

*Пропонується при проектуванні мультисервісних телекомунікаційних систем застосовувати критерій максимуму прибутку оператора зв'язку. У статті наведена математична модель і постановка задачі синтезу структури та параметричного синтезу телекомунікаційної системи*

*Ключові слова: топологічний синтез, параметричний синтез телекомунікаційна система, провайдер, прибуток*

---

*Предлагается при проектировании мультисервисных телекоммуникационных систем использовать критерий максимума прибыли оператора связи. В статье приведена математическая модель и постановка задачи синтеза структуры и параметрического синтеза телекоммуникационной системы*

*Ключевые слова: топологический синтез, параметрический синтез, телекоммуникационная система, провайдер, прибыль*

---

*Maximum profit of telecommunication provider criteria usage is offered for multiservice telecommunication systems design. In the given article described mathematical model and problem definition for telecommunication system structure and parametrical synthesis*

*Key words: topology synthesis, parametrical synthesis, telecommunication system, provider, profit*

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ ТЕЛЕ- КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ NGN СОГЛАСНО КРИТЕРИЮ МАКСИМУМА ПРИБЫЛИ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ

**Д. В. Агеев**

Кандидат технических наук  
Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166  
Контактный тел.: (057) 705-25-46  
E-mail: dm\_ageyev@ukrpost.net

## 1. Введение

В последнее время наблюдается бурное развитие информационных технологий, что связано с переходом от постиндустриального общества к информационному. Технической основой построения информационного общества является Глобальная информационная инфраструктура, включающая в свой состав телекоммуникационную подсистему. От телекоммуникационной подсистемы требуется обеспечение возможности передачи любого вида информации, из любой точки мира, в любое время. В настоящее время в качестве такой сети рассматриваются сети связи, построенные согласно концепции NGN. Сети NGN ориентируются при своем построении на использование современных телекоммуникационных технологий, отличаются архитектурой от ранее используемых и не ограничи-

ваются количеством предоставляемых услуг и видов передаваемой информации. Перечисленные свойства внедряемой сети выдвигают новые требования к проектированию. В процессе проектирования решаются такие задачи как: синтез структуры будущей системы, синтез топологии и выбор параметров элементов системы.

В данной статье предлагается математическая модель сети NGN и постановка задачи ее синтеза согласно критерию максимума прибыли оператора.

## 2. Обзор подходов к решению задачи

Попытки создания универсальной сети, способной передавать различные виды информации, предпринимались не однократно. Примерами подобных

сетей можно считать ISDN и ее дальнейшее развитие В-ISDN, использующую технологию ATM на нижних уровнях. Однако подобные сети имели в своей основе недостаток, который заключался в том, что услуги сети были завязаны в самих узлах сети. Это не позволяло гибко добавлять новые услуги связи.

Концепция NGN базируется на выделении в структуре сети трех основных уровней: сеть доступа, транспортная сеть и уровень услуг и управления. Такое деление позволяет вынести интеллект сети за пределы ядра сети, оставив последнему лишь функции доставки информации из одной точки сети в другую. Выделение в отдельный уровень сети доступа позволяет более гибко решать проблемы «последней мили», обеспечивая доступ ко всему спектру услуг связи абонентам, подключенным по различным технологиям доступа.

Описанная выше архитектура сети позволяет гибко строить много операторские сети, т.е. сеть в которой различные ее фрагменты принадлежат разным провайдерам [1,2] (доступы, сетевые, контент, услуги). Архитектура сети, ориентированная на многооператорскую среду, предлагается во многих стандартах в области мультисервисных телекоммуникационных систем. Одной из наиболее перспективных является архитектура сети, предложенная в проекте MUSE в рамках 6-й рамочной программы [2]. Данные предложения нашли свое отражение во многих стандартах в области.

Предлагаемая в проекте, бизнес модель выделяет следующие роли участников:

Абонент – имеет абонентское шлюзовое оборудование для доступа в сеть, заключает контракт и платит за предоставленные услуги.

Упаковщик – является посредником между Абонентом и сервис провайдерами. Позволяет избежать заключения множества отдельных контрактов абонента с сервис провайдерами.

