



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 001

**ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ OTN-OTN
ФОРМИРОВАНИЕ БЛОКОВ НАГРУЗКИ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ OPUK
OTN-OTN OPTICAL TRANSPORT NETWORK TECHNOLOGY
FORMATION OF LOAD BLOCKS OF OPUK OPTICAL CHANNELS**

Еремеев Евгений Леонидович, преподаватель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Буравцова Дарья Александровна, старший преподаватель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Дмитриев Алексей Максимович, кандидат военных наук, старший преподаватель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Буцев Сергей Федорович, кандидат технических наук, доцент, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Горай Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Усацкий Владимир Анатольевич, преподаватель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Yeremeev Evgeny Leonidovich, Lecturer, Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg

Buravtsova Daria Alexandrovna, Senior Lecturer, Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg

Dmitriev Alexey Maksimovich, Candidate of Military Sciences, Senior Lecturer, Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg

Butsaev Sergey Fedorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg

Gorai Ivan Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg

Usatsky Vladimir Anatolyevich, Lecturer, Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg

Аннотация: Блоки нагрузки оптических каналов OPUk предназначены для упаковки цифровых информационных данных с синхронным по битам или асинхронным согласованием скоростей.

Abstract: The load blocks of OPUk optical channels are designed for packaging digital information data with bit-synchronous or asynchronous speed matching.

Ключевые слова: сети OTN/ОТН, волоконно-оптические системы передачи, оптическое мультиплексирование, технологии волнового разделения каналов, оптические модули.

Keywords: OTN/OTN networks, fiber-optic transmission systems, optical multiplexing, wave channel separation technologies, optical modules.

Блок OPUk может иметь один из трех порядков ($k = 1, 2, 3$), который соответствует определенной скорости передачи ОТН (табл. 1). Заголовок OPUk имеет одинаковую структуру на всех иерархических ступенях (рис. 1). Назначение и обозначение байтов заголовка OPUk на этом рисунке следующие:

RES, *Reserved* - резервные байты и биты для будущей стандартизации;

PSI, *Payload Structure Identifier* - идентификатор структуры нагрузки; содержится в 256 байтах следующих друг за другом, но только нулевой байт этой последовательности несет сообщение о типе нагрузки PT (Payload Type), остальные байты резервные;

JC, *Justification Control* - управление выравниванием (согласованием скорости передачи); используется при асинхронной упаковке/выгрузке информации пользователя для указания на отрицательное или положительное согласование скорости;

NJO, PJO, *Negative Justification Opportunity, Positive JO* - отрицательное и положительное согласование скорости.

Таблица 1

Типы OPUk и скорости передачи

Тип OPUk	Скорость передачи, кбит/с	Отклонение скорости
OPU1	2 488 320	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$
OPU2	$238/237 \times 9\,953\,280$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$
OPU3	$238/236 \times 39\,813\,120$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$

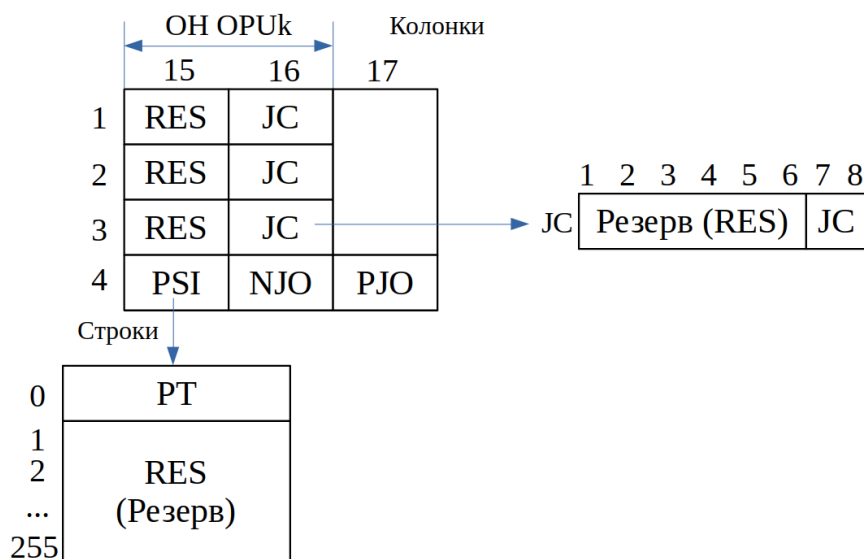


Рисунок 1. Заголовок OPUk

Байты NJO и PJO не применяются при синхронной упаковке по байтам и выгрузке в OPUk. При этом байт PJO используется для размещения информационных данных. Состояние битов JS и байтов NJO и PJO при асинхронной упаковке и выгрузке приведено в табл. 2.

