

# **ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БАЗОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ И СЕТИ ДОСТУПА**

## **THE EVOLUTION OF CORE AND ACCESS TRANSPORT NETWORKS**

**Н.Л. Бирюков**

ГП "УНИИС" (Киев, Украина)

*Региональный форум по развитию МСЭ-D для региона  
Европы и СНГ*

***"Сети последующего поколения (NGN)  
и широкополосная связь"***

*Молдова, Кишинев, 04-06.05.2010*

1

## **План**

1. Транспортные сети и сети доступа
2. Основные движущие силы развития сетей
3. Транспортные сети в условиях перехода к NGN: достоинства и проблемы
4. Взгляд в будущее: что будет после NGN?
5. Заключение

2

Телекоммуникационные сети постоянно находятся в процессе эволюции, следуя за возрастающим спросом на разнообразные услуги связи и новыми техническими решениями. При этом на любом историческом этапе важнейшую роль играет **транспортная сеть**, задача которой – создание качественной и надежной инфраструктуры для передачи информации.

3

## **ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ** *(Transport Network)*

Функции транспортной сети делятся на две группы:

- **основные (транспортные) функции** – непосредственно транспортная сеть, обеспечивающая передачу информации из одного пункта в другой
- **вспомогательные функции** - сети поддержки, которые выполняют функции управления, синхронизации, энергообеспечения и т.д.

4

## ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ (Transport Network)

Функции транспортной сети делятся на две группы:

**основные (транспортные) функции** – непосредственно транспортная сеть, обеспечивающая передачу информации из одного пункта в другой (**G.803, G.805, G.806**)

• **вспомогательные функции - сети поддержки**, которые выполняют функции управления, синхронизации, энергообеспечения, технического обслуживания и т.д.

• Согласно концепции NGN – есть 2 уровня: **транспортный и услуг** (**Y.2011**)

### Режимы передачи информации:

#### Transportation mode

##### Синхронный режим передачи (СРП):

- ИКМ
- ПЦИ
- СЦИ, SONET, NG-SDH
- ЦАТС КК, MSC 2G

##### Особенности СРП:

Постоянная скорость передачи  
Циклическая передача сигнала  
Ориентирован на соединение

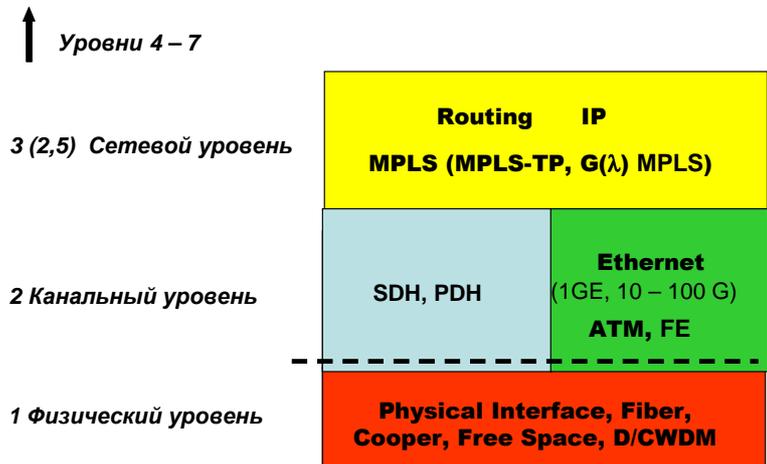
##### Асинхронный режим передачи (АРП):

- ATM, Frame Relay, X.25
- Ethernet (10, FE, GbE, 10 GbE)
- IP (TCP/IP)
- MPLS... IP/MPLS

##### Особенности АРП:

Переменная скорость передачи  
Произвольная передача пакетов  
Не ориентирован на соединение

С позиций “классической” семиуровневой модели ВОС (OSI), транспортная сеть работает на двух нижних уровнях – 1-м (физическом) и 2-м (канальном).



7

## **СЕТЬ ДОСТУПА (Access Network, Access Network Transport – ANT) –**

сеть, обеспечивающая транспортные функции (т.е. перенос информации) на участке между пользователем (абонентом) и обслуживающим узлом (пунктом предоставления услуг) (G.902).