Провайдер соединения – отвечает за техническое обеспечение сетевого соединения и выделения ресурса для связи Абонента с сервис провайдерами.

Провайдер сети доступа и Провайдер региональной сети – обеспечивают физическую сетевую инфраструктуру и ее функционирование на соответствующих участках сети.

Сетевой провайдер – обеспечивает возможность установки соединения Абонента в Интернет или глобальную сеть.

Провайдер услуг уровня приложений – отвечает за услуги, находящиеся выше транспортного уровня модели ВОС.

Мультимедиа контент провайдер - обеспечивает доступность контента (например, музыки, фильмов) Провайдерам услуг уровня приложений.

Участники бизнес процесса могут сочетать несколько ролей. Перечисленные участники бизнес процесса функционируют в условиях конкуренции, борясь за возможность заключения контракта с клиентами.

Анализируя развитие телекоммуникационной отрасли, можно заметить следующее. В последнее время наблюдается частая смена телекоммуникационных технологий, используемых при построении сетей связи, что требует модернизации существующих и организации новых телекоммуникационных сетей, при этом частота смен технологий со временем увеличивается. Из-за смены технологий, в существующих сетях

связи можно наблюдать большое количество фрагментов, работающих с использованием технологий, которые были перспективными на разных этапах развития сети. Многие попытки перевести всю сеть на более совершенную технологию оставались безуспешными. За время модернизации сети технология, к которой производился переход, устаревала, и сеть начинала модернизироваться на новую технологию. Таким образом, переходный период для телекоммуникационных сетей, де-факто, является перманентным состоянием.

Наличие конкуренции между провайдерами инфотелекоммуникационных услуг привело к состоянию телекоммуникационного рынка, когда в одном и том же географическом районе существует выбор поставщика услуг и абоненты сети достаточно легко меняют поставщика на другого, который предлагает, более лучшие условия предоставления услуг или его перечень.

В приведенных условиях модернизации требует и подход к проектированию. Используемый до сих пор в большинстве случаев подход предусматривает синтез структуры сети в следующей постановке оптимизационной задачи. При известном: множестве абонентов - потребителей инфотелекоммуникационных услуг; объеме принимаемого/передаваемого трафика и требованиях к качеству услуг, необходимо определить такую структуру сети и параметры ее элементов, чтобы при удовлетворении требований на передачу информации и требований к качеству обслуживания, приведенные затраты на ее организацию были минимальны.

Данная постановка задачи связывает между собой экономические и технические характеристики. При решении задачи фиксированными параметрами являются: множество абонентов сети, объемы предоставляемых услуг каждому из абонентов, жестко ограниченное качество предоставления услуг. Варьируемыми параметрами являются структура сети и параметры ее элементов.

На практике, при развертывании сети оператор связи обычно имеет больший выбор варьируемых параметров, а именно может решать при заключении контракта с Абонентом: предоставлять и не предоставлять услуги заданному абоненту, предоставлять полный перечень запрашиваемых абонентом услуг или частично.

В описанных условиях, при организации коммерческих сетей, более рациональным, на взгляд автора статьи, является критерий максимума прибыли оператора. Использование данного критерия позволит расширить перечень варьируемых параметров и приблизить постановку технической задачи к постановкам используемых в экономической теории.

---

### 3. Математическая модель и постановка задачи

---

Рассмотрим постановку задачи синтеза топологической структуры и параметрического синтеза телекоммуникационной системы по критерию максимума прибыли провайдера инфотелекоммуникационных услуг.

Синтезируемая телекоммуникационная система имеет иерархическую структуру и содержит сеть доступа и магистральный сегмент. Магистральный сегмент соединяет каналами связи (КС) узлы доступа (УД). УД обеспечивают передачу информации через магистральный сегмент между абонентами сети (АС) закрепленными за разными УД. Магистральный сегмент

мент помимо УД содержит узлы управления, узлы предоставления услуг и шлюзы в вышестоящую сеть.

Зададим исходные данные следующим образом:

$A = \{a_i\}$  - множество абонентов сети - потребителей инфотелекоммуникационных услуг, заданные своими координатами  $\{x_i, y_i\}$ ;

$Z^S = \{z_i^S\}$  - множество узлов, где установлено оборудование управления, сервера приложений или шлюзовое оборудование. Данные узлы сети являются источниками или получателями информационных потоков, возникающих при предоставлении услуг абонентам.