В указании на тип нагрузки PT может быть отмечен один из известных видов цифровой информации. Например, упаковка ячеек ATM будет сопровождаться байтом PT 00000100, а асинхронная упаковка информации байтом 00000010.

На рис. 2 приведен пример цикла OPU1, загруженного информационными данными STM-16, передаваемыми со скоростью 2,5 Гбит/с. Загрузка STM-16 происходит бит за битом без опознавания байтов STM-16. При этом может быть активировано положительное или отрицательное согласование скоростей.

Таблица 2

Состояние битов JS и байтов NJO и PJO при упаковке и выгрузке

JS, биты 7 8	NJO	NJO
00	Байт согласования	Байт данных
01	Байт данных	Байт данных
10	Не используется	
11	Байт согласования	Байт согласования

	15	16	17	18	Колонки байтов	3824
1	RES	JC	D	D	3805 D байтов	D
2	RES	JC	D	D	3805 D байтов	D
3	RES	JC	D	D	3805 D байтов	D
4	PSI	NJO	PJO	D	3805 D байтов	D

Строки

Рисунок 2. Пример упаковки боков STM-16 в OPU1

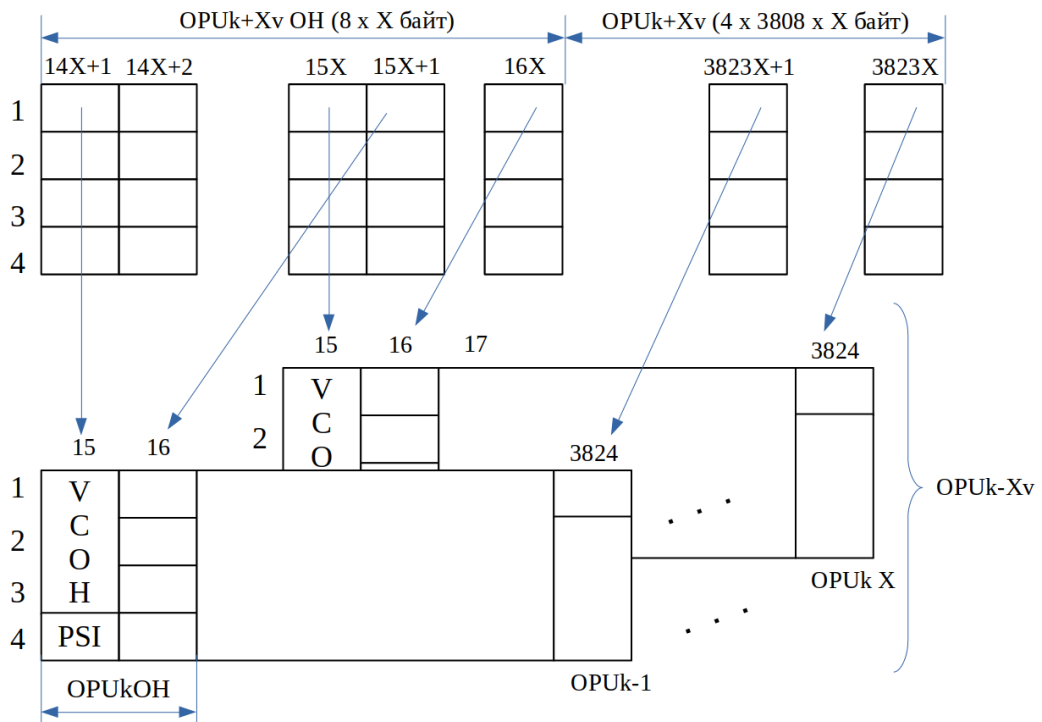


Рисунок 3. Пример структуры блока OPUk-Xv

Виртуальная сцепка (конкатенация) в OPUk выполняется в X параллельно упаковываемых OPUk единым блоком информации. Обозначение виртуальной сцепки OPUk-Xv, где $k = 1, 2, 3$, $X = 1, 2, \dots, 256$. Таким образом одновременно может быть предоставлена емкость $X \times 4 \times 3810$ байтов для переноса информации пользователя. Пример структуры OPUk-Xv приведен на рис. 3.

