

ВЫБОР СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ИЕРАРХИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ

В.К. КЕМАЙКИН¹, канд. техн. наук, В.М. ЛАНЧЕВ², канд. военных наук,
А.А. СМЕЛОВСКАЯ¹, студентка

¹Тверской государственной технической университет, 170026, Тверь,
наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: vk-kem@mail.ru

²Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза
Г.К. Жукова, 170100, Тверь, ул. Жигарева, д. 50, e-mail: vmlanchev@list.ru

© Кемайкин В.К., Ланчев В.М.,
Смеловская А.А., 2021

В статье представлен выбор структуры автоматизированных систем резервирования. Отмечено, что на современном этапе развития и перевода сетей обмена данными на цифровое телекоммуникационное оборудование все большее значение приобретают вопросы, связанные с внедрением автоматизированных систем резервирования данных сетей и использованием технологии синхронной цифровой иерархии для повышения надежности данных сетей и обеспечения требуемой пропускной способности для передачи разного вида информации.

Ключевые слова: сеть обмена данными, асинхронный способ передачи данных, пропускная способность, повышения надежности данных сетей.

DOI: 10.46573/2658-5030-2021-103-109

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время достаточно большое внимание уделяется вопросам передачи информации по каналам связи. Выбор оптимальной автоматизированной системы резервирования цифровой сети обмена данными (СОД) на основе технологии синхронной цифровой иерархии (СЦИ) необходимо осуществлять в рамках имеющихся ресурсных ограничений по надежности с определением коэффициента готовности не одного звена, а всей цифровой сети обмена данными в целом. Это позволит обеспечить требуемую пропускную способность и надежность для передачи разного вида информации в СОД.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

Автоматизированные системы резервирования с применением технологии СЦИ, используемых при проектировании цифровой СОД, обладают рядом достоинств. Технология СЦИ позволяет создать на цифровой СОД универсальную систему, объединяющую сетевые ресурсы, которые выполняют функции передачи информации, контроля и управления (оперативного переключения, резервирования и др.). Информационной нагрузкой СОД на основе СЦИ могут быть сигналы любой из существующих систем плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ), потоки ячеек АТМ (асинхронный режим передачи) или дейтаграммы сети Интернет [1–2].

Циркулирующая информация в системе СЦИ передается в контейнерах. Контейнер представляет собой структурированные данные. Если система ПЦИ генерирует трафик, который нужно передать по системе СЦИ, то данные ПЦИ, как и

СЦИ, сначала формируются в виде контейнеров, а затем к контейнеру добавляется заголовок и указатели, в результате чего образуется синхронный транспортный модуль STM-1 [3]. По сети контейнеры STM-1 передаются в системе СЦИ разных уровней (STM-n), но во всех случаях единожды сформированный STM-1 [4] может складываться только с другим транспортным модулем, т.е. происходит мультиплексирование транспортных модулей, как показано на структурной схеме (рис. 1).



Рис. 1. Структурная схема сети передачи данных

С учетом того, что низкоскоростные сигналы ПЦИ мультиплексируются в структуру фрейма высокоскоростных сигналов СЦИ-ПЦИ с использованием метода побайтового мультиплексирования, их расположение во фрейме высокоскоростного сигнала постоянно и определено. Таким образом, низкоскоростной сигнал СЦИ, например 155 Мбит/с, может быть добавлен или выделен из высокоскоростного сигнала 2.5 Гбит/с. Это упрощает мультиплексирование и демultipлексирование сигнала и адаптирует СЦИ для высокоскоростных волоконно-оптических систем передачи, обладающих высокой производительностью [4].

Технология СЦИ имеет собственные средства для управления и резервирования. Эти средства осуществляют операции переключения с помощью управляющих байтов, находящихся на определенных позициях в заголовке контейнеров СЦИ.

