

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ДОСТУПА

Предложен подход к разработке методики проектирования сетей доступа, выделены и описаны ключевые этапы их проектирования и задачи, решение которых необходимо в рамках каждого этапа.

Ключевые слова: информация, инфокоммуникационные услуги, сеть доступа, удаленный доступ.

Введение. С каждым годом возрастают потребности пользователей в информации и инфокоммуникационных услугах (ИКУ). Постоянно возникают новые услуги, предоставляющие новые возможности, однако их предоставление требует существенных изменений в структуре существующих сетей. В настоящее время доступ к ИКУ все еще предоставляется различными вторичными сетями, однако, перспективная концепция сетей доступа (СД) к базовым сетям, сформулированная в рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ) G.902, предполагает создание единой сети доступа ко всем сетям и услугам. Именно поэтому разработка методики проектирования СД, как ключевого элемента при переходе к сетям следующего поколения (*Next Generation Networks, NGN*), является актуальной и важной на настоящем этапе развития инфокоммуникаций.

На основании анализа особенностей проектирования ТС, выполненного в [1-3] и формулировки основных задач, решение которых необходимо для создания СД [4-7], можно сделать вывод о том, что методов проектирования СД на сегодняшний день не существует. В связи с взаимосвязью и взаимозависимостью ряда параметров СД и задач, решение которых необходимо при создании СД, довольно сложно определить, каким образом, и в какой последовательности следует осуществлять процесс проектирования этих сетей. Поэтому возникла задача систематизации всех этапов проектирования СД и разработки общей методики их проектирования. Для ее решения, принимая во внимание общие принципы проектирования ТС, обобщенные проф. Соколовым Н.А. в [8], учитывая основные тенденции развития в сфере инфокоммуникаций, а так же основываясь на концепции и структуре СД [2,4,5], в [9] была предложена общая последовательность процесса создания СД.

В этой работе выполнено усовершенствование модели процесса создания СД, которую предлагается положить в основу разработки методики проектирования этих сетей.

Постановка задачи. Пусть имеется некоторая территория, на которой расположено некоторое количество потенциальных пользователей N_i^p создаваемой СД, которые хотят получить определенный набор ИКУ. При этом считаем, что на этой территории полностью отсутствует инфокоммуникационная инфраструктура.

Формулировка задачи создания СД выполнена при следующих условиях:

1. Проектируемая СД должна обеспечивать все требования по реализации нормированных показателей качества предоставляемых ИКУ.
2. На сети рассматриваем использование только проводных технологий доступа.
3. Узлы предоставления услуг (УПУ) различных базовых сетей находятся за пределами территории, обслуживаемой СД.
4. Пользователи с одинаковым набором ИКУ рассредоточены по территории, обслуживаемой проектируемой сетью.
5. Возможно иерархическое подключение пользователей к УД и узлов доступа к УПУ.

Основная часть. Предлагаемая авторами модель, отображающая последовательность и взаимосвязь задач, решаемых на отдельных этапах проектирования сетей доступа, соответствующих концепции, сформулированной в рекомендации G.902 и последующих, развивающих ее рекомендациях МСЭ, показана на рисунке 1. Рассмотрим основные этапы проектирования СД в соответствии с предложенной моделью.

Этап 1. До начала проектирования необходимо провести предпроектные изыскания, цель которых обеспечить максимально полный сбор исходных данных. При группировке

входных параметров, предложено разделить их на несколько групп, характеризующих особенности:

- территории, возникшие естественным путем (водные преграды, лесные преграды, рельеф, возвышенности, климатические особенности) и возникшие в результате человеческой деятельности (наличие готовой инфраструктуры, планировка дорог, вдоль которых ведутся линии доступа (ЛД), наличие канализаций и свободного места в ней для прокладки ЛД, а также факторы, которые могут мешать работоспособности ЛД (линии электропередач, железная дорога и тому подобное);

- потенциальных пользователей на территории, обслуживаемой СД: количество населения, плотность пользователей СД, платежеспособный спрос пользователей на предоставление ИКУ, возможный рост количества пользователей, набор ИКУ выбранный пользователем и его возможное расширение со временем и др.;

- связанные с возможностью подключения пользователей к базовым сетям, обеспечивающим предоставление запрошенных ИКУ.

