Содержание методики синтеза структуры системы тактовой сетевой синхронизации телекоммуникационной сети

The content of the synthesis strategy of the clocking system structure of the telecommunications network

Ключевые слова: сигнал синхронизации – clock signal; структура системы тактовой сетевой синхронизации – the clocking system structure of the telecommunications network.

В работе приведено содержание методики синтеза структуры системы тактовой сетевой синхронизации телекоммуникационной сети с применением методов блочно-параметрической декомпозиции и ветвей и границ при формировании цепей синхронизации и распределении источников сигналов синхронизации с учётом обеспечения минимума целевой функции по стоимости, а также по критерию эффектности и максимальному времени реконфигурации структуры.

The paper contains the synthesis strategy of the clocking system structure of the telecommunications network with the use of methods of block-parametric decomposition and branches and bounds, when forming of synchronization circuits and distribution of sources of synchronization signals based on ensuring of the minimum of target cost functions in accordance with efficiency criteria and the maximum time of entire network structure reconfiguration.

МОРОЗОВ / MOROZOV G.
Геннадий Григорьевич
(morozov@loniis.org)
Филиал ФГУП «Ленинградское отделение центрального научно-исследовательского института связи» (ЛО ЦНИИС), заместитель начальника центра.
г. Санкт-Петербург

ПЕТРИЧЕНКО / PETRICHENKO A.
Анатолий Константинович
(synchro@loniis.org)
ЛО ЦНИИС, начальник центра.
г. Санкт-Петербург

ЯИЧКИН / YAICHKIN M.
Михаил Александрович
(egg@loniis.org)
ЛО ЦНИИС, начальник лаборатории.
г. Санкт-Петербург

ЯСИНСКИЙ / JASINSKI S.
Сергей Александрович
(yasinsky777@mail.ru)
доктор технических наук, доцент.
ЛО ЦНИИС, главный научный сотрудник.
г. Санкт-Петербург

Синтез структуры потоковой составляющей телекоммуникационной сети (ТКС) целесообразно осуществлять во взаимосвязи с синтезом одной из основных её подсистем, то есть совместно с синтезом структуры системы тактовой сетевой синхронизации (СТСС), содержание методики синтеза которой заключается в следующем:

– задание и уточнение исходных данных применительно к конкретно выбранному после обоснования критерию оптимизации, последовательность применения которых определяется заранее;

– блочно-параметрическая декомпозиция потокового (*П*) графа

$$G_{\Pi}(A_{\Pi}, B_{\Pi}),\ A_{\Pi} = \left\{a_i; i = \overline{1, N}\right\},$$
$$B_{\Pi} = \left\{b_{ij};\ i, j = \overline{1, N}\right\}, \qquad (1)$$

где A_{Π} – множество вершин графа (узловая основа) и B_{Π} – множество рёбер графа (линейная основа), на конечные подмножества $i = 1, P$ объединяемых подграфов;

$$G_{\Pi}(A_{\Pi}, B_{\Pi}) = \bigcup_{i=1}^{P} G_{\Pi_i}(A_{\Pi_i}, B_{\Pi_i}); \quad (2)$$

– на основе подмножеств (2), учитывающих структурно-потоковое тяготение и тяготение по возможному образованию путей передачи сигналов синхронизации (СС, то есть *С*), а также целесообразность введения соответствующих уровней иерархии:

1. Формирование соответствующих подмножеств структур СТСС;

$$\bigcup_{i=1}^{P} \vec{G}_{c_i}(A_{c_i}, B_{c_i}) = \vec{G}_c(A_c, B_c); \quad (3)$$

– с учётом специально разработанных условий физической реализуемости ТКС:

2. Отыскание остовных деревьев и основных систем сечений (ОСС) для каждого из подмножеств (2) графа $G_{\Pi}(A_{\Pi}, B_{\Pi})$(1) в порядке убывания уровней иерархии ТКС (I>II>III>IV> и т. д.);

– применение для повышения эффективности оптимизации метода ветвей и границ с последующим обоснованием для него подходов для определения верхней границы оценки стоимостей вариантов решений из образованного множества структур СТСС, где для определения верхних граничных условий производится обоснование выбора базовой структуры на основе полученных результатов исследований, учитывающих три основные отличия: многокольцевые схемы синхронизации с равным количеством сетевых элементов (СЭ) в цепях синхронизации (ЦС) на всех уровнях иерархии; многокольцевые схемы синхронизации с равномерным увеличением количества СЭ в ЦС на более низких уровнях иерархии; многокольцевые схемы синхронизации с равномерным уменьшением количества СЭ в ЦС на более низких уровнях иерархии;

3. Введение последовательной нумерации сечений для каждой из ОСС с последующей ориентацией рёбер подграфов (2) и формированием на их основе с помощью многократного применения алгоритма Дейкстры множества независимых и зависимых путей передачи СС с требуемыми коэффициентами связности и заданными рангами путей, а также с учётом возможности исключения петель при образовании путей передачи СС [1];

