

УДК 621.391

Гайворонская Г.С., д.т.н.; Соломицкий М.Ю., асп. (Одесская гос. академия холода)

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОТОКА СООБЩЕНИЙ В КОНВЕРГЕНТНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Гайворонська Г.С., Соломицький М.Ю. Аналіз особливостей потоку повідомлень в конвергентній телекомунікаційній мережі. Сформульовано відмінності між потоком викликів та потоком повідомлень. Виконано постановку задачі розробки математичної моделі потоків повідомлень, які циркулюють в конвергентній телекомунікаційній мережі.

Ключові слова: ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, КОНВЕРГЕНЦІЯ, ПОВІДОМЛЕННЯ, ВИКЛИК, ПОТІК

Гайворонская Г.С., Соломицкий М.Ю. Анализ особенностей потока сообщений в конвергентной телекоммуникационной сети. Сформулированы отличия между потоком вызовов и потоком сообщений. Выполнена постановка задачи разработки математической модели потоков сообщений, циркулирующих в конвергентной телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, КОНВЕРГЕНЦИЯ, СООБЩЕНИЕ, ВЫЗОВ, ПОТОК

Haivoronska H.S., Solomytskyi M.Iu. Analysis of the features of messages stream in the convergent telecommunication network. Differences between calls stream and messages stream are formulated. Problem statement of development of the mathematical model of messages streams circulating in the convergent telecommunication network is carried out.

Keywords: TELECOMMUNICATION, CONVERGENTION, MESSAGE, CALL, STREAM

Введение. Конвергентная телекоммуникационная сеть (КТС) является новым объектом исследования. Ее нельзя непосредственно отнести к таким известным классам сетей как сети передачи данных, телефонные и информационно-вычислительные сети, т.д. [1]. Соответственно, используемые в настоящее время модели процессов, протекающих в существующих телекоммуникационных сетях (ТС) и основанные на них методы расчета различных параметров, в том числе и сетевого оборудования, в исходном виде не пригодны для решения задач исследования и проектирования КТС. Существующие ТС предназначены для обеспечения обслуживания пользователей в определенной четко ограниченной области, т.е. пользователям предоставляется одна или узкий спектр из нескольких услуг. Концепция КТС предусматривает предоставление неограниченного спектра услуг и, помимо этого, предполагает техническую возможность реализации новых сетевых служб для обеспечения рентабельности сети в будущем.

Как показано в [2] под КТС понимается совокупность архитектурно-технологических методов и аппаратно-программных средств доставки информации территориально удаленным пользователям, позволяющая на единой цифровой основе обеспечить различные виды услуг по обработке и доставке разнородной информации, при обеспечении требований пользователей к своевременности, качеству доставки и сохранении ценности мультимедийной пользовательской информации.

Общая постановка задачи. Потоки, поступающие и циркулирующие в КТС, являются сложными по своей природе и структуре. Эти потоки представляют собой разнородный, с точки зрения источников информации, агрегированный, с позиций сетевых технологий и протоколов, трафик интегральной информации, отражающей процессы взаимопроникновения и слияния инфокоммуникаций.

Объектом исследования в рамках решения задачи разработки модели потоков сообщений в КТС являются два процесса, протекающие в определенные промежутки времени в определенных точках пространства КТС как большой системы. Это процесс взаимодействия КТС с информационной метаструктурой и процесс сетевого обслуживания. Предметом исследования являются модели и методы описания структуры потоков сообщений в КТС. Цель исследования предусматривает повышение эффективности функционирования КТС за счет разработки модели потока сообщений в КТС.

В совокупности необходимы исследования процессов обработки и доставки информации между двумя пользователями, а не между точками входа/выхода КТС. С этой точки зрения мы в качестве объекта исследования захватываем некоторые функции процессов информационной сети. Но поскольку это только небольшая часть функций, определяющих

отличие ТС от информационных сетей, оставим в качестве объекта исследования все же процессы, проходящие именно в КТС.

