1, \dots, R_j\} \text{ и } \Omega := \{m \mid 0 \leq m_j \leq R_j, j = \overline{1,2}\} \quad (3)$$

Подпространство приема и блокировки j -заявок, $j = \overline{1,2}$, соответственно,

$$\Omega_j := \{m \in \Omega \mid m_j < R_j\}, \overline{\Omega}_j := \{m \in \Omega \mid m_j = R_j\} \quad (4)$$

На рисунке 3 представлен пример схемы переходов между состояниями системы.

Обозначим равновесное распределение процесса $Z(t)$ как

$$p(m_1, m_2) := P\{Z = m\} = P\{Z_j = m_j, j = \overline{1,2}\}, m \in \Omega. \quad (5)$$

Система уравнений глобального баланса (СУГБ) будет иметь вид

$$\begin{aligned} p(m_1, m_2) [\lambda_1 + \lambda_2 + \alpha \mu + 1(m_1 = 0) \alpha \mu] = & \lambda_1 1(m_1 > 0) p(m_1 - 1, m_2) + \\ & + \lambda_2 1(m_2 > 0) p(m_1, m_2 - 1) + \alpha \mu 1(m_1 < R_1) p(m_1 + 1, m_2) + \\ & + \alpha \mu 1(m_2 < R_2, m_1 = 0) p(m_1, m_2 + 1), m \in \Omega. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь функция-индикатор

$$1(\text{событие } A) = \begin{cases} 1, & \text{если } A \text{ произошло,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (7)$$

Решая численно СУГБ (6), мы можем получить вероятности блокировок j -заявок по следующей формуле

$$\pi_j = \sum_{m \in \overline{\Omega}_j} p(m), j = \overline{1,2}. \quad (8)$$

Выводы

С помощью регулирования вероятностного параметра α в СМО, учитывающего особенность функционирования ONU, возможно задавать оптимальную работу системы. Для обоснования в докладе приводится пример численного анализа для частного случая.

Предложенная математическая модель может быть применена для анализа и расчета вероятностно-временных характеристик оптических сетей с передачей трафика в пачках [7].

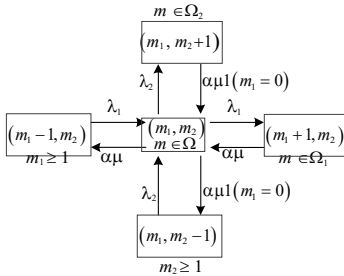


Рис. 2. Схема переходов между состояниями

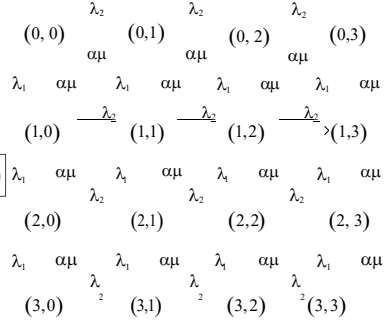


Рис. 3. Схема переходов между состояниями при $R_1 = R_2 = 3$

Литература

1. Гринфилд Д. Оптические сети. – Киев: Изд-во: ООО «ДиаСофтЮП». Пер. с англ., 2002. – 256 с.
2. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика. Изд.3-е, перераб. и доп. — М.: Изд-во: РУДН, 2009. - 342 с.
3. Наумов В.А, Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Теория телетрафика мультисервисных сетей. Монография. — М.: Изд-во: РУДН, 2008. - 191 с.
4. Ефимушкин, В.А., Савандюков И.М. Распределение ресурсов в оптических транспортных сетях: Учебное пособие // М.:ЦНИИС, 2010. — 50 с.
5. Mukherjee B. Optical WDM networks. — Springer, 2006. — 973 p.
6. Башарин Г. П., Русина Н. В. Модель функционирования абонентского сетевого устройства в мультисервисной пассивной оптической сети // Труды 17-ой международной конференции «Распределенные компьютерные и коммуникационные сети: управление, вычисление, связь». – Москва: 7-10 октября 2013. – С. 273-275.
7. Башарин Г.П., Шибаева Е.С. Математическая модель функционирования коммутатора оптической сети с учетом волоконно-оптических линий задержки // Т-сomm: Телекоммуникации и транспорт. М.: ИД «Медиа Паблишер». – 2012. - № 7. – С. 23-26

MONOSERVICE TRAFFIC MODEL WITH PRIORITY IN PON

Bacharin G.P., Rusina N.V.

Peoples' Friendship University of Russia, gbasharin@sci.pfu.edu.ru, rusina_nadezda@inbox.ru

This paper is concerned with a special case of an upstream traffic transition process with priority in PON.

Key words: Passive Optical Network (PON), Optical Line Terminal (OLT), Optical Network Unit (ONU), Passive Optical Splitter/Combiner (PO-SC), upstream, Time Division Multiple Access (TDMA), priority traffic, steady-state probability.