

Использование топологии «тройная звезда» для модернизации телекоммуникационной системы высокотехнологичной компании

Usage of the «Triple Star» topology for modernization of the telecommunication system of a high-tech company

Ермаков / Ermakov A.

Алексей Валентович

(ermakov-it@yandex.ru)

кандидат экономических наук, доцент.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный

университет имени М. К. Аммосова»,

советник ректора.

г. Якутск

Ключевые слова: телекоммуникационная система – telecommunication system; высокотехнологичная компания – high-tech company; топология – topology; тройная звезда – triple star; надежность – reliability; живучесть – survivability; отказ – failure; работоспособность – operability.

Формулируются принципы модернизации телекоммуникационной системы для высокотехнологичной компании с учетом возрастающих требований к ее надежности. Анализируются достоинства и недостатки применения топологии «тройная звезда» для реализации перспективной структуры мультисервисной сети в составе телекоммуникационной системы высокотехнологичной компании. Обосновывается целесообразность применения предложенной топологии. Предлагаются направления дальнейших исследований, выходящих за перечень задач по выбору структуры мультисервисной сети.

The principles of modernization of the telecommunication system for a high-tech company are formulated taking into account the increasing requirements to its reliability. The advantages and disadvantages of using «Triple Star» topology for modernization of telecommunication system for high-tech company are analysed. The feasibility of the proposed topology is justified. The directions of further researches beyond the list of tasks on a choice of structure of a multiservice network are offered.

Введение

Телекоммуникационная система высокотехнологичной компании (ТСВК) предназначена для организации надежной и качественной производственной связи. Основным компонентом ТСВК служит мультисервисная сеть (МСС), поддерживающая широкий

спектр инфокоммуникационных услуг [1]. Показатели качества обслуживания мультисервисного трафика в ТСВК будут в основном соответствовать нормам, принятым в концепции «Сеть-2030», которая разработана Международным союзом электросвязи [2]. В некоторых случаях эти показатели будут более «жесткими», чем предусмотрено упомянутой концепцией.

Характерным примером таких показателей следует считать нормы по надежности и живучести ТСВК. Их соблюдение, как правило, существенно влияет на эффективность ключевых бизнес-процессов высокотехнологичной компании. По этой причине важной задачей модернизации ТСВК становится выбор топологии МСС, способной обеспечить требуемые показатели надежности и живучести ТСВК.

В статье обосновывается перспективность выбора топологии класса «тройная звезда» для развития МСС. Такое решение обусловлено рядом соображений, среди которых следует выделить возможность обеспечения высоких показателей надежности и живучести ТСВК, простоту реализации и экономичность. Завершается статья перечислением задач, требующих проведения дополнительных исследований. Ряд таких задач выходит за перечень тех вопросов, которые связаны с выбором топологии МСС в составе ТСВК.

Топологические задачи модернизации ТСВК и их решение

Изменение структуры МСС может быть обусловлено рядом причин: расширением пространства, которое занимает высокотехнологичная компания, необходимостью подключения новых узлов коммутации (УК) или иных аппаратно-программных средств на используемых площадках, рост требований к показателям

надежности и живучести ТСВК. Последняя из перечисленных причин представляется важнейшей, так как ужесточение показателей надежности и живучести – неременное требование на протяжении жизненного цикла ТСВК. По этой причине решение топологических задач при модернизации ТСВК остается актуальным направлением деятельности для руководства высокотехнологичной компании.

При постановке топологических задач уместно выбрать рациональную структуру МСС [3, 4] к моменту завершения очередного этапа модернизации ТСВК. Пример такой структуры приведен на рис. 1 в виде графа, который содержит семь вершин a_i , представляющих собой аппаратно-программные средства разного назначения, включая УК. Предложенная структура графа соответствует топологии, называемой тройной звездой [5]. Вершины графа a_1 , a_2 и a_3 , служащие основой топологии вида «тройная звезда», отображают также и те площадки, на которых размещены аппаратно-программные средства ТСВК. Пронумерованы вершины графа a_i и ребра вида b_j , которые используются для оценки коэффициента готовности [6] маршрутов между вершинами a_4 и a_7 для топологии «тройная звезда» – ${}^TK_r(4 \leftrightarrow 7)$.