Таким образом, достаточная надежность в цифровых СОД на основе СЦИ может быть достигнута только с использованием сетевого резервирования. Однако применение в сети схем резервирования повышает затраты на резервные емкости. Поэтому следует использовать такие способы резервирования, которые позволили бы снизить затраты на резервирование, но при этом обеспечивали требуемый уровень надежности соединений.

Хотя ЦСП плезиохронной иерархии были значительным шагом в развитии связи по сравнению с аналоговыми системами, ЦСП ПЦИ все же имеет ряд недостатков. Во-первых, наличие трех различных иерархий (европейской, североамериканской и японской) усложняет, затрудняет организацию международной связи. Во-вторых, в ЦСП ПЦИ сложный процесс ввода/вывода цифровых потоков в промежуточных пунктах, в связи с чем для выделения низкоскоростного потока требуется непропорционально большое количество сложного оборудования. Этот недостаток становится особенно существенным при необходимости частого ввода/вывода цифровых потоков вдоль магистрали [5].

Плезиохронная цифровая иерархия – это цифровой способ передачи данных и голоса, основанный на временном разделении канала и технологии представления сигнала с помощью импульсно-кодовой модуляции. В технологии ПЦИ в качестве входного используется сигнал основного цифрового канала (ОЦК), а на выходе формируется поток данных со скоростями $n \times 64$ Кбит/с. К группе ОЦК, несущих полезную нагрузку, добавляются служебные группы бит, используемые для проведения

процедур синхронизации и фазирования, сигнализации, контроля ошибок, в результате чего группа приобретает форму цикла.

Цифровая стационарная СОД в качестве среды передачи будет использовать в основном волоконно-оптический кабель, имеющий высокую пропускную способность. Объем информации, передаваемой по нему, чрезвычайно велик и становится все большим по мере совершенствования технологии производства волоконно-оптического кабеля. Повреждение линии цифровой стационарной опорной сети связи на основе технологии СЦИ приводит к значительной потере информации [1, 2]. Следовательно, при построении цифровой СОД на основе технологии СЦИ наиболее важной является задача повышения надежности [3, 4]. В то же время необходимо учесть затраты пропускной способности на резервирование с целью исключения неоправданных расходов пропускной способности цифровой сети связи (что выливается в излишние физические линии связи) [4].

Достаточная надежность в цифровых СОД на основе СЦИ может быть получена только с использованием сетевого резервирования [1]. Однако применение на сети любой схемы резервирования неизбежно связано с дополнительными затратами на резервные емкости. Поэтому следует использовать такие способы резервирования, которые позволили бы минимизировать затраты на резервирование при удовлетворении требуемого уровня надежности соединений.

В известных моделях надежности сетевых структур в качестве ненадежных элементов рассматривались звенья или участки сети. Однако в связи с повышением сложности аппаратуры СЦИ и надежности аппаратуры оптического линейного тракта соотношение в надежности изменилось и указывается, что отказы часто возникают не на линии, а в аппаратуре СЦИ [6]. Необходимо использовать нетрадиционный подход, рассматривающий и учитывающий все виды отказов аппаратуры и линий наряду с оценкой пропускной способности определенной системы резервирования при проектировании цифровой СОД. Применяя усовершенствованную методику при проектировании цифровой СОД, следует учитывать рекомендации по использованию конкретной системы резервирования СОД с учетом пропускной способности и надежности сети.

Кольцевые структуры подразумевают резервирование соединений подсети для сети произвольной структуры и носят название SNCP 1+1 (или, иначе, SNCP типа «точка-точка»). SNCP 1+1 производит резервирование трактов пользователей, проходящих по независимым путям, путем резервного переключения по их концам. Структура SNCP 1+1 может быть рекомендована также для взаиморезервирования трактов различных операторов любого, как нижнего, так и верхнего ранга. В этом случае в каждом из промежуточных узлов как основной, так и резервной трассы в мультиплексорах СЦИ аппаратура должна быть сконфигурирована как SNCP, что осуществляется программным способом [6].

