

УДК 519.7+ 004

Ю.М. Лисецкий

Каналы связи как средство интеграции территориально распределенных структур

Описано построение каналов связи для территориально распределенных организаций и предприятий. Проведен анализ различных технологий построения каналов связи, их преимуществ и недостатков при построении современных проводных, беспроводных и спутниковых каналов связи.

The construction of the communication channels for the geographically-distributed enterprises is considered. The analysis of the different technologies of the building communication channels, their advantages and disadvantages under the condition of building modern wired, wireless and satellite communication channels are given.

Описано побудову каналів зв'язку для територіально розподілених організацій та підприємств. Проведено аналіз різних технологій побудови каналів зв'язку, їх переваги та недоліки при побудові сучасних дротових, бездротових і супутникових каналів зв'язку.

Введение. Современная макроэкономическая ситуация способствует росту масштабов компаний и предприятий. Как правило, это – банки, страховые компании, крупные промышленные предприятия, торговые сети и другие организации с большой сетью филиалов. Разрастаясь, любая организация сталкивается с проблемой управления территориально распределенными подразделениями: необходимостью быстрого надежного обмена информацией и оперативного доступа к данным, возможностью влиять на все бизнес-процессы. Именно поэтому такие территориально распределенные организации нуждаются в объединении структурных подразделений в единую корпоративную сеть, что технически весьма сложно [1]. Одна из задач, решаемых в рамках построения корпоративной сети, – задача организации каналов связи [2].

Эти каналы должны обеспечивать надежную и высокоскоростную передачу данных между транзитными узлами корпоративной сети. Основные требования к каналам связи – высокая скорость, надежность и качество. Несмотря на то, что каналы связи, служат для решения конкретных задач в корпоративной сети, они могут иметь разные параметры, удовлетворять разным требованиям, а значит, проектироваться и создаваться на базе разных технологий

Выбор технологии

Рассмотрим технические возможности, преимущества и недостатки вариантов построения корпоративной сети на базе проводных, беспроводных и спутниковых каналов связи.

Проводные каналы связи. Это проверенное временем решение построения этих каналов, основанное на применении медных или волоконно-оптических кабелей. В то время как использование медных линий связи ограничено низкоскоростными абонентскими линиями операторов или технологическими сетями связи, пришедшими из прошлого века; волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), напротив, используются широко. Применение ВОЛС – достаточно перспективно, так как они обеспечивают высокую сохранность инвестиций благодаря высокой пропускной способности и возможности увеличивать ее по мере необходимости в тысячи раз до терабит в секунду путем модернизации каналообразующего оборудования и применения различных технологий уплотнения канала связи [3].

Так, для организации ВОЛС с пропускной способностью 1 Гб/с или 10 Гб/с между двумя узлами на расстоянии до 80 км достаточно использовать стандартное оборудование каналообразования 1000Base-X/10GBase-X. Для повышения пропускной способности ВОЛС используют методы спектрального уплотнения кана-

лов, которые заключаются в установке специального каналообразующего оборудования, осуществляющего мультиплексирование в одной оптоволоконной линии нескольких каналов, передавая их на разных несущих. Различают *Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) (ITU G.694.2)* (до 16 несущих в волокне) для региональных сетей и *DWDM ITU G.694.1* для магистральных сетей с передачей до 40 или 80 несущих, что может обеспечить до 8 Тб/с и более.

К существенным преимуществам волоконно-оптических линий связи относятся:

- наилучшая пропускная способность; получены скорости до 20 Тб/с;
- возможность строить линии длиной 100 км без повторителей и на тысячи километров с повторителями-усилителями сигнала;
- высокая помехозащищенность и отсутствие влияния электромагнитных полей как результат оптической природы сигнала;
- высокое качество и стабильность связи при условии выполнения требований к правилам укладки и эксплуатации кабеля, значение битовой ошибки лучше 10^{-9} и доступность не хуже 99,999 процента;
- малые задержки при передаче информации менее 1 мс.

Особенностью волоконно-оптических линий связи, как, впрочем, и любых проводных, считаются: высокие финансовые и временные затраты на построение – приведенная стоимость прокладки волоконно-оптического кабеля по существующей канализации составляет порядка одного доллара США за метр. Стоимость построения канализации увеличивает эту стоимость в разы, при том, что в день в существующей канализации может быть построено не более 1–2 км линии связи; высокие затраты на ремонт ВОЛС, что еще более актуально в условиях еще встречающегося вандализма и хищений.