*В современных сетях фрагменты сети доступа и базовой (транспортной) сети могут находиться в одном кабеле, использовать соседние тракты одной системы передачи, переносить одинаковую информацию, и единственное, но определяющее отличие заключается в том, между какими точками подключения исполняются одни и те же функции.*

8

## Движущие силы (факторы) развития транспортных сетей:

- Технологические
- Экономические
- Концептуальные, регуляторные

9

### Примеры

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ

- **Ведущие факторы (underlying reason):** электроника, микроэлектроника, квантовая/оптическая электроника, биоэлектроника, наноэлектроника, пропускная способность физических сред и т.д.
- **Следствия (secondary, driven reasons):** миниатюризация систем передачи, повышение надежности, повышение удельного веса программного продукта, уменьшение срока разработки, сокращение периодов смен технологий из-за “морального старения”, процессы интеграции оборудования, конвергенция (сближение) сетевых функций оборудования

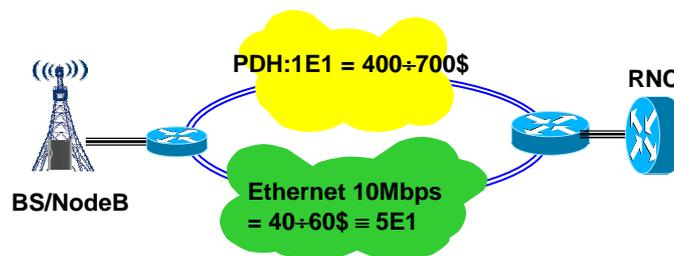
10

## Примеры

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ

Эффективность новых технологий в первую очередь выражается в их экономических показателях: меньшей себестоимостью, скоростью возвращения инвестиций и т.д.

Пример подключения БС по двум вариантам



11

## Примеры

### КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ

- Создание глобальных сетей, систем и инфраструктур (GII, Intelligent Network, ISDN, B-ISDN, “All over ATM”, “All Optical Network”, FTTx, NGN, “All over IP”, ...)
- доведение любых услуг требуемого качества до каждого абонента в любом месте (за приемлемую плату)[GII<sup>1)</sup>]

<sup>1)</sup> Global Information Infrastructure

12

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

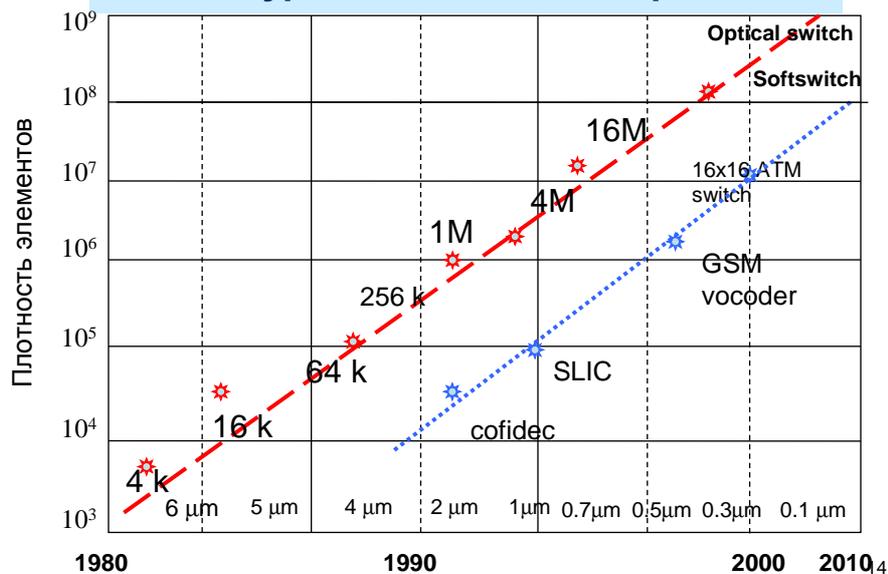
### “Основной закон” микроэлектроники:

- **Закон Мура:** степень интеграции микросхем удваивается каждые 1,5 года (за ~ последние 45 лет наблюдения число транзисторов выросло 1 млрд. раз; на 1 см<sup>2</sup> ~ 1Тбайт)
- Есть сомнения, что закон перестаёт действовать уже из-за атомарных ограничений и влияния скорости света, но:
  - в области нанотехнологий объем памяти на единицу площади может увеличиться в 150 тыс раз.
  - Уже добились размещения объема информации в 500 терабайт, записанных на одном квадратном дюйме, в текущей технологии на аналогичном пространстве умещалось лишь 3.3 Гбайта информации.
- **В 2010 создан проводник толщиной в несколько атомов<sup>1)</sup>:** на поверхности никелевого кристалла выращивался графен — двумерный кристалл атомов углерода толщиной в один атом. Перспектива: дальнейшая миниатюризация и сохранения в силе «закона Мура»