Процесс обработки информации исследуется исключительно с точки зрения функций, необходимых для ее доставки в КТС. Мы не исследуем процессы прикладного, представительского, сеансового уровней модели взаимодействия открытых систем (МВОС). Единственное исключение составляет решение задачи определения и учета функции ценности информации. То есть, исследованию подлежат информационные процессы, являющиеся залогом успешного выполнения функций трех верхних уровней МВОС, однако само функционирование аппаратно-программных средств КТС и окружающей ее среды на этих уровнях не исследуется, если указанное функционирование непосредственно не влияет на качество доставки и ценность информации. Таким образом, функционирование оконечного оборудования, узлов коммутации (УК), вычислительных центров КТС и внешней информационной метаструктуры в процессе доставки и обработки информации на сеансовом, представительском и прикладном уровнях МВОС принимается безинерционным, прозрачным и/или абсолютно надежным.

Сетеобразующим процессом КТС, представляющим суть функционирования системы, является процесс преобразования информации, реализуемый одной или совокупностью информационных технологий, состоящий из вычислительного процесса преобразования информации в пространстве (ввод, вывод, хранение, обработка данных) и информационного процесса преобразования информации во времени (сбор, распределение, передача, коммутация потоков). Остальные процессы учитываются как внешние воздействия.

Количественная сторона сетевых процессов преобразования информации является предметом исследования фундаментальной теории – теории телетрафика. Долгое время теория телетрафика представляла собой основополагающий инструментарий исследования ТС. Однако, анализ результатов исследований зарубежных и отечественных ученых последних двух десятилетий [3...9] указывает на невозможность непосредственного использования существующего инструментария теории телетрафика для исследования ТС на современном этапе развития инфокоммуникаций ввиду того, что он не учитывает сложившиеся в последние годы особенности этих сетей. Эта же причина приводит к невозможности использования при исследовании КТС ранее разработанных моделей и методов теории телетрафика в их исходном виде. Альтернативных решений в известных публикациях не предлагается, а имеющиеся наработки носят частный узкоспециальный характер. Интерес представляет создание аппарата, адекватного настоящему положению дел в сфере инфокоммуникаций в целом, и в КТС в частности, по глубине проработки максимально приближенного к математическим выкладкам теории телетрафика.

Потоки сообщений в КТС. Одним из основных элементов теории телетрафика является понятие потока вызовов. Вызов представляет собой требование на обслуживание. Принимая во внимание то, что изначально теория телетрафика представляла собой математическую теорию процессов сетевого обслуживания в основном в телефонных сетях, характеризующихся методом коммутации каналов и позиционным мультиплексированием, а также в сетях передачи данных, характеризующихся методом коммутации пакетов и меточным мультиплексированием, задание входящего потока осуществлялось одним из трех способов: *последовательностью* вызывающих моментов t_1, t_2, \dots, t_n ; *последовательностью* промежутков времени между вызывающими моментами z_1, z_2, \dots, z_n и *последовательностью* чисел k_1, k_2, \dots, k_n , определяющих количество вызовов, поступающих в течение заданных отрезков времени $[t_0, t_1), [t_0, t_2), \dots, [t_0, t_n)$. При этом достаточным являлось определение в качестве основных характеристик потока вызовов параметра $\lambda(t)$ (предела отношения вероятности поступления вызова за время $[t, t + \tau)$ к длине этого отрезка времени τ в момент t) и интенсивности μ (математического ожидания числа вызовов за единицу времени).

Учитывая то, что технологической основой транспортировки информации, регламентированной в рамках архитектуры сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks), является ее унифицированное представление, основанное на меточном

мультиплексировании при коммутации пакетов, кадров или ячеек, как это предусмотрено в рамках концепции КТС, понятие потока вызовов не представляется подходящим для исследования указанных сетей. Обосновать это можно следующими соображениями.

Недостаточно говорить лишь о потребности в доставке информации: необходимо знать, что это за информация (как с количественных, так и с качественных позиций), какое количество информации подлежит передаче и каким образом будет осуществлена ее транспортировка. Этими сведениями важно обладать с точки зрения преобразования информации во времени и в пространстве. Таким образом, представляется целесообразным определение понятия потока сообщений, циркулирующего в сети для передачи информации, как одного из основных при исследовании КТС и, создаваемой на основе КТС NGN.

Как показал анализ, в настоящее время нет общей теории распределения и расчета качественных и количественных показателей для потоков сообщений в КТС [10...13].

