

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРА E2 СИНХРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ИЕРАРХИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ясинский С.А.¹, Буравцова Д.А.², Усацкий В.А.³

DOI:10.24682/3034-4050-2024-3-64-69

Ключевые слова: контейнер синхронной цифровой иерархии, двойное назначение, канал передачи E2.

Аннотация

Цель работы – проанализировать градации скоростей передачи плезиохронной цифровой иерархии и предложить целесообразность введения групповой скорости передачи 8,448 Мбит/с (E2) в качестве дополнительного контейнера в синхронном транспортном модуле синхронной цифровой иерархии.

Метод исследования: анализ существующих технологий построения систем передачи плезиохронной и синхронной цифровой иерархии.

Результаты исследования: В результате проведения анализа градаций скоростей каналов передачи плезиохронной цифровой иерархии обнаружено отсутствие их оптимальной вложенности в синхронный транспортный модуль STM-1 из-за отсутствия на его входах групповой скорости вторичного цифрового канала передачи европейской плезиохронной цифровой иерархии (8,448 Мбит/с).

После рассмотрения возможной причины отказа от использования скорости передачи европейской плезиохронной цифровой иерархии (8,448 Мбит/с) в качестве контейнера в синхронном транспортном модуле STM-1 сделано предложение о целесообразности его практической реализации на основе уточненной в работе схемы формирования STM-1 с дополнительным контейнером и возможностью производства с использованием отечественной элементной базы, что позволит повысить пропускную способность и безопасность создаваемых телекоммуникационных сетей.

Практическая ценность: Полученные научные результаты позволяют уточнить градацию скоростей передачи для синхронного транспортного модуля систем передачи синхронной цифровой иерархии путем введения с целью мультиплексирования дополнительной групповой скорости плезиохронной цифровой иерархии 8,448 Мбит/с, что позволит повысить пропускную способность и устойчивость транспортных сетей связи общего пользования и специального назначения.

Введение

На протяжении нескольких десятилетий наблюдается эволюционный переход от транспортных сетей связи (ТС) с использованием цифровых систем передачи (ЦСП) плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ, т. е. PDH) к телекоммуникационным сетям (ТКС) с применением систем передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ, т. е. SDH), а в настоящее время — к оптическим транспортным сетям (ОТС, т. е. OTN) на основе внедрения волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) с уплотненным волновым мультиплексированием (DWDM) и фотонных коммутаторов в виде реконфигурируемых оптических мультиплексоров ввода-вывода (ROADM) [1, 2]. Будучи консервативным, этот эволюционный переход сопровождается длительным периодом совместного использования в ТС разных технологий построения

ЦСП и систем коммутации, а тенденция внедрения высокоскоростных технологий связана с возрастающей потребностью в обмене человечеством большими объемами информационных потоков (ИП) [3].

Что касается сетей связи специального назначения (СН), которые являются составной частью Единой сети электросвязи (ЕСЭ) РФ, то с учетом их развертывания в полевых условиях с использованием не только ВОСП, но и проводных направляющих систем с медными жилами или (и) среды распространения радиосигналов, следует учитывать ограничения для эффективно передаваемых полос передачи сигналов электросвязи.

Следовательно, при обосновании применения имеющихся технологий построения ЦСП и систем коммутации для развертываемых ТС СН

¹Ясинский Сергей Александрович, доктор технических наук., доцент, профессор кафедры военных систем многоканальной электропроводной и оптической связи Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: yasinsky777@mail.ru.

²Буравцова Дарья Александровна, старший преподаватель кафедры военных систем многоканальной электропроводной и оптической связи Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербургу E-mail: dariko84@inbox.ru.

³Усацкий Владимир Анатольевич, преподаватель кафедры военных систем многоканальной электропроводной и оптической связи Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: usvovan@yandex.ru.

