Модифицированная методика синтеза структуры транспортной сети телекоммуникационной системы с использованием алгоритмов Йена и Прима

Modified technique of synthesizing the structure of telecommunication system transport network using Jen's and Prim's algorithms

Островерхий / Ostroverkhy S.
Сергей Михайлович
(_ostrov61@yandex.ru)
Филиал ФГУП «Ленинградское отделение Центрального научно-исследовательского института связи» (ЛО ЦНИИС),
коммерческий директор.
г. Санкт-Петербург

Ясинский / Jasinskii S.
Сергей Александрович
(yasinsky777@mail.ru)
доктор технических наук, доцент.
ЛО ЦНИИС,
научный консультант.
г. Санкт-Петербург

Соколов / Sokolov V.
Виктор Михайлович
(compas-tfc@mail.ru)
кандидат технических наук.
ФГКВОУ ВПО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» МО РФ, преподаватель.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: транспортная сеть – transport network; телекоммуникационная система – telecommunication system; синтез структуры – structure synthesis.

В статье предложена модифицированная методика синтеза структуры транспортной сети телекоммуникационной системы. В отличие от известных методик, поиск множества вершинно-независимых путей между всеми корреспондирующими парами локальных сетей осуществляется на канальном уровне с помощью модифицированного алгоритма Йена в соответствии с требуемым коэффициентом связности после определения топологии системы тактовой сетевой синхронизации и системы единого времени путем суперпозиции множества реберно-независимых минимальных остовных деревьев, найденных с помощью модифицированного алгоритма Прима.

The article suggests a modified technique to synthesize the structure of telecommunication system transport network. In contrast to other well-known techniques, the search for a multitude of vertex-independent paths between the corresponding pairs of local networks is done at the channel level using modified Jen's algorithm that corresponds to the required coherence factor; after defining the topology of the system of network clock synchronization and unified time systems are gained via superposing multitudes of edge-independent minimum spanning trees, retrieved with the use of modified Prim's algorithm.

Для решения задачи синтеза структуры транспортной сети (ТС) телекоммуникационной системы (ТКС) в работах [1–4] был предложен научно-методический аппарат для разработки математической модели и методики синтеза структуры ТС ТКС, базирующийся на возможности совместного учета коэффициента связности для информационных направлений (ИН) с коэффициентами связности системы тактовой сетевой синхронизации (СТСС) и системы единого времени (СЕВ). При этом коэффициент связности ИН определялся с помощью модифицированного алгоритма Йена как количество кратчайших вершинно-независимых путей (ВНП) между корреспондирующими парами локальных сетей (КП ЛС). Суперпозиция кратчайших ВНП между КП ЛС на канальном уровне являлась основой для поиска с помощью модифицированного алгоритма Прима реберно-независимых минимальных остовных деревьев (РНМОД), число которых задано коэффициентами связности для СТСС и СЕВ. Использование данной методики при синтезе структуры ТС ТКС позволило повысить её структурную устойчивость в 1,5–2,7 раза.

В модифицированном алгоритме Йена многократно используется алгоритм Дейкстра для определения кратчайшего пути между двумя узлами графа, который обладает значительной вычислительной сложностью $O\left(n^2\right)$, где n – количество узлов сети [5]. Для снижения вычислительной сложности алгоритма предложена модифицированная методика синтеза структуры ТС

ТКС с использованием модифицированных алгоритмов Йена и Прима, общая схема которой приведена на рис. 1.

На рис. 1 обозначены: A – множество вершин графа, соответствующее узловой основе ТС ТКС; $\vec{B}$ – множество ребер графа (линейная основа); Z – полюсы сети, которые выделяются на узловой основе ТС ТКС и представляют собой КП ЛС; V – потребности по образованию потоков информации v_{z_k}, которые поставлены в соответствие каждой z_k – КП ЛС; тр – требуемое значение; $k^{\text{тр}}_{\text{св}\ z_k}$ – коэффициент связности информационного направления, равный количеству вершинно-независимых путей между КП ЛС; $k^{\text{тр}}_{\text{св СТСС}}, k^{\text{тр}}_{\text{св СЕВ}}$ – коэффициенты связности СТСС и СЕВ, равные количеству реберно-независимых минимальных остовных деревьев; U – пропускная способность множества систем передачи на всех ребрах сети; У – структурная устойчивость ТС ТКС; $R_у(A)$ – узловой ресурс сети; $R_л(B)$ – линейный ресурс сети.

Сложность решения задачи синтеза структуры транспортной сети обусловила необходимость декомпозиции данной задачи на ряд этапов [1–4]:

– подготовительный этап синтеза ТС ТКС, на котором производится максимизация устойчивости ТС;

– определение топологической структуры ТС ТКС, которая может быть представлена в виде ориентированного графа $G(A,\vec{B})$, где: $A=\{a_i\},\ i=\overline{1,N}$, – множество вершин графа, соответствующее узловой основе ТС ТКС; $\vec{B}=\{\vec{b}_{qij}\}, i,j=\overline{1,N},\ i\neq j, q=\overline{1,3}$ – множество ребер графа;

– определение потоковой структуры сети, представленной графом $G(A,\vec{B},\vec{U})$, где $\vec{U}=\{u_{qij}\}, i,j=\overline{1,N}, i\neq j, q=\overline{1,3}$ – множество пропускных способностей $\vec{u}_{qij}$, которые соответствуют пропускным способностям множества ребер $\vec{b}_{qij},\ i,j=\overline{1,N},\ i\neq j, q=\overline{1,3}$;

– распределение систем передачи.