Вершины a_1 , a_2 и a_3 , связанные между собой для повышения надежности, соединяются со всеми остальными вершинами графа. Для оценки минимального значения величины ${}^TK_r(4 \leftrightarrow 7)$ можно не учитывать дополнительные маршруты, проходящие через пару вершин из совокупности a_1 , a_2 и a_3 . Если величины вероятности работоспособного состояния всех вершин (используемых аппаратно-программных средств) – p , и всех ребер (трактов обмена информацией) – q , идентичны, то на основании правил теории вероятностей [6] несложно получить следующее неравенство:

$${}^TK_r(4 \leftrightarrow 7) > 1 - (1 - p^3 q^2)^3. \quad (1)$$

Для численного примера в неравенство (1) можно поставить пессимистические значения величин p и

$q = 0,9999$ и $0,999$ соответственно. Для выбранных условий ${}^TK_r(4 \leftrightarrow 7) > 0,99999999$, что отвечает самым жестким требованиям по надежности ТСВК, принятым на ближайшую перспективу [1, 2]. Топология «тройная звезда» может использоваться с решениями вида «W+W» [7], которые предусматривают совместное применение проводных и беспроводных технологий. Концепция «W+W» позволяет существенно сократить время восстановления работоспособности трактов обмена информацией между аппаратно-программными средствами ТСВК.

Надежность современных аппаратно-программных средств позволяет ввести допущение, что $p=1$. Это позволяет упростить неравенство (1):

$${}^TK_r(4 \leftrightarrow 7) > q^2(3 - 3q^2 + q^4). \quad (2)$$

Выбранная структура МСС, показанная на рис. 1, обычно формируется в течение некоторого периода времени. На промежуточных этапах модернизации ТСВК структура МСС будет иметь иную топологию. На рис. 2 показан промежуточный этап модернизации ТСВК, когда используется топология «двойная звезда» [8]. В ней отсутствует ряд вершин и ребер, создаваемых на завершающем этапе модернизации ТСВК.

Далее уместно обратиться к введенному выше допущению, что величины вероятности работоспособного состояния всех вершин (используемых аппаратно-программных средств) – p , и всех ребер (трактов обмена информацией) – q , идентичны. Тогда для расчета коэффициента готовности при использовании топологии двойная звезда – ${}^DK_r(4 \leftrightarrow 7)$ используется соотношение, выведенное, например в [6], для мостиковой структуры:

$${}^DK_r(4 \leftrightarrow 7) = q^2(2q^3 - 5q^2 + 2q + 2). \quad (3)$$

Сравнивая правые части выражений (2) и (3), можно убедиться, что ${}^TK_r(4 \leftrightarrow 7) \geq {}^DK_r(4 \leftrightarrow 7)$ даже при том, что формула для оценки коэффициента готовности

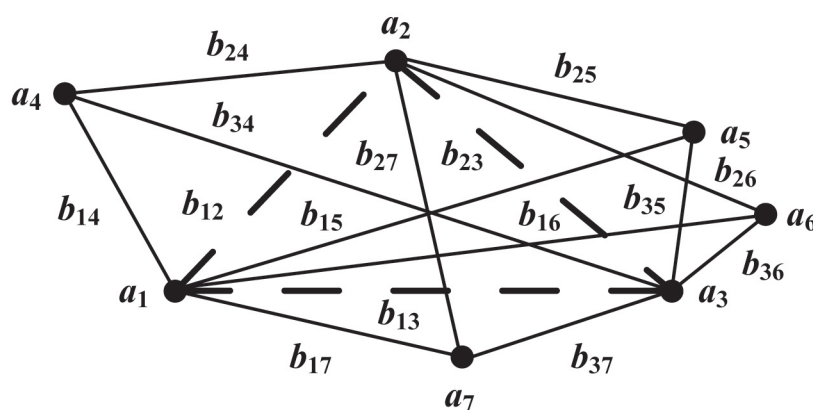


Рис. 1. Структура МСС. Завершающий этап модернизации ТСВК

маршрута между вершинами a_4 и a_7 в тройной звезде дает нижнюю границу искомой величины. Следовательно, выигрыш по надежности W_R , получаемый за счет построения топологии «тройная звезда», будет весьма существенным. Величина этого выигрыша может оцениваться следующей разницей:

$$W_R = {}^T K_r(4 \leftrightarrow 7) - {}^D K_r(4 \leftrightarrow 7). \quad (4)$$

Изменение величины выигрыша как функции вероятности q иллюстрирует рис. 3. Очевидно, что при малых значениях вероятности q эффективность применения топологии «тройная звезда» становится весьма существенной.