следует учитывать целесообразность использования той или иной скорости передачи групповых ИП в образуемых линейных трактах (ЛТ) проводных, радиорелейных и другого рода ЦСП. Однако, обоснованному выбору скоростей передачи в ЛТ предшествует огромная работа по проектированию ЦСП, где в технических заданиях заранее определяются требования к номиналам этих скоростей в соответствии со стандартами РФ и международными Рекомендациями.

Нет сомнения, что международные стандарты и Рекомендации должны учитываться при разработке ЦСП и систем коммутации ТС СН, но с учетом ведения против бывшего СССР и современной РФ гибридной войны. Общеизвестно, что в этой гибридной войне особое внимание уделяется экономической и информационной составляющей⁴. Поэтому следует более внимательно и критически отнестись к используемым в соответствии с международными Рекомендациями градациям скоростей передачи Европейской ПЦИ, так как в синхронном транспортном модуле аппаратуры СЦИ по непонятным причинам отсутству-

ет групповая скорость передачи второй ступени иерархии 8,448 Мбит/с.

Анализ градаций скоростей каналов передачи ПЦИ и контейнеров СЦИ

Для построения цифровых первичных сетей связи и транспортных сетей связи ЕСЭ РФВ используются дополняющие друг друга и эволюционно развивающиеся технологии ПЦИ, СЦИ и ОТС на основе DWDM. Во всех этих технологиях для образования каналов передачи (КП) применяется принцип временного мультиплексирования с поддержанием заранее определенных стандартами иерархий скоростей и максимальной степенью вложенности групповых скоростей меньшей технологической иерархии в большую иерархию, т. е. иерархия ПЦИ вкладывается в иерархию СЦИ, а последняя — в ОТС. Классификация скоростей передачи для каналов передачи трех международных систем ПЦИ приведена на рисунке 1, где [2, 3]: европейская — Европа, Южная Америка и др.; североамериканская — США и Канада; японская — Япония.

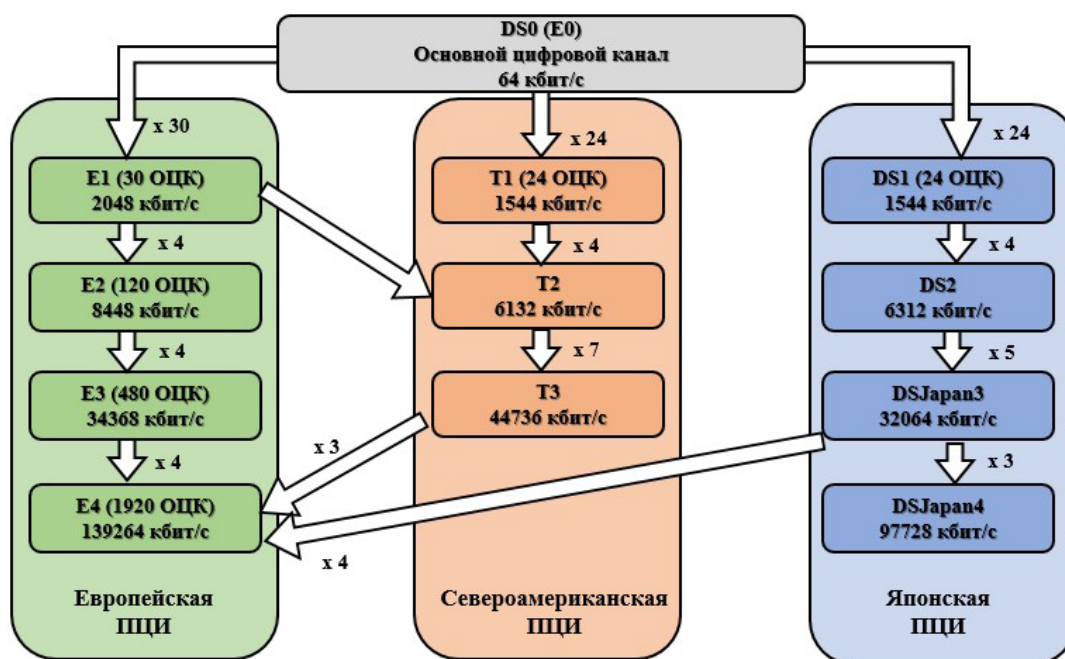


Рис.1. Классификация скоростей передачи для каналов передачи трех международных систем ПЦИ