<sup>1)</sup> Иван Олейник и Мэтиас Батзилл, Южнофлоридский университет, США

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

### Закон Мура: следствия - микросхемы



### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

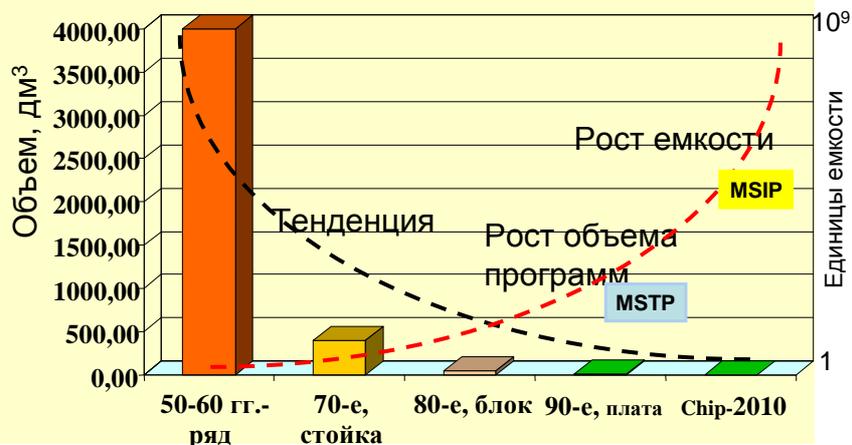
#### Темпы развития информационных технологий: (в периодах обновления/смены)

- Программное обеспечение – 0,5 года
- Аппаратный парк – 1÷2 года
- Концепции – 4 ÷ 5 лет → 3 года
- Быстродействие растет примерно на 22 % каждый год

15

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

#### Миниатюризация систем передачи



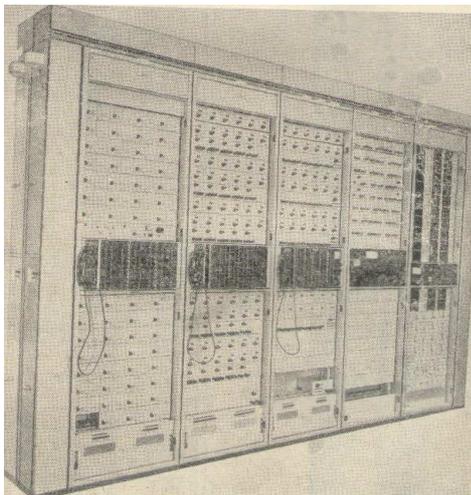
16

MSTP: Multi-Services Transport Platform / MSIP: Multi-Services IP Platform

Из истории транспортных сетей: примеры

1960 – 1970

СТОЙКА (ШКАФ) ЛИНЕЙНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ К-60П  
И СТАНЦИЯ V-60E



17

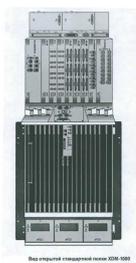
Из истории транспортных сетей: примеры

1990 – 2000

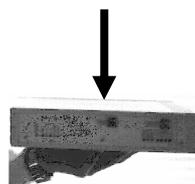
Платформа DWDM + SDH/SONET (8  
STM-64/OC-192/1+1) в сравнении со  
стойкой K-60п