Каждая из составляющих OPUk-X транспортируется самостоятельно через сеть OTN. При этом на приемной стороне для согласованной выгрузки информации из OPUk-X используется заголовок OPUk-Xv OH. Общая структура заголовка OPUk-X OH приведена на рис. 4.

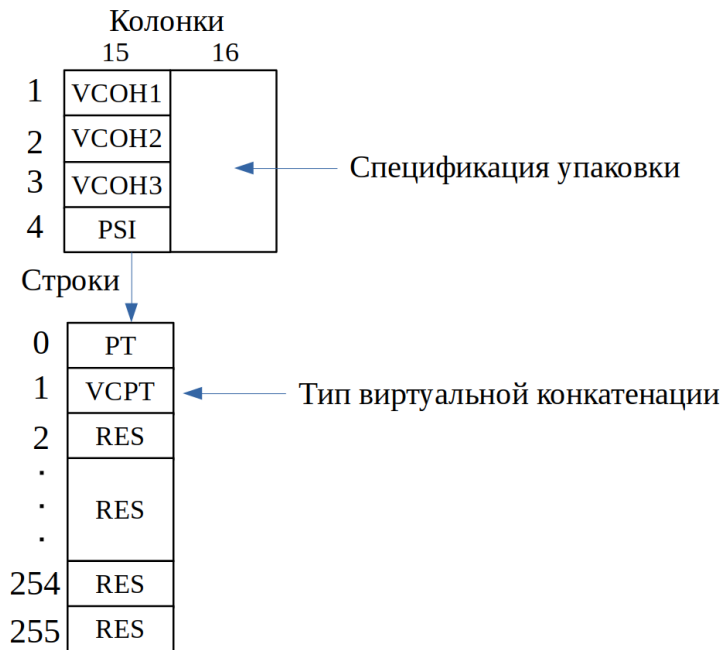


Рисунок 4. Общая структура заголовка блока OPUk-Xv

Байт PSI в каждом OPUk из OPUk-Xv повторяется. Три байта VCON1, VCON2, VCON3 используются для транспортировки спецификации цикловой структуры виртуальной сцепки. Это 8 битов в 3-х байтах, повторяемые в цикле 32 раза. Структура содержит последовательный сверхцикл и заголовок управления согласованием с линией передачи.

Байты OPUk-Xv VCON1/2/3 имеют следующее назначение:

- MFI, *Multi Frame Indicator* - индикатор сверхцикла; содержит измеренный интервал задержки между сигналами в группе виртуальной сцепки и обеспечивает процесс компенсации этой задержки на приеме; процесс компенсации проходит за 125 мкс;

- SQ, *Sequence Indicator* - индикатор последовательности; идентифицирует порядок индивидуальных блоков OPUk в OPUk-Xv, т.е. объединенных в единую последовательность;

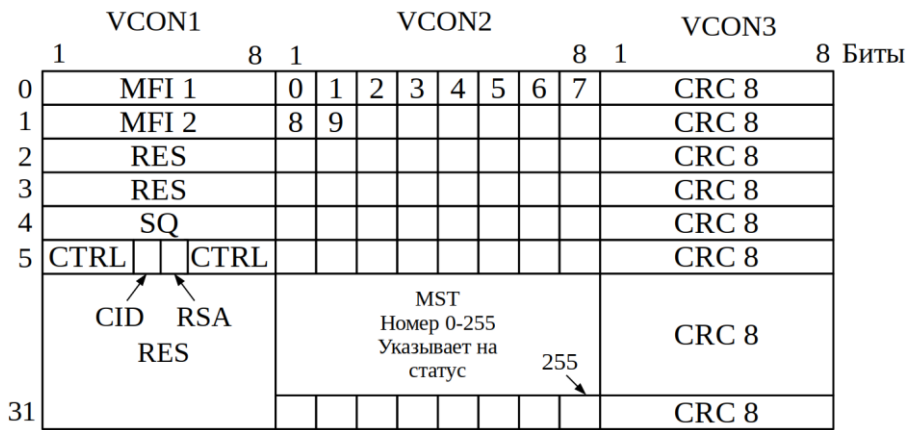


Рисунок 5. Общая структура заголовка блока OPUk-Xv

– CTRL, *LCAS Control Word* - слово контроля согласования с емкостью линии передачи с определенными командами, кодированием и обработкой при управлении емкостью сцепленного канала;