Вызов – это лишь требование на обслуживание сетью для передачи сообщения, а сообщение – именно та преобразованная в электромагнитные сигналы информация, которая подлежит транспортировке. В связи с этим поток сообщений, циркулирующий в КТС, помимо распределения во времени (вызывающих моментов, интервалов между вызывающими моментами, количества вызовов), должен определяться объемом информации, заключенной в отдельных сообщениях. При этом длина каждого из сообщений, связанных с одним процессом передачи пользовательской информации, может быть постоянной, либо изменяться по определенным законам, или же быть неопределенной случайной величиной. Следует отметить, что условием успешной доставки сообщений является транспортировка помимо пользовательской, еще и служебной информации. Это приводит к необходимости разработки формального аппарата определения того, что именно следует понимать под служебной информацией, для чего необходим анализ всех данных, относящихся к служебным, с последующим выделением из них наиболее общих, ввиду практической невозможности учета особенностей всего множества существующих технологий транспортировки информации. Помимо этого отдельные сообщения могут быть как частью целого смыслового объема информации, так и представлять законченную смысловую нагрузку в пределах одного сообщения. Указанный дуализм также должен быть формализован и учтен при разработке модели потоков сообщений КТС.

Вид потока сообщений определяется распределением моментов поступления отдельных сообщений или интервалов времени между этими моментами, количеством информации в каждом сообщении и рядом других факторов. Согласно [14] для описания разновидностей потоков и количества информации в них представляется целесообразным ввести понятие информационного сообщения пользователя (ИСП), представляющего конечную последовательность данных, формируемую для передачи и имеющую законченное смысловое значение. В сети ИСП передаются в виде коммутируемых информационных единиц (КИЕ): пакетов, дейтаграмм, кадров, ячеек и т.д. Таким образом, исходя из соотношения количества элементов в ИСП и КИЕ, можно ввести соответствующую модификации потока сообщений и характеризовать объем потока посредством количества содержащихся в нем КИЕ. Помимо этого можно выделить детерминированные, стохастические и смешанные потоки сообщений. При детерминированном потоке каждое сообщение появляется в заранее заданные моменты времени и имеет заранее определенные объемы. При стохастических потоках моменты появления сообщений или интервалы между ними и объемы отдельных сообщений являются случайными.

Требования к доставке сообщений. Одним из наиболее важных показателей является время доставки сообщений t_d – время от момента возникновения потребности в передаче информации до ее получения пользователем. При этом имеет место информационная составляющая процесса доставки информации – обработка информации конечным оборудованием получателя, например, процесс сборки отдельных сообщений в один упорядоченный поток сообщений, идентичный отправленному. Телекоммуникационная

составляющая процесса доставки информации ограничивается поступлением информации в окончательный пункт КТС.

Также можно задать допустимое время доставки T_D^d и ввести характеристику вероятности доставки сообщения в срок: $p(t \leq T_D^d) = \int_0^{T_D^d} \omega(t_D) dt$, где $\omega(t_D)$ – функция плотности распределения времени доставки.

Принимая во внимание особенности постановки задачи данного исследования, такие характеристики как: время реакции, время установления соединения, время задержки и скорость передачи сообщения являются избыточными с точки зрения времени доставки сообщений потоков КТС, как результирующего критерия требований к доставке сообщений. В связи с этим учет указанных характеристик является опциональным.

В случае стохастического характера временных характеристик справедливо регламентировать дисперсию соответствующей величины. Требования к допустимой вероятности появления ошибки могут предъявляться при рассмотрении сетевых процессов, связанных с сеансовым уровнем, выполняющем функции установления, поддержания, завершения сеанса связи, а также технологиями транспортировки информации.

Важной характеристикой потока сообщений является ценность информации – в общем случае ее потребительская стоимость, определяемая тем материальным эффектом, который дает использование каждого сообщения, например, при управлении объектом A в момент t . В таком случае это могут быть как *материальный выигрыш*, так и *материальные потери*, если в результате полученного сообщения пришлось произвести затраты, не давшие положительного эффекта, а также *соотношение затрат*, получаемое при осуществлении управления объектом для достижения поставленной цели в зависимости от полученной информации. Помимо этого функция ценности информации $Q(t)$ характеризуется приоритетом информации, как субъективной важностью для пользователя, своевременностью доставки, истинностью полученной информации, а также функцией адекватности эмоциональной передачи информации $Sm(t)$. Задача нахождения функций $Q(t)$ даже для конкретных систем, не говоря о большой системе, которой является КТС, в настоящее время не имеет решения.