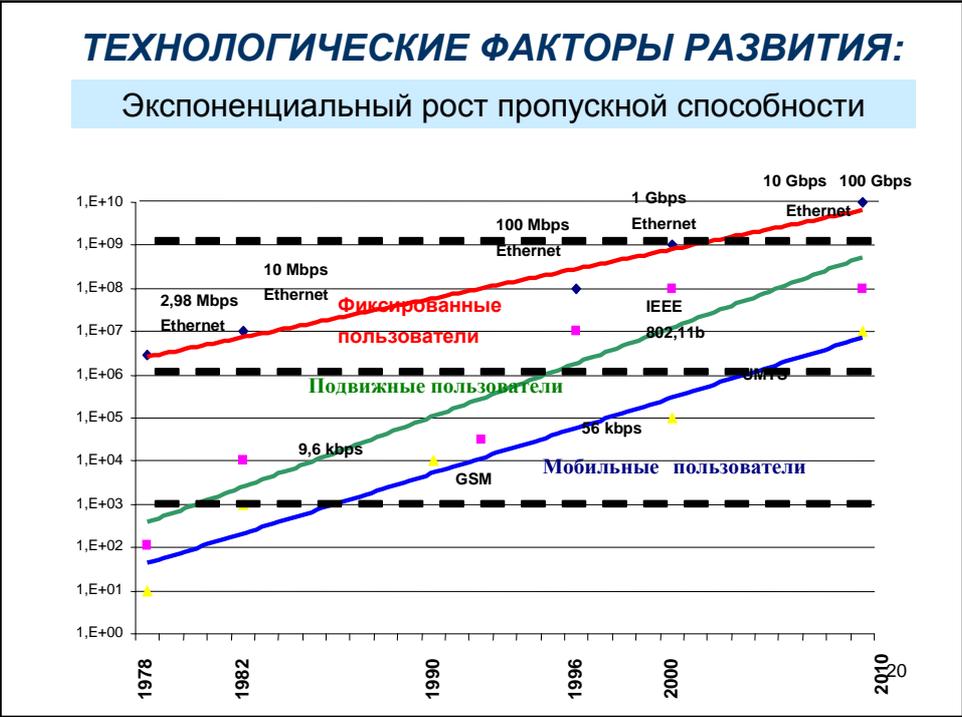
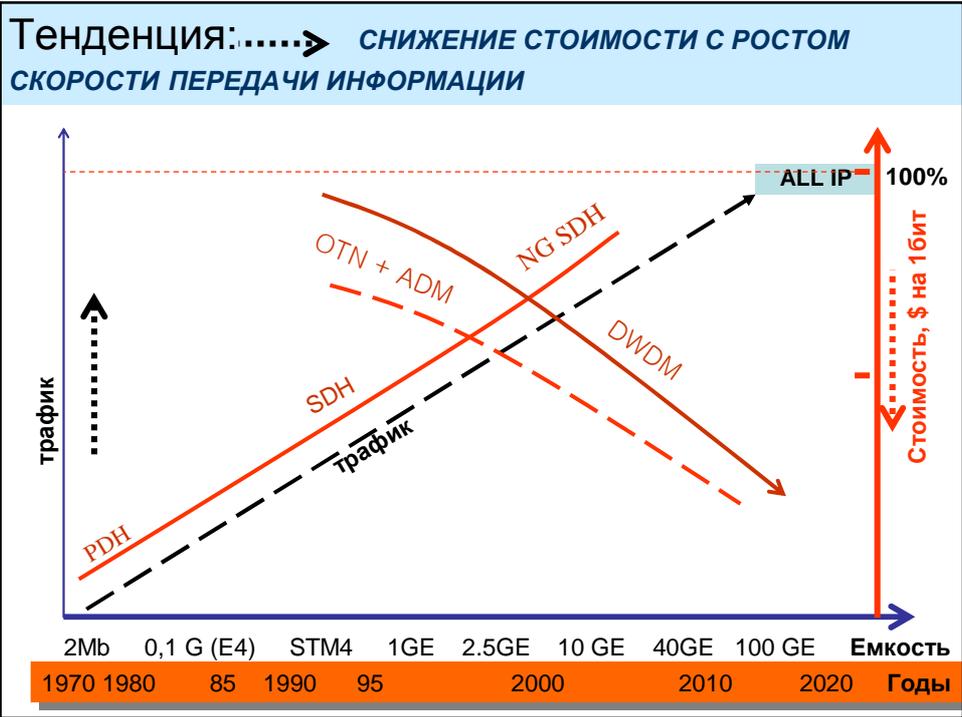
Плата мультиплексора-транспондера на  
4 порта 2,5 Гбит/с