Величина W_R на практике будет больше, так как значение ${}^T K_r(4 \leftrightarrow 7)$, входящее в формулу (4), определяет нижнюю границу коэффициента готовности рассматриваемого маршрута для топологии «тройная звезда».

Маршруты обмена информацией в мультисервисной сети

Для обеспечения устойчивого обмена информацией в ТСВК необходимо проанализировать возможные маршруты для обмена информацией через МСС. Это особенно важно с точки зрения живучести ТСВК, когда возможен одновременный отказ нескольких компонентов МСС. Отчасти поддержка показателей живучести возлагается на решение, определяемое упомянутой выше концепцией «W+W». Тем не менее задача обеспечения живучести решается и для проводных средств, которые формируют МСС.

Для анализа возможных маршрутов обмена информацией уместно рассмотреть модели МСС в виде графов, которые отражают динамику процесса модернизации ТСВК. Соответствующие модели приведены на рис. 4 для двух этапов модернизации ТСВК. Возможные маршруты пронумерованы арабскими цифрами. После косой черты римскими цифрами обозначено коли-

чество транзитных узлов для каждого маршрута.

Маршруты с одним транзитным узлом считаются предпочтительными, так как обеспечивают минимальное значение времени обмена информацией. Использование маршрутов с двумя транзитными узлами предполагается в основном при отказах нескольких компонентов МСС. Примером такой ситуации для варианта (а) может служить отказ двух ребер: между вершинами a_2 и a_4 , а также a_1 и a_7 . Уменьшение времени обмена информацией при использовании двух транзитных узлов может быть обеспечено, например, за счет введения более высокого приоритета для обслуживания тех сообщений, которые направляются по более длинному маршруту.

Достоинства и недостатки топологии класса «тройная звезда»

Одним из важных достоинств топологии «тройная звезда» следует считать возможность постепенного инвестирования [9] в развитие ТСВК. При использовании кольцевых топологий [10] объем разовых инвестиций становится весьма существенным.

Не менее важным преимуществом топологии «тройная звезда» является обеспечение высокой надежности ТСВК. Это утверждение обосновано оценками, приведенными в этой статье. С учетом периодически возрастающих требований к надежности и живучести телекоммуникационных систем различного назначения топология «тройная звезда» будет, по всей видимости, использоваться не только в ТСВК.

К достоинствам предлагаемого решения можно также отнести легкость оценки необходимых величин производительности УК и пропускной способности трактов обмена информацией, простоту алгоритмов управления ресурсами ТСВК, а также возможность экономического перехода к иным топологиям МСС.

Основным недостатком топологии «тройная звезда» становится существенная протяженность линейно кабельных сооружений и, соответственно, большой

