

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

**А.И. Русаков
Ю.А. Зеленков**

Принципы организации современных широкополосных сетей интегрированных услуг

Учебное пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов направления подготовки
Прикладная математика и информатика*

Ярославль 2006

УДК 621.394/.396

ББК 388я73

Р 88

Рекомендовано

*Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2006 года*

Р 88

Русаков, А.И. Принципы организации современных широкополосных сетей интегрированных услуг : учеб. пособие / А.И. Русаков, Ю.А. Зеленков ; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 135 с.

ISBN 5-8397-0413-X

В пособии рассматриваются существующие на данный момент основные способы организации широкополосных сетей с интеграцией услуг, а также такие перспективные технологии, как протокол IPv6 и IP – телефония.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 510200 "Прикладная математика и информатика" (дисциплина "Современные компьютерные технологии", блок ОПД), очной формы обучения.

Табл. 16. Рис. 22. Библиогр.: 172 назв.

УДК 621.394/.396

ББК 388я73

ISBN 5-8397-0413-X

© Ярославский
государственный
университет, 2006

© А.И. Русаков,
Ю.А. Зеленков, 2006

Оглавление

1. ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.1. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО РЫНКА	5
1.2. ИНФРАСТРУКТУРА. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ	8
1.2.1. <i>Международные и междугородные каналы</i>	<i>8</i>
1.2.2. <i>Архитектура транспортных сетей.....</i>	<i>14</i>
1.2.3. <i>Городские опорные сети и сети доступа.....</i>	<i>18</i>
Кабельные сети доступа.....	22
Сети доступа на основе DSL.....	24
Волоконно-оптические сети доступа.....	26
Архитектура городских сетей и сетей доступа.....	28
1.3. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ И УСЛУГ.....	31
1.4. ЛИТЕРАТУРА	35
2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕТЕЙ ИНТЕГРИРОВАННЫХ УСЛУГ	40
2.1. МОДЕЛИ ВОЗМОЖНЫХ ИНФРАСТРУКТУР СЕТЕЙ ДОСТУПА	44
2.1.1. <i>Предоставление доступа поверх существующей инфраструктуры</i>	<i>44</i>
2.1.2. <i>Применение технологии xDSL с использованием существующих медных пар.....</i>	<i>45</i>
2.1.3. <i>Предоставление сервиса поверх волоконно-оптических сетей с использованием широкополосных интегрированных технологий</i>	<i>45</i>
2.1.4. <i>Гибридная оптоволоконно-медная технология.....</i>	<i>46</i>
Особенности устройств передачи данных HFC.....	46
2.1.5. <i>Использование радиошлейфа (RITL).....</i>	<i>47</i>
2.1.6. <i>Доступ с использованием спутниковых технологий</i>	<i>47</i>
2.2. СЕТИ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	47
2.2.1. <i>Стандартизация сетей кабельного телевидения.....</i>	<i>50</i>
2.2.2. <i>Особенности архитектуры сетей кабельного телевидения</i>	<i>52</i>
2.3. СЕТИ НА ОСНОВЕ АБОНЕНТСКОЙ ЛИНИИ – xDSL	53
2.3.1. <i>Виды xDSL технологий.....</i>	<i>55</i>
2.3.2. <i>Технические принципы ADSL.....</i>	<i>56</i>
2.3.3. <i>Стандарты в ADSL</i>	<i>59</i>
2.3.4. <i>Адаптация ATM к ADSL</i>	<i>60</i>
2.4. ОПТОВОЛОКОННЫЕ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ATM	63
2.4.1. <i>Краткая характеристика ATM</i>	<i>63</i>
2.4.2. <i>Некоторые экономические аспекты ATM сервиса</i>	<i>65</i>

2.5. БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	69
2.5.1. Особенности архитектуры беспроводных сетей доступа	72
Кольцевая топология	74
2.5.2. Спектр оказываемых услуг	75
2.6. ПЕРСПЕКТИВЫ НАИБОЛЕЕ ДИНАМИЧНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДОСТУПА	76
2.6.1. Один из возможных вариантов плана выделения каналов при мультиматной DWDM-HFC сети	78
2.6.2. Недостатки дешевых высокоскоростных технологий доступа – DSL и кабельных модемов.....	79
2.7. ПРИМЕР УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕЙ ДОСТУПА	80
2.8. ЛИТЕРАТУРА	81
3. IPV6. НЕОБХОДИМОСТЬ И МЕТОДИКА ПЕРЕХОДА.....	83
3.1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА.....	83
3.1.1. История возникновения и развития протокола IPv6 и мотивация его разработки.....	83
3.2. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ДЕЛ В ОБЛАСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОТОКОЛА IPV6 ...	87
3.2.1. Основные этапы перехода от IPv4 к IPv6 и их временные рамки	87
3.2.2. Опыт практического использования протокола IPv6.....	89
3.3. СПЕЦИФИКАЦИИ ПРОТОКОЛА IPV6.....	92
3.3.1. Архитектура адресации в IPv6	92
3.3.2. Структура пакета IPv6.....	96
3.3.3. Особенности маршрутизации IPv6	99
3.3.4. Механизмы автоконфигурации хостов IPv6	102
3.3.5. Механизмы обеспечения «качества обслуживания» (QoS).....	103
3.3.6. Механизмы защиты информации и обеспечения сетевой безопасности.....	103
3.4. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ СОПРЯЖЕНИЯ УЧАСТКОВ СЕТЕЙ IPV4 И IPV6 ВО ВРЕМЯ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА	104
3.5. ЛИТЕРАТУРА	108
4. НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	111
4.1. РАЗВИТИЕ НОВЕЙШИХ ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЙ.....	113
4.1.1. РАЗВИТИЕ IP-ТЕЛЕФОНИИ	113
4.1.2. Session Initiation Protocol (SIP)	115
4.1.3. Передача видеоизображения через Интернет	118
4.2. ИНТЕРНЕТ КАК ЕДИНАЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СРЕДА	120
4.2.1. Мультиплексирование по длине волны (Wavelength division multiplexing)	121
4.2.2. Dynamic Packet Transport Protocol	126
Реализации прототипов новой транспортной среды.....	130
4.3. ЛИТЕРАТУРА	134

