

Графовая модель структуры транспортной сети специализированной геоинформационной системы для трех звеньев управления при обмене данными

Graph Model of the Transport Network Structure of the Specialized Geo-Informational System for Three Control Links During Data Exchange

Ефимов / Efimov V.

Вячеслав Викторович

(vve@loniis.ru)

кандидат технических наук, доцент.

Филиал ФГУП «Ленинградское

отделение центрального научно-исследовательского института связи» (ЛО ЦНИИС),

и. о. директора.

г. Санкт-Петербург

Лыжинкин / Lyzhinkin K.

Константин Владимирович

(lkv@loniis.ru)

Филиал ФГУП ЛО ЦНИИС,

начальник научно-технического центра.

г. Санкт-Петербург

Ясинский / Yasinsky S.

Сергей Александрович

(yasinsky777@mail.ru)

доктор технических наук, доцент.

Филиал ФГУП ЛО ЦНИИС,

научный консультант.

г. Санкт-Петербург

Грязев / Gryazev A.

Андрей Николаевич

(agryazev@zniis.ru)

кандидат технических наук.

ФГУП ЦНИИС,

генеральный директор.

г. Москва

Ключевые слова: геоинформационная система – geo-informational system; транспортная сеть – transport network; графовая модель для трех звеньев управления – graph model for three control links.

Представлена графовая модель структуры транспортной сети специализированной геоинформационной системы, учитывающая структурно-потокую связность не только в рамках одного звена управления, но и с нижестоящим звеном управления.

A graph model of the transport network structure for the specialized geo-informational system is presented. The model takes into account the structural and flow connectivity not only within a single control link, but also in the inferior control link.

Современные транспортные сети (ТС) специализированных геоинформационных систем (СГИС) имеют высокую пропускную способность и способны обеспечить передачу данных в системах обмена данными (СОД). Однако любые повреждения структуры ТС создают огромные потери передаваемого геоинформационного трафика в СОД, что приводит к необходимости повышения структурной устойчивости этих

сетей путем декомпозиции решаемых задач синтеза и анализа с учетом трех звеньев управления, а не двух, как обычно принято учитывать [1].

Анализ работ [1, 2] показал, что в своей основе любого рода телекоммуникационную сеть (ТКС), в том числе и телекоммуникационную сеть СГИС, как транспортную составляющую телекоммуникационной системы, в плане передачи потоков геоинформации, целесообразно рассматривать в виде многополюсной потоковой структуры на физическом уровне эталонной модели взаимодействия открытых систем, для описания которой используется многопродуктовый потоковый (Π) граф:

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

где A_{Π} – множество вершин графа, которое называется узловым основанием; B_{Π} – множество ребер графа, которое называется линейным основанием, реализуемой участками одной или нескольких типов линий передач различной физической природы для непосредственной передачи потоков геоинформации между двумя удаленными сетевыми узлами (станциями) в рамках конкретных звеньев управления, которые будут в плане роста нумерации рассмотрены ниже. Узловую основу чаще всего декомпозируют с учетом стационарной и полевой состав-

ляющих, а также с учетом к узлам привязки сети связи общего пользования, но без декомпозиции на принадлежность к звеньям управления, что приводит к получению в недостаточной степени адекватным реальным объектам их графовых моделей.

Следовательно, упуская известные подходы к синтезу структур ТС, остановимся на графовой модели, учитывающей требования СОД к ТС по обмену данными в рамках трех звеньев управления, представив узловую основу (1) как

$$A_{II} = A_1 \cup A_2 \cup A_3, \quad (2)$$

где: $A_1 = \{a_i^{(1)}; i = \overline{1, N_1}\}$ – подмножество сетевых узлов 1-го (высшего) звена управления; $A_2 = \{a_i^{(2)}; i = \overline{1, N_2}\}$ – подмножество сетевых узлов 2-го (промежуточного, то есть транзитного) звена управления; $A_3 = \{a_i^{(3)}; i = \overline{1, N_3}\}$ – подмножество сетевых узлов 3-го (периферийного) звена управления.

Линейную основу ТС из выражения (1) без учета передачи геоинформации между тремя уровнями управления можно представить как

$$B_{II} = B_1 \cup B_2 \cup B_3, \quad (3)$$

где: $B_1 = \{b_{ij}^{(1)}; i, j = \overline{1, N_1}\}$ – подмножество ребер сети 1-го (высшего) звена управления; $B_2 = \{b_{ij}^{(2)}; i, j = \overline{1, N_2}\}$ – подмножество ребер сети 2-го (промежуточного, то есть транзитного) звена управления; $B_3 = \{b_{ij}^{(3)}; i, j = \overline{1, N_3}\}$ – подмножество ребер сети 3-го (периферийного) звена управления.