Анализ трех международных иерархий скоростей на рисунке 1 позволяет сделать следующие выводы:

- ✓ во всех иерархиях скоростей передачи утвержден единый основной цифровой КП (ОЦК) со скоростью 64 кбит/с;
- ✓ европейская ПЦИ скоростей передачи полностью не соответствует североамериканской и японской;
- ✓ первая и вторая ступени североамериканской

⁴Указ Президента Российской Федерации от 31.03.2023 №229 об утверждении Концепции внешней политики Российской Федерации URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/udpjZePcMAycLXOGGAgmVHQDloFCN2Ae.pdf> (дата обращения: 05.11.2024).

- и японской иерархий скоростей передачи находятся в полном соответствии;
- ✓ в качестве коэффициента мультиплексирования (КМ) для большинства ступеней иерархии принято число четыре, за исключением перехода от второй к третьей ступени в североамериканской и японской ПЦИ;
- ✓ допускается совместимость между тремя иерархиями скоростей ПЦИ.

В процессе внедрения технологии СЦИ при модернизации ТС возникла проблема наиболее рационального перехода от КП со скоростями ПЦИ к формированию на их основе слоя типовых КП, на основе которых образуется слой групповых трактов и на завершающем этапе — слой

среды передачи. Начальной функцией в технологии СЦИ является образование контейнеров (С) для общепринятых на международном уровне каналов передачи ПЦИ, на выходе которых скорости увеличиваются за счет добавления выравнивающих, управляющих и упаковывающих импульсов (битов). Классификация возможного образования различных типов контейнеров на основе общепринятых скоростей передачи ПЦИ для первой ступени СЦИ в виде основного (первого) синхронного транспортного модуля (СТМ, т. е. STM-1) со скоростью 155,52 Мбит/с была специально выбрана под передачу максимально возможной из всех систем скорости четвертой ступени иерархии (139,264 Мбит/с). Скорости КП на входе и выходе контейнеров СЦИ приведены в таблице [2].

Таблица 1.

Скорости передачи на входе и выходе контейнеров СЦИ

Условное обозначение контейнера СЦИ	Скорость КП на выходе контейнера, Мбит/с	Скорость КП ПЦИ на входе контейнера, Мбит/с	Соответствие КП ПЦИ определенной системе / КМ:		
			Е / КМ	Т / КМ	DS / КМ
С-11	1,6	1,544		T1 / 24 E0	DS1 / 24 E0
С-12	2,176	2,048	E1 / 30 E0		
С-2	6,784	6,312		T2 / 4 T1	DS2 / 4 DS1
С-3	48,384	34,368 или 44,736 или 32,074	E3 / 16 E1 (34,368 Мбит/с)	T3 / 7 T2 (44,736 Мбит/с)	DS3 / 5 DS2 (32,074 Мбит/с)
С-4	149,76	139,264	E4 / 4 E3	– / 3 T3	– / 4 DS3

Анализ заложенных данных из таблицы по формированию контейнеров СЦИ позволяет сделать следующие выводы:

- ✓ в независимости от иерархии скоростей каналов передачи ПЦИ после третьей ступени мультиплексирования с целью формирования единого основного контейнера С-4 с максимально возможным объемом битовой информации вводятся для каждой из трех международных ПЦИ свои конкретные КМ: для европейской системы скоростей (Е) — КМ равен 4 для объединения четырех ИП типа E3; для североамериканской системы скоростей

(Т) — КМ равен 3 для объединения четырех ИП типа T3; для японской системы скоростей (DS) — КМ равен 3 для объединения трех ИП типа DS3;

- ✓ при формировании контейнера для второго уровня СЦИ исключена европейская скорость ПЦИ E2 (8,448 Мбит/с), что нарушает наиболее рациональную вложенность E1 (2,048 Мбит/с) в E3 (34,368 Мбит/с).