Эти ограничения зачастую вынуждают задуматься об альтернативных каналах связи.

Беспроводные каналы связи. Один из альтернативных типов линий связи – это беспроводные линии, которые организуются двумя или несколькими приемо-передающими уст-

ройствами и используют радиоволны для передачи информации [4, 5].

Современные беспроводные технологии обеспечивают пропускную способность до 2 Гб/с на дальности в единицы и десятки километров с достаточно высоким качеством, стабильностью каналов связи и возможностью реализации отказоустойчивости.

В многочисленных сценариях применяются разные беспроводные технологии, предлагающие решения, эффективные в различных ситуациях. При построении магистральных каналов связи и сетей последней мили к системам предъявляются разные требования, часть из которых взаимоисключающие. Так, магистральные каналы используют в основном решения топологии *точка–точка* с высокой надежностью и пропускной способностью, а последняя миля нуждается в высокой экономической эффективности, топологии *точка–многоточка*, гибкости и адаптируемости к разным условиям.

К магистральным беспроводным решениям относят в основном радиорелейные линии связи, которые могут обеспечить до 1,6 Гб/с на дальности в десятки километров с поддержкой частотного или фазового разделения каналов. Применение радиорелейных каналов в магистральных сетях предусматривает резервирование с использованием топологии *кольцо* или горячего резервирования оборудования *Hot-Standby*, или *Space/Frequency Diversity*.

Беспроводные технологии последней мили, в силу большого количества сценариев применения и, следовательно, отличающихся требований к решениям, довольно разнообразны. Это и стандартизированные технологии, например *WiFi* (семейство стандартов *IEEE 802.11*) и *WiMAX* (семейство стандартов *IEEE 802.16*), а также огромное количество нестандартизированных решений – так называемый *pre-WiMAX*, решения *E-band*, *LMDS* и др.

Со стандартными решениями все более-менее понятно – *WiFi* известен как своей незаменимостью внутри, так и неэффективностью вне помещений. *WiMAX* изначально разрабатывался для работы вне помещений, в условиях как плотной городской застройки, так и сельской

местности [6], с поддержкой технологии *QoS* и работы в неяркой видимости. В последнее время появилось мнение, что *WiMAX* мертв, что его место занял *LTE*, который обеспечивает большую скорость и имеет четкую стратегию эволюционного развития от сетей *2G/3G*. Несмотря на это, при использовании корпоративных сетей, *WiMAX* – наиболее эффективная технология построения беспроводных корпоративных сетей по ряду причин: зрелость технологии, возможность работы в «технологическом» частотном диапазоне, высокая пропускная способность базовых станций (до 80 Мб/с); способность работать в неяркой видимости; расширенная поддержка *QoS*; адаптация к изменяющимся условиям и пр.

Решение *pre-WiMAX* обычно базируется на стандарте *IEEE 802.11* и обеспечивает несколько худшие параметры, чем *WiMAX* по одному или нескольким показателям.

Интересны решения для диапазона 70–80 ГГц (*E-band*), которые обеспечивают соединение точка–точка на небольшие дальности (до нескольких километров) со скоростями до 3 Гб/с и, таким образом, предлагают для малых расстояний замену волоконно-оптическим линиям связи. Особенностью таких систем как следствия использования сверхвысокочастотного диапазона есть высокая зависимость от осадков и влаги в атмосфере, что необходимо учитывать при проектировании каналов связи на базе таких систем.

Такая универсальность беспроводных решений и независимость от существующих линий связи делает их востребованной альтернативой проводным линиям связи. К преимуществам беспроводных технологий можно отнести:

- небольшие капитальные затраты на создание канала связи (до нескольких десятков тысяч долларов США на канал длиной 40 км и пропускной способностью 800 Мб/с вне зависимости от наличия инфраструктуры связи и преград между узлами);
- небольшие затраты времени при построении канала (один–два дня);
- относительно высокие скорости (до гигабитов в секунду);

- возможность быстро «перенести» канал при необходимости;

- небольшие задержки при передаче информации (до 40 мс), что критично для чувствительного к задержке голоса и видео, требующей менее 150 мс по самым жестким требованиям *ITU G.114*;

- возможность предоставлять услуги мобильным и «кочующим» абонентам;

- поддержка технологии *QoS*;

- встроенные механизмы обеспечения резервирования.

К особенностям беспроводных линий связи относят:

- необходимость (для большинства радиотехнологий) прямой видимости между антеннами или внятной траектории отражения радиосигнала;

- необходимость лицензий и разрешений на использование радиочастотного ресурса.