Пользователя КТС, как потребителя информации, не интересует, какими техническими средствами обеспечивается выполнение указанных требований. Однако их реализация, особенно с учетом экономики и требований по повышению производительности труда инженерно-технического персонала, ставит ряд сложных технико-экономических задач.

Потоки сообщений, циркулирующих в КТС, можно классифицировать в виде N -мерной матрицы, размерность которой определяется количеством необходимых для отражения характеристик потока, а элементы представляют собой, соответственно, закодированные их обозначения, для которых можно зафиксировать требования к сообщениям.

Например, согласно [14] в соответствии с режимами переноса информации, приоритетами и видами информации различные виды потоков сообщений КТС можно классифицировать в виде трехмерной матрицы, элементы a_{ij}^k которой являются условными обозначениями сообщений, т.е. a_{ij}^k – код сообщения i -го вида информации j -го приоритета на k -й режим коммутации. Каждое сообщение, кроме кода, имеет характеристики p_0^d , T^d , D^d , которые могут быть фиксированы для каждого отдельного сообщения, где p_0^d – максимальная допустимая вероятность искажения символа, T^d – максимально допустимая средняя задержка ИСП или КИЕ, D^d – допустимая дисперсия времени задержки.

Посредством приоритета сообщения можно явно указать, помимо объективной, субъективную ценность информационного сообщения. Следует отметить, что формальный признак приоритета далеко не всегда адекватен с точки зрения пользователя. Например,

междугородный входящий телефонный вызов (высокий приоритет: высокая стоимость вызова, большая длина пути соединения) с точки зрения вызываемого пользователя в определенный момент времени может быть гораздо менее важным местного вызова (низкий приоритет: один обслуживающий УК, вызовы в пределах зоны обслуживания бесплатные) «чрезвычайно важного для меня сейчас».

Еще одним возможным вариантом классификации потоков сообщений КТС может быть определение потока и его характеристик в рамках пространственно-временного представления межузлового взаимодействия в КТС. Например, согласно [15] поток сообщений можно обозначить через Fm и рассмотреть требования к доставке сообщений как величину, зависящую от определенной пары узлов КТС, между которыми циркулирует поток сообщений, и момента времени $Fm : I^2 \times T \rightarrow \mathbb{R}$.

Значения этой функции, иллюстрируемой рис. 1, могут соответствовать как величинам реальных измерений между узлами в заданное время, так и прогнозируемым параметрам.

При пространственном сечении межузлового взаимодействия можно зафиксировать пару узлов $\langle i, j \rangle$ и определить ее пространственное сечение ζ_{ij} как

$$\zeta_{ij} : T \rightarrow \mathbb{R}, \zeta_{ij}(t) = Fm(i, j, t).$$

Таким образом, для каждой пары узлов может быть определена функция одного аргумента, определяющая поток сообщений, циркулирующий между этой парой узлов в каждый момент времени. Из этой системы несложно получить и временной срез, для чего строится квадратная матрица n -ого порядка $Fm(t)$ в некоторый фиксированный момент времени t так, чтобы $Fm(t) = \|\zeta_{ij}(t)\| \in M_n(\mathbb{R})$, при этом, учитывая дискретность и ограниченность T , можно говорить о Fm как о конечной системе матриц потоков.

Процесс доставки информационного потока сообщений от его источника разбивается на этапы: *доставка* информации в пункт ввода в КТС; *формирование* сообщения и его ввод в КТС; *передача* сообщения от пункта ввода к пункту вывода из КТС; *вывод* из КТС в виде, удобном для дальнейшего использования; *доставка* к месту использования.

Помимо этого на выполнение требований к доставке и обработке информации существенное влияние оказывает преобразование информации в терминальном оборудовании. Однако, учитывая допущения данной постановки задачи, этот аспект не был отражен сознательно.

При исследовании потоков сообщений, циркулирующих в КТС, в процессе сетевого обслуживания важно четко определять границу взаимодействия сети и информационной метаструктуры. Принимая во внимание сложность и неоднородность КТС как большой системы, авторам представляется целесообразным при разработке модели потоков сообщений КТС сводить эти потоки к определенным модификациям потоков, определяемым отношением количества информации в ИСП и КИЕ. Вопрос разработки соответствующего аппарата формального описания потоков сообщений и их модификаций является одной из подзадач данного исследования. При этом для каждого частного случая системы обслуживания КТС необходимо уточнение характеристик потока циркулирующих сообщений и информационной метаструктуры, учитывая при этом длину пути обслуживания, возможные повторные вызовы, т.д.