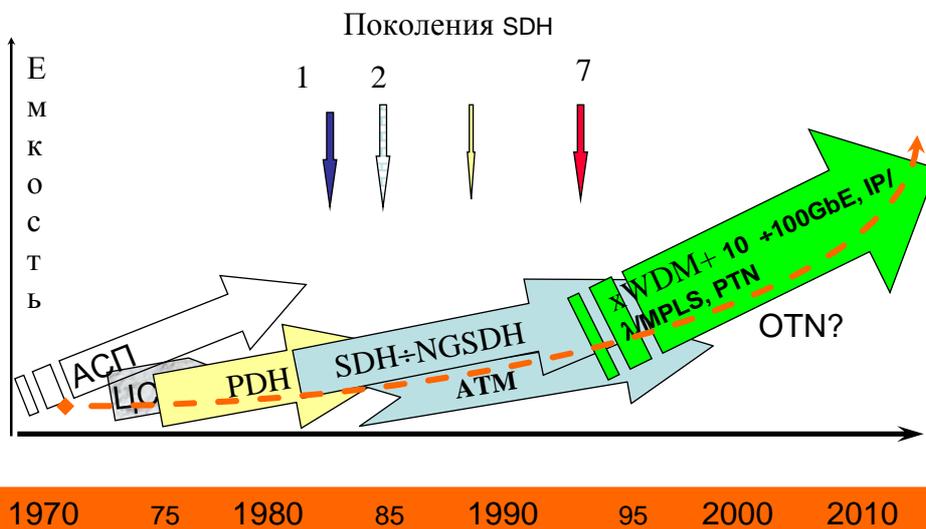
Мультиплексор  
8-16 E12 + Ethernet 10/100  
Мбит/с



18



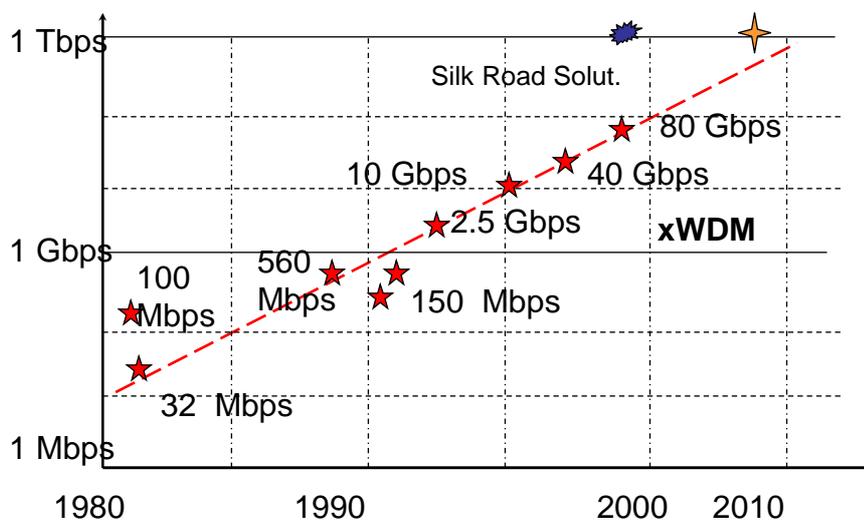
## ЭВОЛЮЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

### Освоение пропускной способности волокна (2010)

The growth of the implementation of the fiber-optic capacity



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

### Пропускная способность оптического волокна

Согласно прогнозам, вскоре пропускная способность используемых на сегодняшний день оптических волокон может достигнуть своего физического предела – 100 Тбит/с (см. следующий слайд).

#### Ограничения пропускной способности волокна обусловлены:

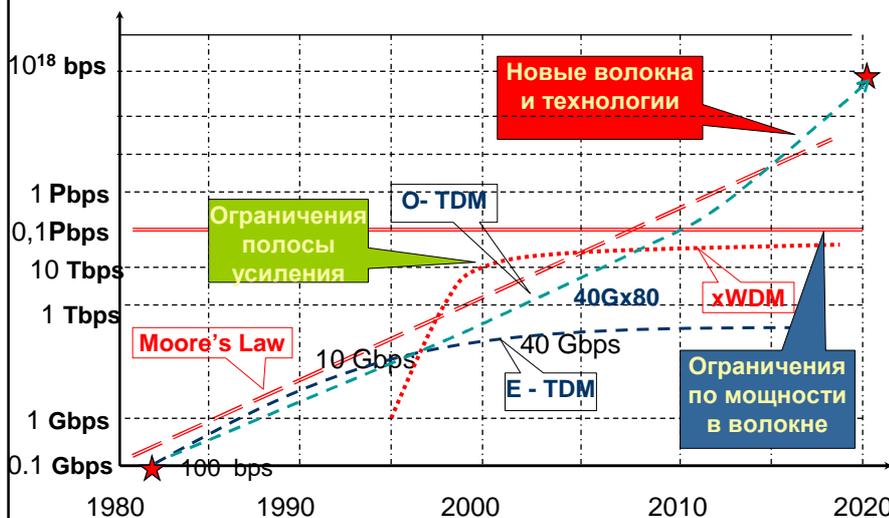
- предельно допустимыми значениями передаваемой мощности (это критично, в частности, при сплавлении волокон);
- ограниченной полосой пропускания оптических усилителей;
- предельно допустимыми значениями потребляемой мощности (особенно в подводных системах передачи)