Оказывается, что изначально использование скорости E2 (8,448 Мбит/с) для формирования соответствующего контейнера второй ступени иерархии для СЦИ допускалось, но затем

такая возможность была ограничена без научного обоснования.

Следовательно, постараемся выяснить возможную причину отказа от использования E2 (8,448 Мбит/с) в качестве контейнера второй ступени для разработки СЦИ.

Анализ возможной причины отказа от использования E2 (8,448 Мбит/с) в качестве контейнера

Основные стандарты по технологии СЦИ (рекомендации МККТТ G.707 — G.709 в 1989 г.) при формировании сигнала STM-1 первоначально допускали возможность формирования контейнера, образованного на основе вторичного цифрового КП европейской ПЦИ (8,448 Мбит/с).

Однако уже через 2 года (1991 г.) в очередной (второй) редакции этих рекомендаций МККТТ групповая скорость 8,448 Мбит/с для формирования контейнера СЦИ исключается. А бытующее объяснение такого исключения E2 (8,448 Мбит/с) для создания контейнера C-22, при условии обозначения североамериканского контейнера C-2 (6,784 Мбит/с) как C-21, в виде якобы значительного упрощения схемы мультиплексирования, не выдерживает критики.

Дело в том, что для образования C-4 на основе E4 (139,264 Мбит/с) делается обоснование ее использования из-за максимально возможной размерности. Аналогичным образом поступили с образованием контейнера третьей ступени иерархии T3 (48,384 Мбит/с), в которую вошли все три системы ПЦИ (европейская, североамериканская и японская) и ни одну с целью упрощения схемы мультиплексирования не стали исключать.

По всей видимости, причина исключения в 1991 году зональных и местных сетей была созданная аппаратура ИКМ-120. То есть имело место влияние политических и экономических факторов в противоборстве двух мировых систем — между капиталистической системой во главе с США и социалистической с коммунистической вместе взятых во главе с СССР.

Если проанализировать используемые в СССР и Европейском экономическом союзе (ЕЭС) ЦСП при построении цифровых ПСС, то можно отметить следующее:

- ❖ внутризоновые и частично местные ПСС строились на основе аппаратуры типа ИКМ-120 по проводным и оптическим ЛТ (ИКМ-120-5, «Сопка-2», «Соната-2», ОЛТ-025, ТО-41 и др.), в которых скорость соответствует E2 (8,448 Мбит/с);
- ❖ в радиорелейных станциях и отдельных разработках ЦСП специального назначения для развертывания полевой опорной сети связи и прямых линий связи высшего звена управле-

ния имелись режимы работы с использованием E2 (8,448 Мбит/с).

Учитывая наступивший политический и экономический кризис в СССР с последующим развалом страны, а также целесообразность вовлечения РФ и бывших стран ЕЭС в полную зависимость, можно сделать предположение о целенаправленном исключении E2 (8,448 Мбит/с) в виде контейнера из построения СЦИ. Доказательство отсутствия логического обоснования такого решения приведено выше, а что касается научного обоснования, то оно заключается в нарушении закономерности наиболее рациональной (квазиоптимальной) вложенности ИП при мультиплексировании и приведено в работе.

Уточнение схемы формирования STM-1 с учетом использования E2 (8,448 Мбит/с) в качестве контейнера

Несмотря на недостатки технологии ПЦИ и частичное их преодоление в более совершенной технологии NG SDH, системы передачи ПЦИ продолжают использоваться в ТС и производится различными фирмами с предложениями на рынках телекоммуникационного оборудования в классическом исполнении или в виде гибких мультиплексоров⁵. Так как спрос на технологии ПЦИ и СЦИ будет сохраняться определенное время, то их применение не станет исключением для ТС и линий связи разного рода (проводных, оптических, радиорелейных) двойного назначения (ДН) и специального назначения (СН) в более низких звеньях управления.