Кольцо с резервированием мультиплексных секций Multiplex Section Shared Protection Ring (MS-SPRing) еще называют двунаправленным, так как в нем сигналы двусторонней связи идут по одному и тому же физическому пути, и каждый тракт направляется вдоль кольца по кратчайшему пути в обоих направлениях [2].

Трассы (маршруты) всех потоков приведены в табл. 1. При этом для кольцевого резервирования MS-SPRing в нормальном (неаварийном) режиме работы маршруты потоков проходят по более короткой трассе, обозначенной в табл. 1 как «Трасса 1». Резервные трассы каждого потока в кольце MS-SPRing различны при разных авариях, поэтому столбец со второй трассой для кольца MS-SPRing не используется [7]. Для кольцевого резервирования SNCP передача потока идет одновременно как по одной

стороне кольца («Трасса 1»), так и по другой («Трасса 2»). При использовании для каждого потока резервирования SNCP 1+1 «Трасса 1» – первая (основная) трасса, а «Трасса 2» – вторая (резервная) трасса. В табл. 2 приведены усредненные оценки затрат пропускной способности на организацию резервирования при различных способах резервирования. Сравнительная диаграмма усредненных оценок затрат пропускной способности на резервирование показана на рис. 2.

Таблица 1. Трассы потоков для случая центростремительного трафика

| Поток | Трасса 1 | Трасса 2 |
|-------|----------|-----------|
| 1-3 | 1-2-3 | 1-5-4-3 |
| 2-3 | 2-3 | 2-1-5-4-3 |
| 3-4 | 3-4 | 3-2-1-5-4 |
| 3-5 | 3-4-5 | 3-2-1-5 |

Таблица 2. Затраты пропускной способности на резервную емкость, получаемые при различных способах резервирования (усредненные)

| Тип резервирования | Затраты пропускной способности на организацию резервирования |
|-------------------------|--|
| Резервирование SNCP 1+1 | 1+2,3 |
| SNCP | 1+2,5 |
| MS-SPRing | 1+1,7 |