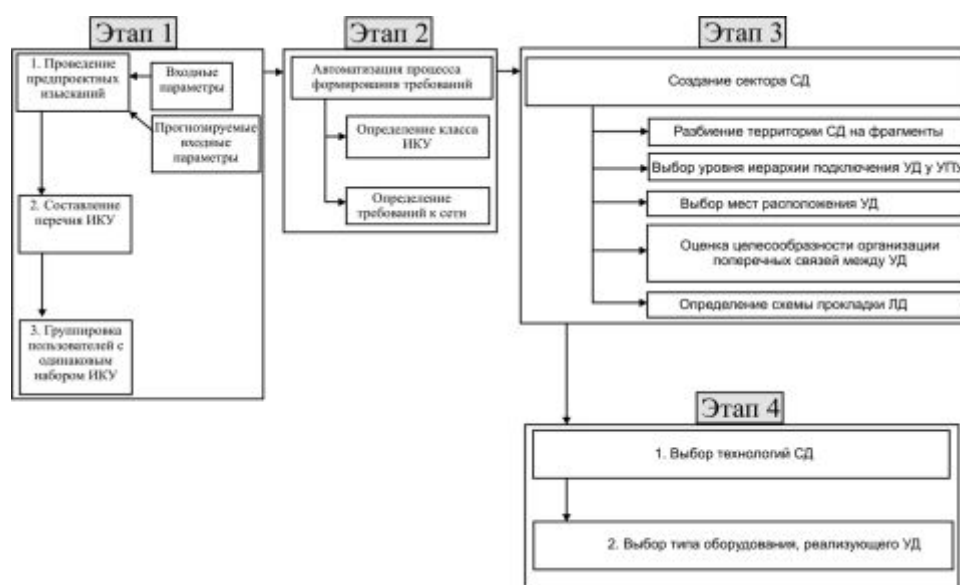


Рис. 1. Схема задач, решаемых при проектировании СД

Учитывая количество, разнообразие и взаимную корреляцию параметров, их оценка и классификация являются отдельными задачами, при этом для части входных параметров точные значения определить невозможно, а можно лишь прогнозировать с определенной степенью вероятности. Оценка влияния ошибок прогноза исходных данных на характеристики создаваемой СД выполнена в работе [10].

Прежде всего, составляется перечень ИКУ, для предоставления которых создается СД. Планирование любых телекоммуникационных сетей (ТС) основано на характеристиках ИКУ, для предоставления которых она предназначена [1]. Требования, выдвигаемые ИКУ к сети и сетевому оборудованию, во многом определяют структуру ТС. При этом необходимо учесть факторы, определяющие уровень спроса на ИКУ, интенсивность появления новых услуг и их влияние на развитие ТС в целом [2].

При составлении перечня ИКУ необходимо учитывать особенности пользователей, проживающих и работающих на территории, обслуживание которых предусматривается проектируемой СД. При этом учитываются их финансовые возможности, условия проживания, род деятельности, интересы, возраст и т.д. Следует учитывать, что не все потенциальные пользователи будут использовать весь набор ИКУ, предоставляемый базовыми сетями. Потенциальных пользователей целесообразно разделить на группы, с одинаковым набором предоставляемых ИКУ. Такой набор ИКУ будем обозначать z_m .

Для унификации способа подключения пользователей к базовым сетям, предлагается разбить всех пользователей на группы с учетом нагрузки, создаваемой каждым отдельным пользователем. Такой подход правомочен, поскольку для всех пользователей группы необходимо одинаковые или близкие значения пропускной способности и, следовательно, можно использовать одни и те же методы расчета и применить одинаковые технологии доступа.

Возможны два варианта расчета нагрузки СД: первый – по суммарному объему всех сообщений, передаваемых сетью, а второй – на основе суммарного времени занятия ЛД. Возможно использование обоих методов, однако, учитывая особенности СД и разнообразие видов ИКУ, запрашиваемых пользователями СД, расчет нагрузки целесообразно проводить, используя одновременно оба подхода. Первый метод используется учета нагрузки, создаваемой ИКУ, требующими меточного мультиплексирования, второй – для ИКУ, которые используют позиционное мультиплексирование.

В результате удельная нагрузка j -ой линии может быть рассчитана следующим образом.

$$Y_j = Y_{j1} + Y_{j2}, \quad (1)$$

при этом нагрузка, создаваемая услугами, требующими позиционного мультиплексирования равна

$$Y_{j1} = c \cdot t$$

где c – общее количество вызовов; t – средняя продолжительность обслуживания одного вызова;

суммарный объем сообщений передаваемых по j -ой линии с использованием меточного мультиплексирования получим как

$$Y_{j2} = \sum_{i=1}^k v_i,$$

где k – количество сообщений переданных по j -ой линии доступа; v_i – объем i -того сообщения.