Источник: Т.Morioka, Y.Awaji *Challenging barriers of optical telecommunications infrastructure – Initiatives of the EXAT Study Group – New Breeze, No.1, 2010 – p. 5-6*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ:

### Освоение пропускной способности волокна (продолжение)

Источник: [Masataka Nakazawa *Challenging Limitations of Optical Communications Infrastructure – New Breeze, No.1, 2010 – p. 3-4*]



## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

В настоящее время в сфере телекоммуникаций происходят фундаментальные изменения, в основе которых лежит разделение транспортных функций и функций предоставления услуг.

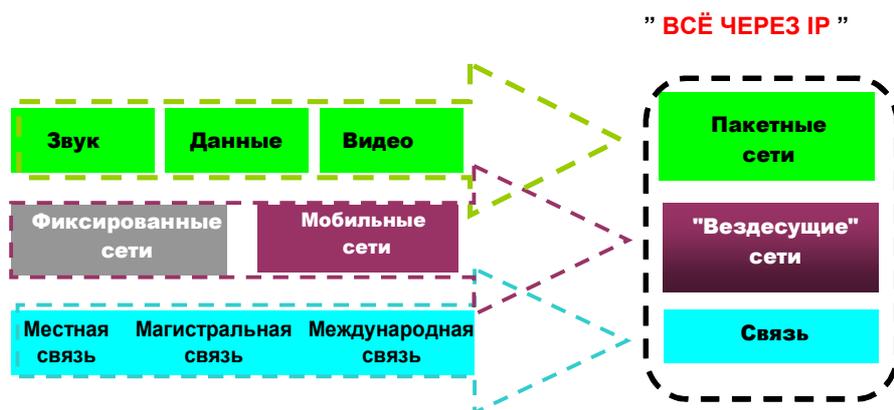
*конвергенция технологических платформ, методов передачи информации, средств вещания и компьютерных сетей*

формирование *единой сетевой инфраструктуры*, поддерживающей многочисленные услуги и приложения

25

## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

### *Горизонтальная интеграция современных сетей связи (от ТФОП к сети Интернет)*



[Источник: Проект отчета Генерального секретаря МСЭ г. Туре на 4-м Всемирном форуме по вопросам политики в области электросвязи]

26

Транспортные сети в условиях перехода к NGN  
**ЧТО ПРОИСХОДИТ В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ?**

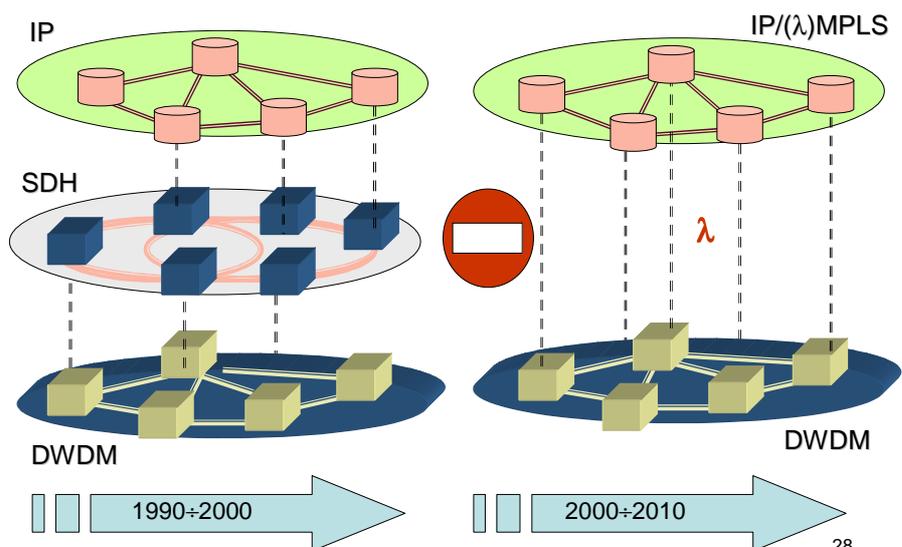
- Вытеснение с канального уровня технологии SDH
- Популярное сочетание технологии WDM на физическом уровне и пакетных технологий (Ethernet и/или MPLS) на канальном/сетевом уровне
- Развитие концепции полностью оптической транспортной сети – OTN