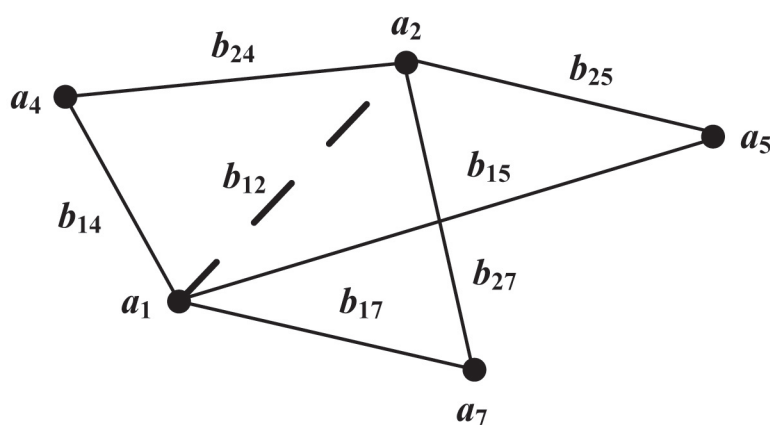


Рис. 2. Структура МСС. Промежуточный этап модернизации ТСВК

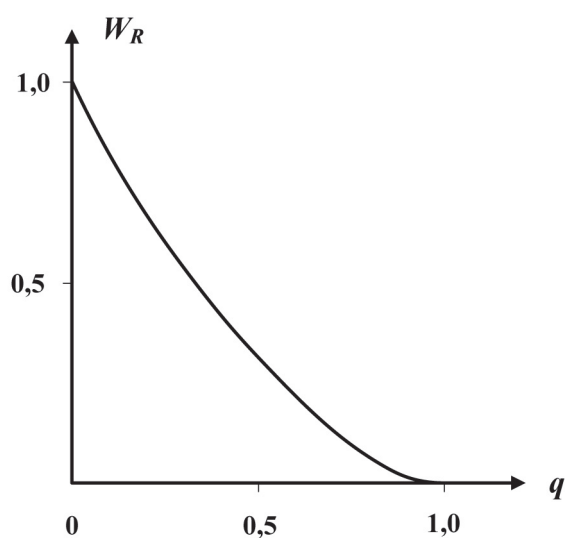


Рис. 3. Выигрыш по надежности для топологии «тройная звезда»

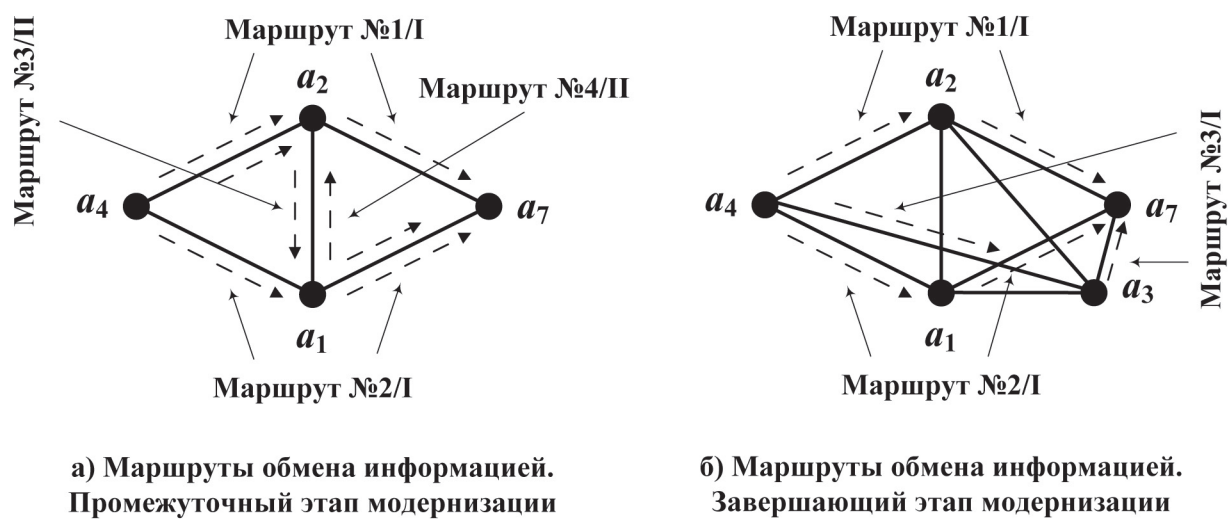


Рис. 4. Две модели структуры МСС в виде графов

объем инвестиций для модернизации ТСВК. Обычно территория, в границах которой создается ТСВК, не столь велика. По этой причине рост инвестиций в абсолютных единицах не будет столь существенным по сравнению, например, с кольцевой топологией.

Направления дальнейших исследований

Для разработки методики проектирования топологии «тройная звезда» необходимо адаптировать концепцию поиска рационального решения [3] под задачи модернизации ТСВК. Проведение таких исследований может базироваться как на классических экономико-математических методах, так на подходах, предложенных в [11, 12]. Эти подходы основаны на теории мягких множеств, которая может оказаться полезной для модернизации тех разновидностей ТСВК, которым свойственна неопределенность основных бизнес-процессов.