1. Введение

1.1. Особенности современного телекоммуникационного рынка

Телекоммуникационная отрасль является одним из наиболее динамичных и перспективных сегментов глобального рынка и большинства национальных рынков. В качестве ее основных составляющих могут быть выделены: телекоммуникационные инфраструктуры (сети), телекоммуникационное оборудование и услуги (рис. 1). При этом сети играют ключевую роль, выступая и в качестве технической базы для предоставления телекоммуникационных услуг конечным пользователям, и в качестве основного потребителя телекоммуникационного оборудования [1].



Рис. 1 Структура телекоммуникационного рынка
(традиционная модель)

В последние годы рынок телекоммуникаций претерпевает значительные и быстрые изменения, в результате которых традиционная модель (рис. 1) становится все менее применимой для его анализа (см. раздел 1.3. и рис. 5).

Одним из наиболее важных факторов, обуславливающих эти изменения, является процесс демонополизации данной отрасли. Указанный процесс начался около 15 лет назад, когда в США произошло разделение AT&T на компанию-оператора дальней связи и семь региональных компаний-операторов [1]. В России либерализация рынка связи началась существенно позже, в начале 90-х годов. Однако она сопровождалась чрезвычайно быстрым ростом числа компаний, предоставляющих различного рода услуги связи: передача данных, междугородная и международная телефония, услуги мобильной связи, доступ в Интернет и IP-телефония. В 1999 г. общий годовой доход, полученный новыми операторами связи, составил свыше 70% от валового дохода отрасли. Особо следует отметить, что именно указанные операторы доминируют на рынке услуг передачи данных (75%).

Другой, не менее существенной причиной эволюции телекоммуникационного рынка является интенсивное внедрение новых технологий, таких как волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), кабельное телевидение и др. Однако наибольшее влияние на развитие данной отрасли в последние годы, несомненно, оказали Интернет-технологии. Следует отметить, что в экономическом отношении к настоящему времени Интернет в своем развитии достиг такого уровня, что ряд исследователей сочли необходимым выделить в качестве объекта изучения новый сектор экономики, получивший название «Интернет-экономика» [4]. При этом значительная часть телекоммуникационной отрасли стала рассматриваться как составляющая «Интернет-экономики».

При анализе «Интернет-экономики» используются специальные экономические показатели (индикаторы): Internet Economy Revenues Indicator и Internet Economy Jobs Indicator, предназначенные для оценки объема продаж Интернет-ориентированных продуктов и услуг, а также численности работающих в соответствующих структурах. Расчет этих показателей осуществляется в рамках новой «Интернет-ориентированной» стратиграфической экономической модели [4]. Данная модель, разработанная спе-

циалистами Техасского университета (США), выделяет четыре основных составляющих, или, в терминах этой модели, «уровня» данного сектора экономики: инфраструктура, приложения, посредники, коммерция (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Модель «Интернет-экономики»

<i>Тип компании</i>	<i>Основные категории</i>	<i>Примеры</i>
Уровень 1. Инфраструктура		
Производство продуктов и предоставление услуг для создания и эксплуатации инфраструктуры IP-сетей и организации электронной коммерции	Операторы опорных IP-сетей	Qwest, MCI Worldcom
	Операторы IP-сетей	Mindspring, AOL, Earthlink
	Производители сетевого оборудования и программного обеспечения	Cisco, Lucent, 3Com
	Производители средств вычислительной техники (рабочие станции, серверы и др.)	Dell, Compaq, HP
	Защита информации	Axent, Checkpoint, Network Associates
	Производители оптоволоконна	Corning
	Канало-образующее оборудование	Ciena, Tellabs, Pairgain
Уровень 2. Приложения		
Продукты и услуги, предполагающие использование инфраструктуры IP-сетей и обеспечивающие использование последних для решения конкретных задач	Специализированные консалтинговые компании	USWeb/CKS, Scient, etc
	Интернет-ориентированные программные продукты	Netscape, Microsoft, Sun, IBM
	Мультимедийные приложения	RealNetworks, Macro-media)
	Программное обеспечение для Web-разработчиков	Adobe, NetObjects, Allaire, Vignette
	Поисковые системы	Inktomi, Verity
	Дистанционное обучение	Sylvan Prometric, Asymetrix
	Web-ориентированные базы данных	Oracle, IBM DB2, Microsoft SQL Server