Этап 2. Каждая группа пользователей выдвигает свои требования к сети и сетевому оборудованию, на основании которых определяется необходимая пропускная способность линий доступа. Для формирования этих требований может быть использован специально разработанный программный комплекс *Classification of Infocommunication Services (CICS)* [13,14], предназначенный для автоматизации процесса формирования требований к сетевому оборудованию со стороны конкретного набора ИКУ. Программа *CICS* разработана преподавателем кафедры ИКТ Одесской государственной академии холода Павловым С.В., в рамках научных исследований, связанных с оптимизацией процесса эволюции ТС под руководством проф. Гайворонской Г.С. Система *CICS* может использоваться при планировании или модернизации ТС, и предназначена для автоматизации процесса формирования требований к сети и сетевому оборудованию со стороны групп предоставляемых ИКУ. Программа позволяет быстро определить класс той или иной услуги, либо группы услуг. Класс услуги определяется по совокупности параметров ее предоставления.

Этап 3. Критериями оптимизации структуры построения СД являются её стоимость, нагрузка, создаваемая пользователями сети и длина локального сегмента ЛД. В результате оптимизации получим структурную схему СД, которая обеспечит удовлетворение потребности всех пользователей N_r , расположенных на территории, обслуживаемой СД (ТСД).

В процессе оптимизации решаются следующие задачи:

– определяем фрагменты территории для каждой группы пользователей с одинаковым набором ИКУ z_m , эти фрагменты территории в данной работе получили название сектор Sk_{z_m} ;

- определяем необходимое количество узлов доступа (УД), для чего выделяем территорию, обслуживаемую конкретным УД (ТУД);
- определяем местоположение и необходимую пропускную способность каждого УД;
- выбираем уровень иерархии подключения УД к УПУ и структуру подключения отдельных ЛД к соответствующим узлам.

Пример сети доступа с нанесенными обозначениями показан на рисунке 2.

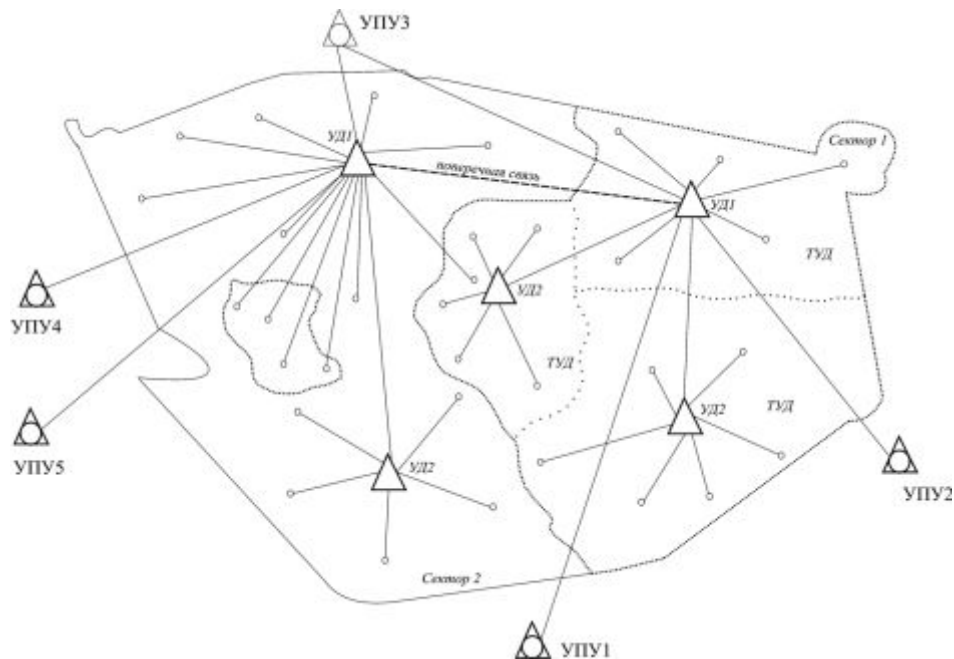


Рис. 2. Пример сети доступа с введенными обозначениями

Для определения местоположения УД используется метод определения центра максимальной нагрузки, создаваемой пользователями СД. Возможно использование других методов, анализ которых выполнен в [15,16].

После этого выбирается топология сети доступа, при этом анализируется целесообразность использования решетчатых, сетчатых и хордовых кольцевых сетей, в которых наряду с каналом, соединяющим все узлы в кольцо (кольцевой канал), имеются прямые каналы между несмежными узлами кольца (каналы-хорды).