Учитывая особенность ведения против РФ гибридной войны, соблюдение нашим государством в полном объеме всех международных стандартов и рекомендаций становится не всегда обязательным условием, а для производимого оборудования ДН и СН в случаях необходимой экономической и военно-политической целесообразности это соблюдение международных норм может быть не обязательным.

Действующая схема формирования STM-1 с контейнером C-2 (6,784 Мбит/с) приведена на рисунке 2, где [2]:

- C — контейнер (container);
- VC — виртуальный контейнер (virtual container);
- TU — субблок (tributary unit);
- TUG — групповой субблок (tributary unit group);
- AU — административный блок (administrative unit);
- AUG — групповой административный блок (administrative unit group).

⁵Гибкий мультиплексор Маком-MX Eltex / Eltex_13.12.2024.xlsx// <https://ruits.ru/assets/images/site/logo.svg> (дата обращения: 07.11.2024).

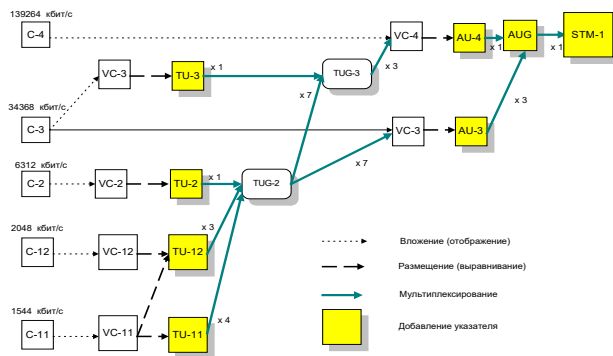


Рис.2. Действующая схема формирования STM-1

Уточненная схема формирования STM-1 с дополнительным контейнером C-22, учитывающая использование E2 (8,448 Мбит/с) и условное обозначение C-2 в виде C-21, приведена на рисунке 3.

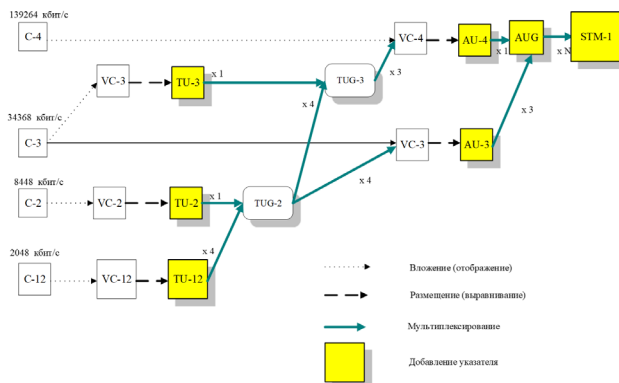


Рис. 3. Уточненная схема формирования STM-1 с дополнительным контейнером C-22

В схеме на рисунке 3 с целью упрощения структуры исключены контейнеры СЦИ с ИП североамериканской и японской ПЦИ первого и второго уровней иерархии, т. е.:

- С-11 с T1 (DS1) на входе (1,544 Мбит/с);
- С-2 с T2 (DS2) на входе (6,312 Мбит/с).

Заключение

В настоящее время технология SDN остается наиболее распространенной технологией построения ТС сети связи общего пользования ЕСЭ РФ и может быть использована десятками лет в будущем, что подтверждает актуальность настоящей научно-исследовательской работы при построении среднескоростных транспортных сетей связи ДН и СН.

Вопросы тактовой синхронизации в сетях СН в значительной мере относятся к технологии SDH, тогда как в ПЦИ, ввиду сравнительно низких скоростей, вполне удачно решаются за счёт встроенного генераторного оборудования мультиплексоров ДН и СН.