– CID, *LCAS Group Identification* - идентификатор группы согласования с емкостью линии передачи; служит для верификации на приемной стороне всей группы каналов в одной линии передачи;

– RSA, *Re-Sequence Acknowledge* - восстановление последовательности; сообщение, которое индицирует для приемника восстановление последовательности со стороны передатчика;

– MST, *Member Status field* - поле статуса участника (объединяемого блока OPUk); используется один бит для каждого OPUk, объединяемых в OPUk-Xv; статус (наличие или отсутствие) передается за 1567 мкс для $k = 1$, за 390 мкс - для $k = 2$, за 97 мкс - для $k = 3$;

– CRC-8, *Cyclic Redundancy Check* - циклический избыточный 8-разрядный код, вычисляемый для байтов VCON1, VCON2 с использованием полинома $X^8 + X^2 + X + 1$, служит для контроля и исправления ошибок передачи на приемной стороне.

Номинальные значения скоростей сцепляемых блоков OPUk

Тип OPUk-Xv	Скорость передачи, кбит/с	Отклонение скорости
OPU1-Xv	$X \times 2\,488\,320$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$
OPU2-Xv	$X \times 238/237 \times 9\,953\,280$	
OPU3-Xv	$X \times 238/236 \times 39\,813\,120$	

Пример упаковки данных STM-64 в OPU1-4v приведен на рис. 6. Сцепляемые OPUk имеют определенные номиналы скоростей передачи и допустимые отклонения этих скоростей (табл. 3).

	14X+1	14X+2	14X+3	15X	15X+1	15X+2	15X+3	16X	16X+1	3824X
1	V	V	V	V	JC	JC	JC	NJO	PJO		4 x 3808D-1
2	C	C	C	C	JC	JC	JC	NJO	PJO		4 x 3808D-1
3	O	O	O	O	JC	JC	JC	NJO	PJO		4 x 3808D-1
4	H	H	H	H	JC	JC	JC	NJO	PJO		4 x 3808D-1
4	PSI	PSI	PSI	PSI	JC	JC	JC	NJO	PJO		4 x 3808D-1

Рисунок 6. Пример упаковки сигнала STM-64 в блок OPU1-4v

Литература:

1. В.Г. Фокин. Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. - М.: Эко-Трендз, 2008.
2. Зингеренко Ю.А. Оптические цифровые телекоммуникационные системы и сети синхронной цифровой иерархии. - Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. — М.: Техносфера, 2003.
4. Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В. Оптические телекоммуникационные системы: Учебное пособие для вузов / Под редакцией В.Н. Гордиенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2019.

References:

1. V.G. Fokino. Optical transmission systems and transport networks. Textbook. - M.: Eco-Trends, 2008.
2. Zingerenko Yu.A. Optical digital telecommunication systems and networks of synchronous digital hierarchy. - Study guide. – St. Petersburg: ITMO Research Institute, 2013.
3. Freeman R. Fiber-optic communication systems. — Moscow: Technosphere, 2003.
4. Gordienko V.N., Krukhmalev V.V. Optical telecommunication systems: A textbook for universities / Edited by V.N. Gordienko. – 2nd ed., reprint. and add. – M.: Hotline – Telecom, 2019.

© Еремеев Е.Л., Буравцова Д.А., Дмитриев А.М., Буцев С.Ф., Горай И.И., Усацкий В.А., Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник», номер 4/2022.

Для цитирования: Еремеев Е.Л., Буравцова Д.А., Дмитриев А.М., Буцев С.Ф., Горай И.И., Усацкий В.А. ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ OTN-OTN ФОРМИРОВАНИЕ БЛОКОВ НАГРУЗКИ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ OPUK // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник», номер 4/2022.