Для технологических пользователей (не предоставляющих коммерческих услуг на базе радиотехнологий) лицензии не требуются, количество разрешений также может быть минимизировано.

Спутниковые каналы связи. Еще один широко известный тип линий связи – спутниковые линии. Для построения спутниковых систем используют, в основном, три разновидности орбит: геостационарную, высокую эллиптическую и низковысотную орбиту (рис. 1).

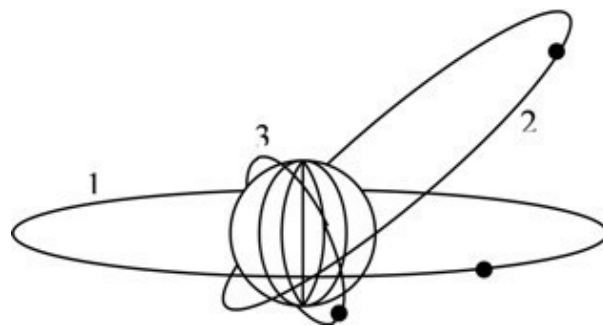


Рис. 1. Орбиты спутников Земли: 1 – геостационарная; 2 – высокая эллиптическая; 3 – низковысотная

Как правило, канал связи строится через геостационарный или низкоорбитальный искусственный спутник. Связь может быть организована напрямую между абонентскими спутниковы-

ми станциями или через спутниковый хаб (узловая станция) с ретрансляцией на другую абонентскую станцию (рис. 2).

Спутниковые линии связи в настоящее время используются в случае неэффективности прочих типов линий при сложности и/или высоких затратах на построение кабельных или беспроводных линий и на дальние расстояния, свыше 200–300 км в отсутствие готовой инфраструктуры связи.

К несомненным преимуществам спутниковых линий связи относятся:

- возможность организовать связь с минимальными временными затратами практически в любой точке вне зависимости от наличия инфраструктуры связи;

- возможность «переноса» канала в любое другое место в зоне действия спутникового транспондера с минимальным перерывом;

- возможность разделять выделенный на группу ресурс спутника связи между всеми абонентскими станциями, повышая эффективность использования.

Особенности спутниковых линий связи:

- ограниченная пропускная способность, связанная с параметрами спутникового транспондера, обычно используют до 2–4 Мб/с;

- высокая задержка передачи сигнала (от 0,5 до 1 с) при требуемых для передачи голоса до 150 мс (*ITU-T G.114*);

- относительно высокая стоимость аренды спутникового ресурса;