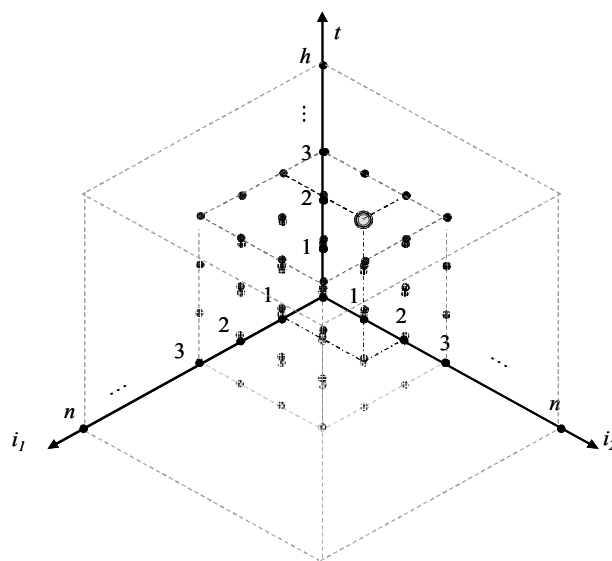


Рис. 1. Пространственно-временное представление межузлового взаимодействия

Разработка единой унифицированной модели потока сообщений КТС не представляется возможной ввиду практической невозможности учета особенностей всего множества моментов сетевого обслуживания в пространственно-временных срезах КТС. Если при аппроксимации реальной статистики потоков сообщений не удастся свести их непосредственно к модификациям аппарата потоков сообщений, что вполне возможно при исследовании КТС в реальных условиях, или возникнет необходимость разработки модели потоков сообщений для большого участка КТС, то можно использовать суперпозицию потоков. Модель потока сообщений позволяет определить количественные и качественные показатели потоков, циркулирующих в КТС при: взаимодействии КТС и информационной метаструктуры в рамках процессов сетевого обслуживания, прохождении потоков сообщений по обходным путям вместо основных, т.д.

Таким образом, становится возможным определение характеристик преимущественно стохастических процессов в КТС в разные моменты и промежутки времени на разных участках сети, что особенно важно, например, при реализации межоператорского взаимодействия в рамках совместного использования общего ресурса физической сети. Такой частный случай может быть результатом не только рыночных отношений в сфере инфокоммуникаций, но и насущной потребности провайдеров в условиях монополии.

Вопрос разработки модели потоков сообщений КТС, в целом, и решения возникающих при этом подзадач является открытым и представляет собой нетривиальную научную задачу.

Выводы. 1. Поток вызовов – поток требований на обслуживание для передачи сообщений. Поток сообщений – поток информации, превращенной в электромагнитные сигналы. Поток вызовов определяется последовательностью вызывающих моментов, последовательностью промежутков времени между вызывающими моментами и последовательностью чисел, определяющих количество вызовов, поступающих в течение заданных отрезков времени. Поток сообщений, помимо указанных временных характеристик, определяется количеством информации – объемом сообщений. В связи с этим необходимо разработать аппарат формального описания количества информации в потоке сообщений. Необходимо определение функции распределения потока сообщений во времени от функции распределения количества информации в потоке сообщений.

2. Поток сообщений включает как полезную, с точки зрения пользователя-потребителя информации, так и служебную, необходимую для технического осуществления передачи, информацию. В связи с этим необходимо разработать аппарат формального описания служебной информации в потоках сообщений КТС.

3. Блок информации, имеющий законченное смысловое значение, в зависимости от его размера и технологии транспортировки, может быть представлен либо потоком сообщений, либо отдельным сообщением. В связи с этим необходимо разработать формализованный аппарат определения того, является ли отдельное сообщение законченной смысловой единицей, или представляет часть целого.

4. Информация, содержащаяся в потоке сообщений, имеет различную ценность для потребителя информации. Ценность информации определяется множеством, преимущественно, плохо формализуемых факторов. В связи с этим необходимо разработать формальный подход к определению ценности информации и определить функцию и/или множество функций ценности информации.