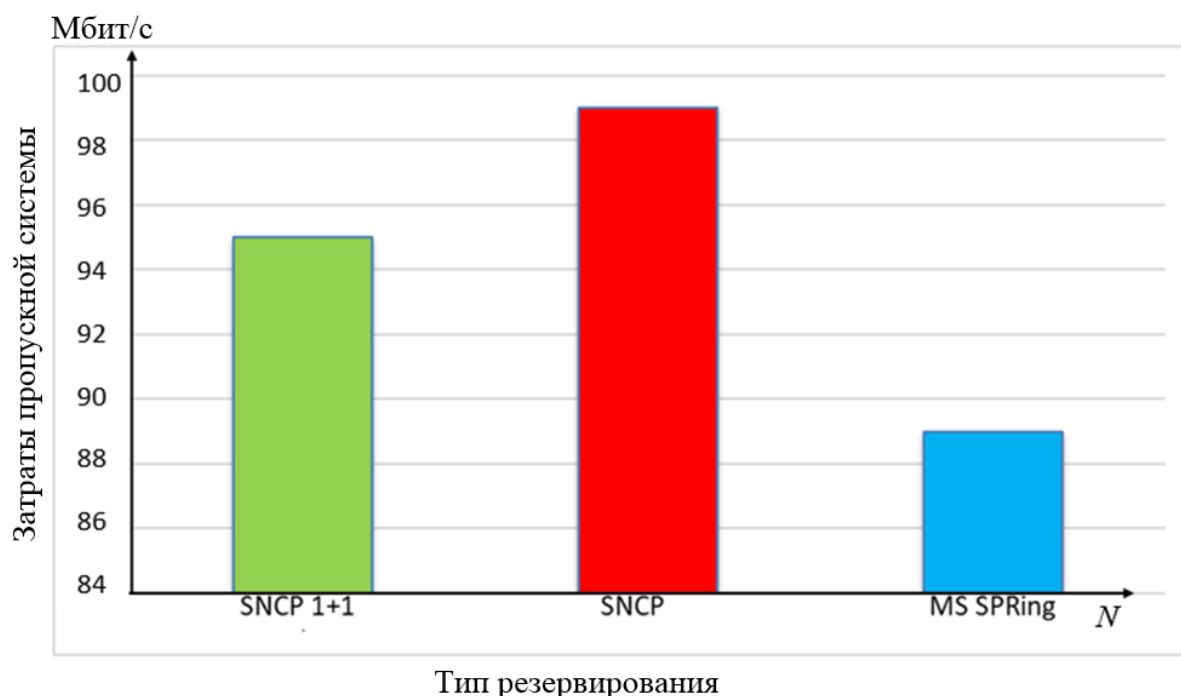


Рис. 2. Сравнительная диаграмма затрат пропускной способности на организацию резервирования

Расчеты (табл. 3) показывают, что превышение затрат пропускной способности достигает 60...80 % от пропускной способности без резервирования и, как следствие, происходит перерасход ресурсов на построение линий сети связи. Кроме пропускной способности, оценивается коэффициент готовности цифровой сети связи (табл. 3), из которой видно, что наиболее надежны кольца SNCP (для них время простоя при неисправностях может достигать 23 минут в год). Для кольца MS-SPRing коэффициент готовности несущественно ниже (разница времени простоя с кольцами SNCP – 5 минут в год). Худшие результаты у неколецевого резервирования SNCP 1+1 (время простоя при неисправности достигает 75 минут в год).

Таблица 3. Коэффициент готовности для SNCP 1+1 и колец SNCP и MS-SPRing

| Вариант автоматизированной системы | Количество колец | | | | |
|------------------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 |
| MS-SPRing | 0,9999810 | 0,9999760 | 0,9999710 | 0,9999611 | 0,9999461 |
| SNCP | 0,9999840 | 0,9999800 | 0,9999760 | 0,9999680 | 0,9999561 |
| SNCP 1+1 | 0,9999751 | 0,9999642 | 0,9999513 | 0,9999196 | 0,9998576 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, требуемый уровень надежности цифровых СОД на основе СЦИ может быть достигнут только с использованием сетевого резервирования. Поскольку применение на сети любой схемы резервирования неизбежно связано с дополнительными затратами на резервные емкости, необходимо использовать такие способы резервирования, которые позволили бы минимизировать затраты на резервирование при удовлетворении требуемого уровня надежности соединений.

В настоящее время надежность автоматизированных систем резервирования при определении более эффективной определяется коэффициентом готовности одного звена цифровой СОД и не учитывает коэффициент готовности всей сети (сетевую надежность), что не позволяет более полно оценить степень надежности автоматизированной системы резервирования, применяемой в цифровой СОД.

Выбор конкретного метода резервирования всегда будет зависеть от существующей сети, ее возможностей, пропускной способности участков сети, и для каждого отдельного случая необходимо производить наиболее эффективный вариант на основе расчетов эффективности.

Кольцо SNCP обладает более высокой надежностью по сравнению с кольцом MS-SPRing, но для высоконадежных элементов сетей СЦИ эта разница незначительна. При любом распределении трафика кольца MS-SPRing требуют меньших затрат пропускной способности. При построении цифровой СОД на основе СЦИ применение автоматизированной системы MS-SPRing с топологией двунаправленных колец, связанных через звено, позволит получить значительный выигрыш в экономии пропускной способности и обеспечит более высокую надежность данной сети по сравнению с другими вариантами автоматизированных систем СЦИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буй П.М., Фомичев В.Н. Организация первичной цифровой сети связи железной дороги: учебник. Гомель: БелГУТ, 2017. 76 с.
2. Алексеев Е.Б. Транспортные сети СЦИ. Проектирование, техническая эксплуатация и управление: учебное пособие. М: ИПК при МТУСИ, 2003. 118 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник. СПб.: Питер, 2016. 996 с.
4. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH: учебное пособие. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1997. 148 с.
5. Ермишян А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: учебник. Ч. 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. СПб.: Военная академия связи, 2005. 740 с.
6. Синхронная цифровая иерархия SDH. URL: <http://rtmv.kuban.ru/ptl/sdh.htm>. (дата обращения: 01.06.2021).
7. Гольдштейн Б.С. Системы коммутации. СПб.: БХВ Санкт-Петербург, 2003. 318 с.