Внедрение в схему, в качестве входного для интерфейса СЦИ канала передачи со скоростью 8448 кбит/с, позволяет сопрягать однородные цифровые транспортные сети связи с наименьшими экономическими издержками, а также сопрягать разнородные сети связи с использованием средств радиорелейной связи, которые планируется применять при развертывании полевых сетей и линий связи специального назначения в особых условиях чрезвычайной обстановки.

Разработка алгоритма формирования СТМ с использованием контейнеров С-22, а также использование оборудования ПЦИ, поддерживающее E2 (8,448 Мбит/с) отечественного производства, положительным образом скажется на повышении безопасности, устойчивости, пропускной способности и разведзащищенности сетей СН и ДН, а так же на снижении их стоимости в ходе модернизации и реконструкции.

Литература

1. Гавлиевский, С.Л. Принципы построения мультисервисной сети ПАО «Ростелеком» / С.Л. Гавлиевский, В.Г. Карташевский, Д.В. Проскура и др. – М.: Горячая линия – Телеком, 2021. – 228 с.
2. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н.Олифер. – СПб.: Питер, 2024. – 1008 с.
3. Таненбаум, Э. Компьютерные сети, 5-е издание / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб.: Питер, 2019. – 960 с.

SUBSTANTIATION OF THE EXPEDIENCY OF THE FORMATION OF E2 CONTAINER SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY DUAL USE

Yasinsky S.A.¹, Buravtsova D.A.², Usatsky V.A.³

Keywords: synchronous digital hierarchy container, dual use, E2 transmission channel.

Abstract

The aim of the work is to analyze the gradations of transmission rates of the plesiochronous digital hierarchy and to propose the expediency of introducing a group transmission rate of 8.448 Mbit/s (E2) as an additional container in the synchronous transport module of the synchronous digital hierarchy.

Research method: analysis of existing technologies for building transmission systems of plesiochronous and synchronous digital hierarchy.

Results: As a result of the analysis of speed gradations of the transmission channels of the plesiochronous digital hierarchy, the absence of their optimal nesting in the synchronous transport module STM-1 was found due to the absence of the group speed of the secondary digital transmission channel of the European plesiochronous digital hierarchy (8.448 Mbit/s) at its inputs.

After considering the possible reason for the refusal to use the transmission rate of the European plesiochronous digital hierarchy (8.448 Mbit/s) as a container in the STM-1 synchronous transport module, a proposal was made on the expediency of its practical implementation on the basis of the STM-1 formation scheme refined in the work with an additional container and the possibility of production using the domestic element base, which will increase throughput and safety telecommunication networks being created.

Practical value: The obtained scientific results make it possible to clarify the gradation of transmission rates for the synchronous transport module of synchronous digital hierarchy transmission systems by introducing an additional group speed of the plesiochronous digital hierarchy of 8.448 Mbit/s for the purpose of multiplexing, which will increase the capacity and stability of transport networks of public and special-purpose communications.

References

1. Gavlievsky, S.L. Principles of building a multiservice network of Rostelecom PJSC / S.L. Gavlievsky, V.G. Kartashevsky, D.V. Proskura, etc. – M.: Hotline – Telecom, 2021. – 228 p.
2. Olifer, V. Computer networks. Principles, technologies, protocols / V. Olifer, N.Olifer. – St. Petersburg: St. Petersburg, 2024. – 1008 p.
3. Tanenbaum, E. Computer networks, 5th edition / E. Tanenbaum, D. Weatherall. – St. Petersburg: Peter, 2019. – 960 p.

¹Sergey A. Yasinsky, Dr.Sc., Associate Professor, Professor of the Department of Military Systems of Multichannel Electrical Wire and Optical Communication of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: yasinsky777@mail.ru.

²Daria A. Buravtsova, Senior Lecturer, Department of Military Systems of Multichannel Electrical Conductive and Optical Communications, Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg E-mail: dariko84@inbox.ru.

³Daria A. Buravtsova, Senior Lecturer, Department of Military Systems of Multichannel Electrical Conductive and Optical Communications, Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg E-mail: dariko84@inbox.ru.