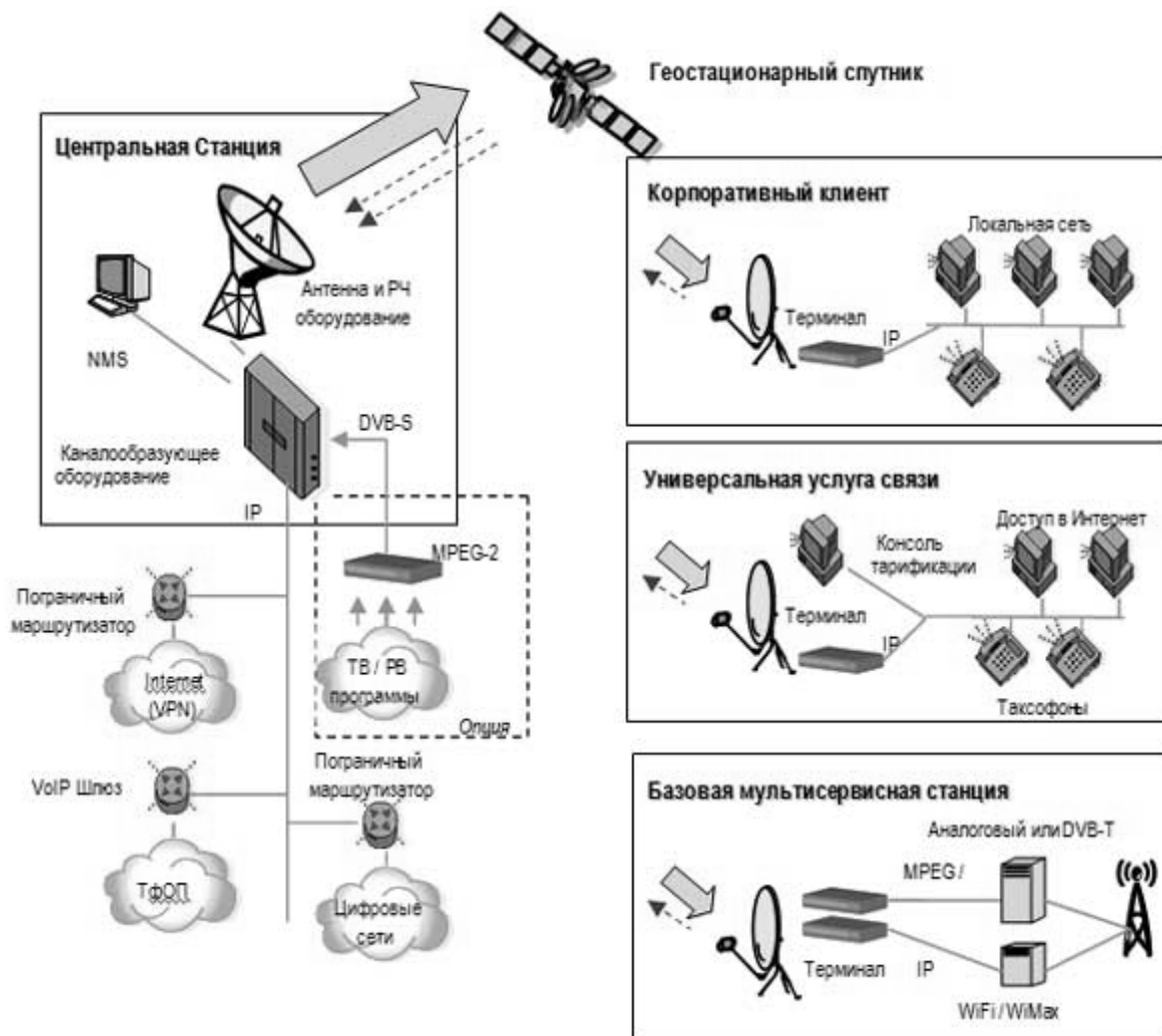


Рис. 2. Структурная схема организации канала спутниковой связи

- необходимость обеспечения прямой видимости на спутник (может возвышаться над горизонтом всего на 20 градусов);

- нестабильность качества спутникового канала, связанная с гидрометеорами в атмосфере и «засветками» Солнца (в зависимости от энергии канал может быть недоступен в течение одного–трех дней в год).

Как упоминалось, относительно высокая стоимость аренды спутникового ресурса определяется ограниченностью ресурса спутника и высокой стоимостью его запуска. Так, например, современный спутник связи *KA-SAT* стоимостью около 350 млн € имеет расчетное время жизни 16 лет и совокупную пропускную способность 28 транспондеров – 90 Гб/с, разделенную на территории Земли на 82 «пятна», пропускная способность в каждом ограничена 850 Мб/с.

Заключение. Создание современной высоконадежной корпоративной сети территориально распределенного предприятия возможно с использованием различных технологий построения каналов связи и может быть многовариантным даже в масштабах одной корпоративной сети. При построении последней необходимо решать задачу выбора оптимального варианта построения каналов связи с обяза-

тельным учетом как технических, так и экономических параметров. Выбор канала связи по критерию *эффективность–стоимость* представляет собой нетривиальную задачу, от решения которой зависят как параметры проектируемого канала, так и параметры всей корпоративной сети: срок окупаемости, доступные сервисы, расширяемость и надежность.

1. Гриценко В.И., Урсатьев А.А. Распределенные информационные системы. Состояние. Проблемы развития // УСиМ. – 2003. – № 4. – С. 11–21.
2. Бобров С.И. Принципы проектирования корпоративных сетей / Материалы третьей науч.-практ. конф. «Информационні технології в енергетиці»: Зб. наук. пр. – К.: НАН України, Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2004. – С. 34–37.
3. Гришунин М. Технологии уплотнения ВОЛС для городских сетей // Технологии и средства связи. – 2010. – № 6. – С. 14–15.
4. Stallings W. Wireless Communication and Networking. Prentice-Hall, Inc., 2002. – 584 p.
5. Богомолов Ю. О беспроводных решениях // Экспресс-Электроника. – 2004. – № 12. – С. 33–40.
6. Букин М. *WiMAX* на корпоративном рынке // PC WEEK/RE. – 2007. – № 20. – С. 24–27.

Поступила 22.04.2014
Тел. для справок: +38 044 238-6388 (Киев)
E-mail: Iurii.Lysetskyi@snt.ua
© Ю.М. Лисецкий, 2014