Типовые “технологические цепочки”

IP → ATM → SDH → WDM → OF } ➔ **БЫЛО**  
 IP → MPLS → SDH → WDM → OF } ➔ **БЫЛО**  
 IP/MPLS → Ethernet → WDM → OF ➔ **ЕСТЬ**  
 IP/MPLS → WDM (OTN?) → OF ➔ **БУДЕТ?**

Примечание: OF (Optical Fiber) – оптическое волокно (слой физической среды передачи) 27

**Основные тенденции: пример  
 “вытеснение” технологии SDH**



## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

Пакетные технологии с *асинхронным режимом передачи АРП* (IP, Ethernet, MPLS) уже сегодня значительно “потеснили” традиционные сети с *синхронным режимом передачи СРП* (ПЦИ, СЦИ) не только на участке доступа и городских сетях, но и на магистральных направлениях

Современные пакетные сети ориентируются на передачу всех видов трафика (речь, данные и видео – “Triple Play”). Это позволяет операторам расширить спектр предоставляемых услуг

Происходят радикальные изменения структуры рынка, инвестиционной и технической политики операторов, а также приоритетов деятельности стандартизирующих органов (МСЭ-Т, ETSI, IEEE, IETF и др.)

## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

### **ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Рост трафика “точка - точка”	→	Дефицит сетевых ресурсов
Слияние сетей	→	Сложность локализации повреждений
Все услуги через IP	→	Сложность маршрутизации и передачи
Вытеснение СЦИ	→	Трудности резервирования, обслуживания и сопровождения трафика

## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

**Новый статус накладывает на пакетные транспортные технологии дополнительные требования**, поскольку, выйдя на магистральный уровень, эти технологии должны обеспечить качество передачи на уровне сетей предыдущего поколения.

**Совокупность этих требований формирует популярное сегодня понятие “уровня сетей операторского класса”**. Этому уровню должна соответствовать любая транспортная технология, претендующая на лидирующие позиции в телекоммуникационных сетях.

31

## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

### Основная тенденция стандартизации МСЭ:

**доведение перспективных технологий пакетной передачи (Ethernet и MPLS) до уровня сетей «операторского класса»**



32

## Транспортные сети в условиях перехода к NGN

### Основные технологии, претендующие на ведущую роль в транспортных сетях операторского класса

- транспортная платформа MPLS-TP (MPLS Transport Profile)
- различные разновидности “Ethernet операторского класса” (примерами могут служить технология PBB-TE компании Nortel, технические решения компании Huawei и др.)
- концепция полностью оптической транспортной сети – OTN

*Все эти технологии, еще находящиеся в процессе стандартизации, призваны приблизить качественные показатели, а также механизмы управления и технической эксплуатации новых пакетных сетей к высоким стандартам традиционных сетей SDH*

33

## ТРАНСПОРТ В СЕТЯХ ДОСТУПА в условиях перехода к NGN

Все перечисленные тенденции в той или иной мере характерны и для сетей доступа.

С переходом к сетям NGN все больше стирается грань между базовой транспортной сетью и сетью доступа. Часто на участке доступа используются те же технологии и технические решения, что и на городских и магистральных сетях (примером может служить популярная технология Ethernet).

Что касается решений, ориентированных именно на сети доступа, то здесь на первый план выходят оптический доступ (технология PON), а также различные методы радиодоступа.