Второе важное направление дальнейших исследований – применение в ТСВК механизмов приоритетного обслуживания [13]. В данном случае уровни приоритетов будут определяться в основном характеристиками маршрута обмена сообщениями. Классические механизмы приоритетного обслуживания базируются на требованиях поддерживаемых услуг. По этой причине предлагаемая постановка задачи приоритетного обслуживания может считаться новой.

Третье актуальное направление дальнейших исследований связано с разработкой принципов управления ТСВК, которые должны базироваться на современных методологических подходах [14]. Тем не менее эти подходы должны адаптироваться к особенностям ТСВК и учитывать дополнительные требования, типичным примером которых служит концепция «W+W».

Заключение

Применение топологии «тройная звезда» обеспечит высокие показатели надежности и живучести ТСВК. Подобные показатели представляются весьма существенными для любой высокотехнологичной компании, так как обеспечивают устойчивость ее бизнес-процессов при случайных отказах компонентов МСС и преднамеренных воздействиях злоумышленников.

Построение ТСВК на базе топологии «тройная звезда» имеет ряд важных преимуществ перед другими решениями. По всей видимости, подобные топологии будут широко использоваться и в телекоммуникационных системах другого назначения. Правда, недостаток топологии «тройная звезда», заключающийся в увеличении суммарной протяженности линейно-кабельных сооружений, не приводит к ощутимому росту инвестиций на модернизацию ТСВК, но может оказаться серьезным ограничением с точки зрения планов развития телекоммуникационных систем иного рода.

Практическое воплощение топологии «тройная звезда» в практику модернизации ТСВК требует проведения дополнительных исследований. Результаты таких исследований, перечень которых сформулирован в конце настоящей статьи, будут способствовать получению эффективных проектных решений.

Литература

1. Ермаков, А. В. Принципы развития телекоммуникационной системы, предназначенной для высокотехнологичной компании / А.В. Ермаков, Н.А. Соколов. – Информация и Космос. – 2020. – № 1. – С. 6–11.
2. Росляков, А. В. СЕТЬ-2030: архитектура, технологии, услуги / А.В. Росляков. – Москва : ИКЦ «Колос-с», 2022. – 278 с.
3. Sokolov, A. Rational solutions for development of telecommunications networks / A. Sokolov, N. Sokolov // T-Comm. – 2014. – Т. 8, No. 6. – P. 81–84.
4. Ермаков, А. В. Создание сетей электросвязи специального назначения за счет рационального использования процессов консолидации / А.В. Ермаков, Н.А. Соколов // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5, № 3. – С. 10–14.
5. Umehara, D. Controller Area Network and Its Reduced Wiring Technology / D. Umehara, T. Shishido // IEICE Transactions on Communications. – 2019. – Vol. E102-B, No. 7. – P. 1248–1262.
6. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – Москва : Либроком, 2013. – 584 с.
7. Ермаков, А. В. Эволюция концепции W+W для развития телекоммуникационной системы при переходе к цифровой экономике / А.В. Ермаков, К.Ю. Коломенский, Н.А. Соколов // Электросвязь. – 2022. – № 2. – С. 42–46.
8. Соколов, Н. А. Задачи планирования телекоммуникационных сетей. Часть 1 / Н.А. Соколов // Первая миля. – 2021. – № 5 (97). – С. 40–49.
9. Макконнелл, К. Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика / К.Р. Макконнелл, С.Л. Брю, Ш.М. Флинн. – Москва : ИНФРА-М, 2018. – 1056 с.
10. Helvoort, H. The ComSoc Guide to Next Generation Optical Transport. SDH / SONET / OTN / H. Helvoort. – Hoboken :Wiley-IEEE Press, 2009. – 224 p.
11. Молодцов, Д. А. Теория мягких множеств / Д.А. Молодцов. – Москва : URSS, 2004. – 351 с.
12. Молодцов, Д. А. Идеи мягкой вероятности как новый подход к построению теории вероятностей / Д.А. Молодцов. – Москва : Ленанд, 2015. – 112 с.
13. Приоритетные системы обслуживания / Б.В. Гнеденко, Э.А. Даниелян, Б.Н. Димитров [и др.]. – Москва : МГУ, 1973. – 448 с.
14. Sathyan, J. Fundamentals of EMS, NMS and OSS/ BSS / J. Sathyan. – Boca Raton : Auerbach Publications, 2016. – 565 p.