$\{x_i^S, y_i^S\}$  - координаты узла  $z_i^S$ ;

$l_{ij}$  - длина линии связи (ЛС), соединяющей узлы сети  $i$  и  $j$ , км;

С достаточной для практики точностью можно считать, что затраты на строительство и эксплуатацию единичной ЛС длиной  $l_{ij}$  описываются формулой:

$$D^{LC} = v \cdot l_{ij},$$

где  $v$  - стоимость одного километра в зависимости от типа ЛС.

Затраты на организацию КС заданной пропускной способности можно оценить:

$$D^{KC} = \alpha \cdot c_{ij}^\beta,$$

где  $c_{ij}$  - пропускная способность КС между пунктами  $i$  и  $j$ , бит/с;

$\alpha$  - удельные расходы на единицу пропускной способности;

$\beta$  - степенной коэффициент  $0 < \beta \leq 1$ .

Опираясь на выше приведенные параметры, дополнительно введем следующие обозначения:

$D = \|d_{ij}\|$  - матрица затрат на строительство ЛС между узлами на участке сети доступа;

$D^Z = \|d_{ij}^Z\|$  - матрица затрат на строительство ЛС между узлами на магистральном участке сети;

$\omega^A(c)$  - затраты на организацию КС пропускной способностью  $c$  в сегменте сети доступа;

$\omega^Z(c)$  - приведенные затраты на организацию КС пропускной способностью  $c$  на магистральном участке сети.

$D(z_i^s)$  - затраты на установку оборудования сервера услуг или управления.

Приведенные выше данные описывают физическую структуру сети. Перейдем к данным, описывающим логическую структуру.

$S = \{sk\}$  - множество инфотелекоммуникационных услуг, предоставляемых в проектируемой сети.

$H_k = \|h_{ij}^k\|$  - матрица трафика создаваемого в сети между абонентом и узлами управления и серверами услуг, а также между самими узлами управления и серверами услуг при предоставлении услуги  $s_k$  абоненту в единичном объеме. Абонент в этой матрице представлен под индексом 1, остальные столбцы и строки матрицы соответствуют узлам управления и предоставления услуг.

$\bar{q}(m) = (q_k(m))$  - вектор объемов услуг заказываемых абонентом  $a_m$ .

$E(s_k)$  - доход, получаемый оператором связи при предоставлении абоненту услуги  $s_k$  в единичном объеме.

Оператор может не заключать контракт с абонентом на предоставление услуги, если ему это невыгодно. Опишем это следующим образом:

$V = \|v_{ik}\|$  - матрица, описывающая перечень предоставляемых оператором услуг абонентам, где

$$v_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если услуга } s_k \text{ предоставляется абоненту } a_i \text{ в заказываемом им объеме,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$E$  - доход получаемый оператором от предоставления услуг,

$$E = \sum_m \sum_k q_k(m) \cdot v_{mk} \cdot E(s_k)$$

При известных  $V, H_k, \bar{q}(m)$  можно определить:

$N = \|h_{ij}\|$  - результирующая матрица требований к информационному обмену между абонентами сети и серверами услуг, а также между серверами услуг с учетом объемов запрашиваемых абонентом услуг и перечня услуг, предоставляемых оператором.

Таким образом, ставится задача найти топологическую структуру сети, определить характеристики потоков передаваемых по каналам связи в сети и пропускные способности каналов связи, определить перечень предоставляемых оператором услуг  $V$ , при которых обеспечивается передача заданных информационных потоков  $N$  между любой парой узлов - участников информационного обмена (элементы множеств  $A$  и  $Z^S$ ), так чтоб прибыль оператора связи была максимальной. Характеристики качества предоставления услуг абонентам не должны быть хуже требуемых.