Для предложенной методики этап синтеза топологической структуры ТС ТКС начинается с поиска заданного количества РНМОД с помощью модифицированного алгоритма Прима, так как он обладает значительно меньшей сложностью – $O(\log|n|)$ [5]. Необходимое количество РНМОД для построения СТСС и СЕВ задается в соответствии с требуемыми коэффициентами связности $k^{\text{тр}}_{\text{св СТСС}}, k^{\text{тр}}_{\text{св СЕВ}}$.

В отличие от методики, предложенной в работах [1–4], поиск множества ВНП между всеми КП ЛС осуществляется на канальном уровне с помощью модифицированного алгоритма Йена в соответствии с требуемым коэффициентом связности $k^{\text{тр}}_{\text{св}\ z_k}$ после определения топологии СТСС и СЕВ путем суперпозиции множества РНМОД, найденных с помощью модифицированного алгоритма Прима.

Кроме того, множество найденных РНМОД берется в качестве базовой структуры для определения топологии ТС ТКС физического уровня, получаемой путем последующей суперпозиции с ВНП между КП ЛС, найденными с помощью модифицированного алгоритма Йена.

Для синтеза сетевого уровня ТС ТКС производится поиск множества виртуальных ВНП между КП ЛС с помощью модифицированного алгоритма Йена по критерию минимума задержки сигналов. В отличие от ранее предложенной методики [1–4], данный этап включен в этап синтеза потоковой структуры ТС ТКС, что позволяет использовать модифицированную методику синтеза ТС ТКС для оперативного управления на этапе ее эксплуатации.

Сравнительный анализ результатов, полученных с помощью модифицированной методики синтеза ТС ТКС и методики, предложенной в работах [1–4], показал, что предложенная методика снижает вычислительную сложность задачи построения структуры ТС ТКС более чем в два раза для для идентичных результатов. Данный результат достигнут за счет снижения количества циклов использования модифицированного алгоритма Йена для расчета ВНП между КП ЛС в два раза и незначительном снижении циклов использования модифицированного алгоритма Прима.

Снижение вычислительной сложности позволяет не только упростить синтез структуры ТС ТКС, но и обеспечить возможность применения модифицированной методики синтеза структуры ТС ТКС для оперативной реконфигурации структуры ТС на этапе эксплуатации.

Суперпозиция заданного количества реберно-независимых минимальных остовных деревьев, предназначенных для передачи сигналов СТСС и СЕВ, полученных на основе модифицированного алгоритма Прима, с последующей их суперпозицией с вершинно-независимыми путями между КП ЛС, полученными с помощью модифицированного алгоритма Йена, позволяет сохранить повышение структурной устойчивости ТС ТКС в 1,5–2,7 раза, достигнутое в методике, предложенной в работах [1–4].

Сравнение результатов практических расчетов, полученных для распределения вершинно-независимых путей между КП ЛС, показало их идентичность, за исключением уменьшения количества транзитов для четырех путей в структуре, полученной с помощью модифицированной методики синтеза ТС ТКС.

Кроме того, модифицированная методика синтеза структуры ТС ТКС с помощью модифицированных алгоритмов Йена и Прима позволяет получить значение степени узлов итоговой структуры ТС ТКС, распределенное равномернее на 17%. Данный показатель позволяет увеличить однородность структуры ТС ТКС.

Рис. 1. Общая схема модифицированной методики синтеза структуры ТС ТКС с использованием модифицированных алгоритмов Йена и Прима

Литература

1. Соколов, В. М. Методика синтеза структуры транспортной сети телекоммуникационной системы распространения геоинформации / В.М. Соколов, С.А. Ясинский // Информация и Космос. – 2012. – № 1. – С. 15–17.

2. Соколов, В. М. Математическая модель структуры транспортной сети телекоммуникационной системы / В.М. Соколов, С.А. Ясинский // Бюллетень результатов научных исследований. – 2012. – № 3 (2). – С. 106–114.

3. Соколов, В. М. Методика синтеза структуры транспортной сети телекоммуникационной системы / В.М. Соколов, С.А. Ясинский // Бюллетень результатов научных исследований. – 2012. – № 3 (2). – С. 114–122.

4. Соколов, В. М. Модификация алгоритмов поиска кратчайших путей в транспортной сети телекоммуникационной системы распространения геоинформации / В.М. Соколов, С.А. Ясинский // Информация и Космос. – 2012. – № 2. – С. 6–11.

5. Левитин, А. Алгоритмы: введение в разработку и анализ : [пер. с англ.] / А. Левитин – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006. – 576 с.