Одним из основных принципов создания СД является минимизация длины локального сегмента ЛД, поэтому необходимо уточнение метода определения наиболее целесообразного пути прокладки ЛД от УПУ к УД и от УД к пользователям. Для этого в рамках сотрудничества с Киевским институтом кибернетики им. В.М. Глушкова авторами разработан метод выбора маршрута прокладки ЛД, основанный на методе балансных сетей, предложенном д.т.н., проф. Гладуном В.П. [17].

При решении задач третьего этапа, определяем к какому именно УД будет подключен каждый пользователь N_r : к ближайшему или тому, который обслуживает большинство пользователей с таким же набором услуг $N_{r, ику}$. В этом случае необходимо оценить возможность подключения пользователя к ближайшему УД при условии ввода поперечных связей между УД, ближайшим к этому пользователю, и УД, обеспечивающему предоставление необходимого этому пользователю набора ИКУ. Ввод поперечных связей между УД одного уровня иерархии дает возможность подключить пользователя, требующего набора услуг существенно отличающегося от услуг, заказанных остальными пользователями, подключенными к тому же УД.

Кроме того, выполняется технико-экономический анализ для выбора структуры подключения пользователей к УД: одноуровневой или двухуровневой. При использовании одноуровневой структуры пользователи включаются в УД, подключаемые непосредственно к УПУ. При двухуровневой структуре выделяются УД первого (УД1) или второго (УД2) уровня, при этом УД2 подключаются к УД1, и не имеют непосредственной связи с УПУ. Выбор структуры подключения УД осуществляется следующим образом.

Количество конечных устройств, подключаемых к УД, можно определить из выражения:

$$N_p = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cdot \gamma_1, \quad (2)$$

где N_1 – число точек подключения терминального оборудования пользователей делового и квартирного сектора; N_2 – число пунктов коллективного доступа; N_3 – число арендуемых линий доступа (5-10% от N_1); N_4 – число линий транспортного сегмента для подключения УД, реализованных в виде концентраторов, абонентских мультиплексоров или базовых станций беспроводного доступа к фиксированной базовой сети; γ_1 – эксплуатационный запас кабеля на сегменте локального доступа (15-20%).

Пропускная способность УД, зависит от прогнозируемого количества пользователей, конечных устройств, подключаемых к УД и пропускной способности, необходимой для предоставления всего набора ИКУ, запрошенного этими пользователями

$$\omega_{УД} = N_p \omega_p + \omega_1 \gamma_2 + n_2 \omega_2, \quad (3)$$

где ω_p – средняя пропускная способность, в расчете на одно конечное устройство, подключаемое к УД; ω_1 – пропускная способность транспортного сегмента доступа, соединяющего УД с УПУ; ω_2 – пропускная способность канала связи между УД, если используется двухуровневая структура, при одноуровневой структуре подключения УД $\omega_2 = 0$; γ_2 – эксплуатационный запас кабеля сегмента транспортного доступа на участке УПУ – УД (2-3%); n_2 – количество УД2.

Суммарная пропускная способность каналов сегмента транспортного доступа, которые необходимо подключить к УД при одноуровневой структуре:

$$\omega'_1 = N_p \omega_p + \varphi \sqrt{N_p \omega_p}, \quad (4)$$

где N_p – количество точек подключения терминального оборудования пользователей, подключаемых к УД на территории, обслуживаемой этим узлом; $\varphi \sqrt{N_p \omega_p}$ – слагаемое, учитывающее возможное отклонения числа точек подключения оборудования пользователя от расчетной величины.

При выборе структуры подключения УД необходимо проверить условие:

$$\sum_{i=1}^n l_i \omega'_1 = \sum_{i=1}^{n_1} l_i \omega_1 + \sum_{i=1}^{n_2} l_{1-2_i} \omega_2, \quad (5)$$

где l_i – длина сегмента транспортного доступа, включенного в i -й УД1; l_{1-2_i} – длина линии связи между УД1 и УД2; ω'_1 – пропускная способность транспортного сегмента при одноуровневой структуре; n – суммарное число УД первого и второго уровня; n_1 – число УД1; n_2 – число УД2.

Если правая сторона выражения равна или меньше левой, предпочтение отдается варианту с применением связи между УД.

Этап 4. На этом этапе происходит выбор технологий СД. Подключение пользователей к СД может осуществляться с использованием проводных и беспроводных систем. Для решения задачи выбора технологий доступа предложено использование методов теории принятия решений, что может быть реализовано с применением программного продукта *SMPR*, разработанного под руководством д.т.н. проф. Волошина А.Ф. (Киевский

национальный университет им. Т.Г. Шевченко) [18]. Следующая задача этого этапа предполагает выбор типа оборудования, реализующего УД, которая также может решаться с помощью методов теории принятия решений. Более подробно этот этап будет описан в следующих публикациях.