5. Достаточными для определения потока вызовов являются характеристики интенсивности и параметра потока, для определения потока сообщений необходимо намного больше характеристик. В связи с этим необходимо разработать формальное описание и механизм определения характеристик потока сообщений.

6. Приоритет потока сообщений определяется как формальным признаком – приоритетом потока с технологической точки зрения КТС, так и субъективным признаком – частным приоритетом с точки зрения пользователя-потребителя информации. В связи с этим необходимо разработать механизм формального определения приоритета потока сообщений, в том числе и в условиях нечеткой постановки.

Таким образом, необходимо разработать математическую модель потока сообщений, циркулирующих в КТС, включающую: *функции* распределения сообщений во времени; *функцию* распределения количества информации в сообщениях; *функцию* ценности информации сообщений; *механизм* формирования приоритетов сообщений; *механизм* определения информационной целостности сообщений, особенности которой определяются параметрами процессов взаимодействия КТС с информационной метаструктурой и сетевого обслуживания в КТС.

На основе такой математической модели потоков сообщений, циркулирующих в КТС, необходимо разработать имитационную модель потоков сообщений КТС. Проверка адекватности модели может быть осуществлена сравнением результатов моделирования и реальных статистических данных существующих телекоммуникационных сетей.

Литература

1. Соломицкий М.Ю. Анализ возможности использования математического аппарата теории телетрафика для описания взаимодействия конвергентной телекоммуникационной сети с внешней средой / М.Ю. Соломицкий, Г.С. Гайворонская // Холодильна техніка і технологія. – 2011. – № 2 (130) – С. 61-67.
2. Соломицкий М.Ю. Возможный подход к разработке модели трафика конвергентной телекоммуникационной сети / М.Ю. Соломицкий // Applicable Information Models. – Sofia: ITNEA, 2011. – № 22. – P. 189-198.
3. Will E. Leland, Murad S. Taqqu, Walter Willinger, Daniel V. Wilson. On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended version) / IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1994, February.
4. Diane E. Duffy, Allen A. McIntosh, Mark Rosenstein, Walter Willinger. Statistical Analysis of CCSN/SS7 Traffic Data from Working CCS Subnetworks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 1994, April.
5. Crovella M., Bestavros A. Self-Similarity in World-Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes // Proceedings, ACM Sigmetrics Conference on Measurements and Modeling of Computer Systems. – 1996, May.
6. Carlos Oliveira, Jaime Bae Kim, Tatsuya Suda. Long-Range Dependence in IEEE 802.11b Wireless LAN Traffic: An Empirical Study // CCW 2003. Proceedings. 2003 IEEE 18th Annual Workshop on – Computer Communications, 2003.
7. Sergejs Ilnickis. M/M/1 And G/M/1 Systems with a Self-Similar Input Traffic. – 2004.
8. Geyong Min, Mohamed Ould-Khaoua. A Performance Model for Wormhole-Switched Interconnection Networks under Self-Similar Traffic // IEEE Transactions on Computers. – Glasgow, 2004.
9. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
10. Давыдов Г.Б. Сети электросвязи / Г.Б. Давыдов, В.Н. Рогинский, А.Я. Толчан. – М.: Связь, 1977. – 360 с.
11. Гайворонская Г.С. Объединение потоков нагрузки на сетях связи с обходными направлениями / Г.С. Гайворонская // Труды УГАС «Информатика и связь». – 1998. – С. 128-136.
12. Гайворонская Г.С. Служба пакетной передачи данных общего пользования сети стандарта GSM / Г.С. Гайворонская, А.Н. Кальнев // Труды УНИИРТ. – 2001. – № 2 (26). – С.57-61.
13. Гайворонская Г.С. Проблема синтеза пространственно-временной структуры телекоммуникационной сети / Г.С. Гайворонская // Вісник ДУІКТ. – 2007. – №1. – С. 117-122.
14. Советов Б.Я. Построение сетей интегрального обслуживания / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – Л.: Машиностроение, 1990. – 332 с.
15. Гайворонская Г.С. Метод представления пространственно-временной структуры модернизируемой телекоммуникационной сети / Г.С. Гайворонская // Зв'язок. – 2006. – №8 (68). – С. 57-60.