Линейную основу ТС из выражения (3), учитывающую передачу геоинформации между смежными (С) двумя уровнями управления (1 и 2; 2 и 3) можно представить как

$$B_{II_C} = B_{1-2} \cup B_{2-3}, \quad (4)$$

где: $B_{1-2} = \{b_{ij}^{(1-2)}; i, j = \overline{1, N_{1-2}}\}$ – подмножество ребер сети между смежными 1-м (высшем) звеном и 2-м (промежуточным, то есть транзитным) звеном управления; $B_{2-3} = \{b_{ij}^{(2-3)}; i, j = \overline{1, N_{2-3}}\}$ – подмножество ребер сети между смежными 2-м (промежуточным) звеном и 3-м (периферийным) звеном управления.

Линейную основу ТС из выражения (3), учитывающую передачу геоинформации через одно звено управления (между 1-м и 3-м), то есть через транзитное (Т) звено, можно представить как

$$B_{II_T} = B_{1-3}. \quad (5)$$

С учетом построения линейной потоковой структуры ТС в рамках каждого из трех звеньев управления, смежности и транзитности, выражение для линейной основы ТС может быть представлено следующим образом:

$$B = B_{II} \cup B_{II_C} \cup B_{II_T}. \quad (6)$$

На множестве A_{II} определяются множество коррелирующих пар сетевых узлов и станций (КПУ)

$$Z = \{z_k = (a_{s_k}, a_{t_k}); k = \overline{1, m}\}, \quad (7)$$

где a_{s_k} и a_{t_k} – сетевые элементы ТКС, между которыми образуются КПУ с порядковыми номерами $k = \overline{1, m}$. Каждой КПУ поставлены в соответствие потребности по образованию каналов передачи потоков геоинформации v_{z_k} из множества

$$V = \{v_{z_k}\}. \quad (8)$$

Так как для каждой $z_k \in Z$ образуется множество независимых путей (π) передачи геоинформации, то, в связи с необходимостью формализации записи построения маршрутов (μ) обмена данными в СОД, выражение (7) представим в следующем виде:

$$Z_{\pi} = \{z_{\pi_k}, k = \overline{1, m_{\pi}}\}. \quad (9)$$

В рамках обобщенной записи для КПУ (9) и в соответствии с уточненными формулами для моделирования линейной основы ТС запишем требования к формированию ряда квадратных матриц (таблиц) для КПУ в соответствии с полученными выражениями (3),..., (6):

$$Z_{\pi}^{(1)} = \{z_{\pi_k}^{(1)}, k = \overline{1, m_{\pi}^{(1)}}\} \quad (10)$$

– для подмножества ребер сети 1-го (высшего) звена управления;

$$Z_{\pi}^{(2)} = \{z_{\pi_k}^{(2)}, k = \overline{1, m_{\pi}^{(2)}}\} \quad (11)$$

– для подмножества ребер сети 2-го (промежуточного) звена управления;

$$Z_{\pi}^{(3)} = \{z_{\pi_k}^{(3)}, k = \overline{1, m_{\pi}^{(3)}}\} \quad (12)$$

– для подмножества ребер сети 3-го (периферийного) звена управления;

$$Z_{\pi}^{(1-2)} = \{z_{\pi_k}^{(1-2)}, k = \overline{1, m_{\pi}^{(1-2)}}\} \quad (13)$$

– для подмножества ребер сети между смежными 1-м (высшем) звеном и 2-м (промежуточным) звеном управления;

$$Z_{\pi}^{(2-3)} = \left\{ z_{\pi_k}^{(2-3)}, k = \overline{1, m_{\pi}^{(2-3)}} \right\} \quad (14)$$

– для подмножества ребер сети между смежными 2-м (промежуточным) звеном и 3-м (периферийным) звеном управления;

$$Z_{\pi}^{(1-3)} = \left\{ z_{\pi_k}^{(1-3)}, k = \overline{1, m_{\pi}^{(1-3)}} \right\} \quad (15)$$

– для подмножества ребер сети учитывающую передачу информации через одно звено управления (между 1-м и 3-м), то есть через транзитное звено управления.

Одним из ограничений в процессе расчёта потоковой составляющей транспортной составляющей ТКС есть необходимость соблюдения следующего условия:

$$k_{св.р.п} (z_{\pi_k}) \geq k_{св.тп.п} (z_{\pi_k}), \quad (16)$$

где: $k_{св.р.п} (z_{\pi_k})$ – расчётное или реальное (*р.*) значение коэффициента потоковой (*п*) связности (*св.*) для $z_{\pi_k} \in Z_{\pi}$, который определяет степень резервирования путей передачи потоков геоинформации по отношению к требуемому (*тп.*) его значению.

Таким образом, полученная графовая модель структуры транспортной сети геоинформационной системы специального назначения учитывает структурно-потоковую связность не только в рамках одного звена управления и с нижестоящим звеном управления, но и через одно звено управления, что позволяет повысить точность математического моделирования при разработке методик синтеза и анализа транспортных составляющих ТКС и ГИС. Эти уточненные графовые модели предлагается в дальнейшем также использовать в качестве исходных данных в методическом аппарате формирования множества маршрутов передачи геоинформации в СОД.

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. Формализованная постановка задачи синтеза топологической структуры магистральной транспортной сети телекоммуникационной системы специального назначения / А.И. Осадчий [и др.] // Информация и Космос. – 2013. – № 3. – С. 11–16.