Выводы. Предлагаемый подход к разработке методики проектирования СД учитывает многозадачность и сложность процесса проектирования СД. Решение приведенных задач в большинстве случаев является нетривиальным, и требует дополнительных исследований. В результате выполненной работы проанализирован спектр задач, решение которых необходимо при проектировании СД, выделены основные этапы проектирования СД. И определены задачи дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайворонская Г.С. Особенности проектирования сетей связи в современных условиях / Н.В. Захарченко, Г.С. Гайворонская // Труды УГАС "Информатика и связь". – 2000. – № 3. – С. 11-18
2. Гайворонская Г. С. Оценка влияния некоторых факторов на процесс развития телекоммуникационных сетей / Г.С. Гайворонская // Холодильна техніка і технологія. – 2006. – №2 (100). – С. 95-100.
3. Гайворонская Г.С. Проблема синтеза развивающихся информационных сетей / Г.С. Гайворонская // Вісник ДУИКТ. – №3. – 2005. – Киев С. 14-21
4. Гайворонская Г.С. Проблема синтеза пространственно-временной структуры телекоммуникационной сети / Г.С. Гайворонская // Вісник ДУИКТ. – 2007. – №1. – С. 117-122
5. Гайворонская Г. С. Один из подходов к синтезу топологической структуры телекоммуникационной сети/Г.С. Гайворонская // Вісник ДУИКТ. – 2006. – Т. 4. – №2. – С. 119-122
6. Гайворонская Г.С. Основные задачи модернизации сетей пользовательского доступа / Г.С. Гайворонская, А.И. Котова // Зв'язок. – 2010. – №2 (90). – С. 32-36
7. Гайворонская Г.С. Проблема синтеза сетей пользовательского доступа / Г.С. Гайворонская // Материалы IV Международной НТК "Современные информационно-коммуникационные технологии": Збірник тез. К. – ДУИКТ. – 2008. - С. 33
8. Гайворонська Г.С. Проблема организации оптимального доступа пользователей к базовым сетям. / Г.С. Гайворонская // Материалы НТК «Проблеми телекомунікацій»: Збірник тез. К. – НТУУ КПІ. – 2009. – С. 29
9. Гайворонская Г.С. Концепция доступа пользователей к базовым телекоммуникационным сетям/Г.С.Гайворонская// – Вісник УБЕНТЗ №2.– Київ.– 2009. – С. 40-46
10. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети – М.: Альварес Паблишинг. – 2004. – 640 с.
11. Гайворонская Г.С. Основные принципы проектирования сетей доступа / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Зв'язок. – 2012. – №4 (100). – С. 22-27
12. Гайворонська Г.С. Дослідження впливу помилок прогнозу вихідних даних на процес планування мереж доступу/ Г.С. Гайворонська, С.В. Сахарова // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ „КПІ”. – 2010. – № 2. - С. 23-29
13. Павлов С.В. Пошаговое выделение классов и классификационных формул инфокоммуникационных услуг (март 2009) / Павлов С.В. // Науковий збірник ДонНТУ. – 2009. – С. 68-71
14. Павлов С.В. Информационная система формирования требований к сетям и оборудованию со стороны инфокоммуникационных услуг / С.В. Павлов // Холодильна техніка і технологія, №6.– Одесса: ОДАХ, 2008. – С. 74-78
15. Гайворонська Г.С. Метод определения местоположения узлов при использовании прямоугольной модели сети доступа / Г. С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Холодильна техніка і технологія. – Одеса: ОДАХ, 2011. – №1 (129). – С. 73-76
16. Гайворонська Г.С. Особенности определения местоположения узлов доступа при использовании радиальной модели обслуживаемой территории. / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк: ДонНТУ. – 2011.– №21 (183). – С.82-86
17. Величко В.Ю. Анализ возможности использования модели балансных сетей при проектировании сетей доступа / Величко В.Ю., Бондаренко А.А./ International Journal “Information Theories and Knowledge”. – Sofia: ITNEA, 2012. – № 2 (Vol. 6) – P. 126-130
18. Волошин О.Ф. Моделі та методи прийняття рішень: навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл. / О.Ф.Волошин, С.О.Машенко // 2-ге вид. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». – 2010. – 336 с.

Надійшла: 18.01.2013

Рецензент: д.т.н., проф. Розорінов Г.М.