Для цитирования: Кемайкин В.К., Ланчев В.М., Смеловская А.А. Выбор структуры автоматизированной системы резервирования, применяемой в технологии синхронной цифровой иерархии при проектировании сети обмена данными // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2021. № 3 (11). С. 103–109.

SELECTION OF THE STRUCTURE OF THE AUTOMATED BACKUP SYSTEM USED IN THE SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY TECHNOLOGY IN THE DESIGN OF THE DATA EXCHANGE NETWORK

V.K. KEMAYKIN¹, Cand. Sc., V.M. LANCHEV², Cand. Sc.,
A.A. SMELOVSKAYA¹, student

¹Tver State Technical University, 22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver,
Russian Federation, e-mail: vk-kem@mail.ru

²Military Academy of Aerospace Defense named after Marshal of the Soviet Union
G.K. Zhukov, 170100 Tver, 50, st. Zhigareva, e-mail: vmlanchev@list.ru

The article presents the choice of the structure of automated reservation systems. At the present stage of development and transfer of data exchange networks to digital telecommunications equipment, issues related to the introduction of automated systems for reserving network data using synchronous digital hierarchy technology are becoming increasingly important to improve the reliability of these networks and provide the required bandwidth for transmitting various types of information.

Keywords: asynchronous method of data transmission, throughput, improving the reliability of data networks.

REFERENCES

1. Buy P.M., Fomichev V.N. Organizatsiya pervichnoy tsifrovoy seti svyazi zheleznoy dorogi: uchebnik. [Organization of the primary digital communication network of the railway. Textbook]. Gomel: BelGUT, 2017. 76 p.
2. Alekseyev Ye.B. Transportnye seti STSI. Proyektirovaniye, tekhnicheskaya ekspluatatsiya i upravleniye [SDH transport networks. Design, technical operation and management. Tutorial]. Uchebnoye posobiye. Moscow: IPK pri MTUSI, 2003. 118 p.
3. Olifer V.G., Olifer N.A. Kompyuternye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly [Computer networks. Principles, technologies, protocols]: uchebnik. St. Petersburg: Piter, 2016. 996 p.
4. Slepov N.N. Sinkhronnyye tsifrovye seti SDH: uchebnoye posobiye [Synchronous digital networks SDH]. Moscow: EKO-TRENDZ, 1997. 148 p.
5. Yermishyan A.G. Teoreticheskiye osnovy postroyeniya sistem voyennoy svyazi v ob'yedineniyakh i soyedineniyakh: uchebnik. Ch. 1. Metodologicheskiye osnovy postroyeniya organizatsionno-tekhnicheskikh sistem voyennoy svyazi [Theoretical foundations of building military communications systems in large formations and formations: textbook. Part 1. Methodological foundations for building organizational and technical systems of military communications]. St. Petersburg: Voyennaya akademiya svyazi, 2005. 740 p.
6. Sinkhronnaya tsifrovaya iyerarkhiya SDH. URL: <http://rtmv.kuban.ru/ptl/sdh.htm>. (date accessed: 01.06.2021) (In Russian).
7. Goldshteyn B.S. Sistemy kommutatsii [Switching systems]. St. Petersburg: BKHV Sankt-Peterburg, 2003. 318 p.

Поступила в редакцию/received: 09.06.2021; после рецензирования/revised: 11.06.2021;
принята/accepted: 30.06.2021