Построим математическую модель решения задачи. Введем следующее обозначения:

$V^A = \|b_{rs}^A\|$  - матрица смежности на участке сети доступа, где

$$b_{rs}^A = \begin{cases} 1, & \text{если узел } r \text{ связан с узлом } s \text{ КС сети доступа,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$V^Z = \|b_{rs}^Z\|$  - матрица смежности на магистральном участке сети, где

$$b_{rs}^Z = \begin{cases} 1, & \text{если узел } r \text{ связан с узлом } s \text{ КС магистрального сегмента,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$Z^* = \{z_i^*\} \subseteq Z$  - множество узлов, где установлено оборудование узла доступа;

$$b_i = \begin{cases} 1, & z_i \in Z^*, \\ 0, & z_i \notin Z^*; \end{cases}$$

$F = \|f_{rs}\|$  - матрица информационных потоков в сети, бит/с,

$C = \|c_{rs}\|$  - матрица пропускных способностей каналов связи бит/с.

Математическая модель имеет следующий вид:

$$\max(E - W)$$

$$W = \sum_{r=1}^N \sum_{s=1, r \neq s}^N [\omega^A(c_{rs}) + d_{rs}] \cdot b_{rs}^A +$$

$$+ \sum_{r=1}^N [D(z_r^s) b_r] + \sum_{r=1}^N \sum_{s=1}^N [\omega^Z(c_{rs}) + d_{rs}^Z] \cdot b_{rs}^Z;$$

$$f_{rs} < c_{rs}, \quad \forall r, s, \quad b_{rs}^A \neq 0, b_{rs}^Z \neq 0.$$

### Заключення

В умовах багатооператорності і конкуренції на ринку надання інфо-телекомунікаційних послуг більш раціональним, з точки зору автора статті, є використання при проектуванні даних мереж критерія максимуму прибутку оператора. При використанні даного критерія в процесі проектування, додатково з'являється такий варіюваний параметр, як перелік надаваних послуг і кількість абонентів, яким надаються послуги. В результаті розв'язується оптимізаційна задача, яка є більш близькою до задачі, розв'язуваної при створенні бізнес-планів оператора зв'язу.

В статті приведена математична модель і постановка задачі синтезу топології і параметричного синтезу мультисервісної мережі згідно критерію максимуму прибутку оператора зв'язу

### Література

1. Кучерявий А.Е., Кучерявий Е.А. Ієрархічні та молекулярні мережі зв'язу загального користування // Електро-зв'язь. 2008. № 2. С. 16-18.
2. MUSE deliverable DTF1.1. Reference Models for a European Multi-service Access Network. January 2006.
3. Зайченко Ю.П. Структурна оптимізація мереж ЕВМ / Зайченко Ю.П., Гонти Ю.В. К.: Техніка, 1986. 168 с.

УДК 681.3 (075.8) 378.16

# РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ РАША В СИСТЕМУ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ MOODLE

**Л.М. Заміховський**

Доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи\*

**Л.М. Ходек**

Аспірант\*

\*Галицька Академія

вул. Вовчинецька, 227, м. Івано-Франківськ, 76006

E-mail: ime@ime.if.ua, sundew2006@rambler.ru

*В роботі проаналізовані причини використання однопараметричної моделі Раша та розглянуто побудову компонентів специфічного математичного двигуна для інтеграції її в систему дистанційного навчання Moodle*

*В работе проанализированы причины использования однопараметрической модели Раша и рассмотрено построение компонентов специфического математического двигателя для интеграции ее в систему дистанционной учебы Moodle*

*This article presents causes of usage of Rasch model and process of building specific math engine and its integration into LMS Moodle*

З появою інформаційних технологій все більшої популярності набуває застосування елементів дистанційного навчання при наданні освітніх послуг. Одна з ключових проблем впровадження дистанційної форми навчання (ДН) – проведення процедури діагностування рівня знань студентів. Основним інструментом діагностування рівня знань в ДН є використання тестів. При цьому слід зауважити, що:

- розробка тестів, здатних адекватно оцінити рівень знань студентів, – це не просто складання завдань і об'єднання їх в тест. Тест – це система завдань, в якій кожне завдання повинне задовольняти певним критеріям;

- не можна зводити перевірку знань до одного лише тестування. За допомогою тестів не можна перевірити, наприклад, доказ теорем, і, звичайно ж, ніяке тестування не замінить спілкування студента з викладачем.