– в случае, когда потоковая структура ТКС не позволяет образовать требуемое число независимых путей передачи СС для отдельных направлений связи, необходимо обеспечить дополнительную возможность передачи СС от источников СС, то есть необходимо ввести дополнительные рёбра в каждый из подграфов (2) с целью выполнения требований для коэффициентов связности, что приведёт к структурно-потоковой избыточности (*СПИ*) линейной основы, так как $B_{\text{СПИ}} = B_{\Pi} \cup B_{\text{ДС}}$;

– после получения множества подграфов для иерархических структур СТСС их обратная композиция в общую структуру СТСС ТКС (3) с учётом проверки на недопущение образования петель и не превышения заданных рангов путей.

Рассмотренные выше пункты методики формирования структуры СТСС применяются *S* раз для получения наиболее рациональных решений задачи синтеза потоковой ТКС (1), инвариантной к возможным состояниям с общим числом *S*, а полученное множество из $j = \overline{1, S}$ структур СТСС путём суперпозиции (объединения) образует единую структуру СТСС

$$\vec{G}_c(A_c, \vec{B}_c), \; A_c = A_{\Pi} = \{a_i; i = \overline{1, N}\},$$
$$\vec{B}_c = \{\vec{b}_{ij}; i, j = \overline{1, N}; i \neq j, \vec{b}_{ij} \neq \vec{b}_{ji}\}, \quad (4)$$

где A_c – множество вершин графа для СТСС; $\vec{B}_c$ – множество дуг (простых путей или ЦС для передачи СС в СТСС) [2]. Эта структура в уточнённом виде может быть представлена следующим образом:

$$\vec{G}_{c_S}(A_{c_S}, \vec{B}_{c_S}) = \bigcup_{j=1}^{S} \bigcup_{i=1}^{P} \vec{G}_{c_{i(j)}}(A_{c_{i(j)}}, \vec{B}_{c_{i(j)}}). \quad (5)$$

Формирование структуры (5) начинается с определения вершины на неориентированном потоковом графе (1), являющейся центром данного графа. Следовательно, в данной вершине целесообразно размещать основной источник сигналов синхронизации, так как она является корнем остового дерева.

Построение кратчайшего связывающего остового дерева, как ОСС и одновременно первого (кратчайшего) пути минимального ранга и (или) длины, производится методом топологической сортировки вершин графа или путём многократного использования наиболее простого по вычислительной сложности алгоритма Дейкстры в сочетании с итерационной процедурой, где для данной вершины находится смежная с ней вершина, имеющая максимальное количество инцидентных рёбер, а если смежные с ней вершины имеют одинаковое количество инци-

дентных им рёбер, то из них выбирается наименее удалённая. Каждому ребру $b_{ij} \in B_{П}$, где $i, j = \overline{1, N}$, ставится в соответствие его длина l_{ij}, а каждой вершине – количество инцидентных ей рёбер

$$f_i \geq 2, \forall a_i \in A; i = \overline{1, N-1},$$

а по мере удаления вершин от корня дерева должно выполняться следующее условие:

$$\max_{a_{i_S} \in A}(f_i)_S \rightarrow \max_{a_{i_q} \in A}(f_i)_q, i = \overline{1, N-1}.$$

При построении остового дерева, как ОСС и одновременно первого (кратчайшего) пути минимального ранга и (или) длины, должны выполняться условия структурной реализуемости СТСС ТС на основе свойств основной системы сечений ациклического ориентированного графа, разработанных для реализации процедур поиска путей передачи СС из их множества в СТСС для ранга пути; ранга сечения пути; учёта наличия петель при образовании путей передачи СС; весовых значений дуг; учёта допустимых значений исходящих из вершин и входящих в сечение ОСС дуг; выполнения требований по реализации коэффициентов связности при передаче СС; пулустепеней захода и исхода СС в вершинах графа.

Приведённая выше методика позволяет формировать структуру СТСС (5) с применением известных методов блочно-параметрической декомпозиции и ветвей и границ, на которой производится формирование цепей синхронизации и распределение источников СС с учётом обеспечения минимума целевой функции по приведённой стоимости. Для верхней оценки решений методом ветвей и границ выбираются наиболее подобные типовые многокольцевые структуры, эффективность которых определяется по критерию эффектности и максимальному временем реконфигурации структуры СТСС.

Литература

1. *Ясинский, С.А.* Унифицированные математические модели для анализа и синтеза элементов телекоммуникационных сетей / С.А. Ясинский. – СПб.: Военный университет связи, 2003. – 184 с.

2. *Морозов, Г.Г.* Формализованная постановка задачи синтеза структуры системы тактовой сетевой синхронизации телекоммуникационной системы / Г.Г. Морозов [и др.] // Информация и Космос. – 2013. – №1. – С. 60–62.