34

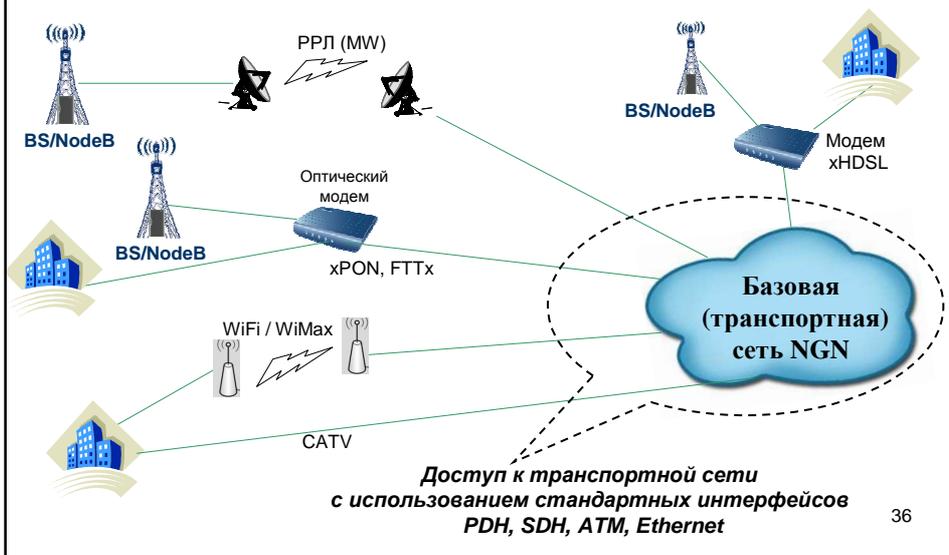
## ТРАНСПОРТ В СЕТЯХ ДОСТУПА в условиях перехода к NGN

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТУПА

	<i>В помещении пользователя (CPN)</i>	<i>В сети доступа (ANT)</i>			
Фиксированная связь (Fixed)		xDSL	xPON	FTTx	CATV
		Ethernet (FE, GE, 10GE)			
		Cable Distribution Network Power Line Transmission (PLT)			
Мобильная связь (Mobile)		2G (GSM)		3G (UMTC, CDMA-2000)	
		WLAN / WiFi (IEEE 802.11)			
		WiMax (IEEE 802.16)			
		Satellite Systems		Microwave (MW)	

## ТРАНСПОРТ В СЕТЯХ ДОСТУПА в условиях перехода к NGN

### ПРИМЕРЫ СЦЕНАРИЕВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА



## ТРАНСПОРТ В СЕТЯХ ДОСТУПА в условиях перехода к NGN

Процессы стандартизации транспорта в сетях доступа (ANT) координирует ИК-15 МСЭ-Т (Рабочая группа WP 1/15):

<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/ant>

*В настоящее время действуют следующие документы:*

- **TD 160 (PLEN/15) ANT Standards Work Plan** (issue 16, October 2009) – Рабочий план стандартизации ANT: в документе освещается текущее состояние стандартизации ANT, включая актуальные задачи, “белые пятна”, “перекрытие” стандартов, взаимодействие между различными органами стандартизации.
- **TD 159 (PLEN/15) ANT Standards Overview** (issue 18, October 2009) – Обзор стандартов ANT: документ содержит базовые сценарии организации доступа и перечень существующих стандартов, разработанных различными организациями (ITU, ETSI, ANSI, ATMF, EIA/TIA, ISO/IEC, ...) для реализации каждого сценария.

37

## Взгляд в будущее: что же будет “после NGN” ?

Концепция NGN в ее сегодняшнем виде вовсе не является конечной точкой развития телекоммуникационной инфраструктуры.

**Исследования и разработки в области транспортных технологий и сетей продолжают.**

Примерами могут служить проекты японских ученых:

- NWGN (New generation network);
- EXAT (EXtremely Advanced Transmission).

38

## Взгляд в будущее: что же будет “после NGN” ?

### АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК:

- фотонные сети;
- сети датчиков;
- усовершенствование IP-адресации;
- создание удобной в использовании и надежной системы управления сложными и динамически изменяющимися функциями сети;
- новые технологии оптической передачи (SDM – Space Division Multiplexing, MDM – Mode Division Multiplexing, MIMO – many inputs, many outputs);
- ...

#### Источники:

*Tomonori Aoyama A New Generation Network: Beyond the Internet and NGN, IEEE Communication Magazine, vol. 47, no. 5, May 2009, pp. 82-87.*

*T.Morioka, Y.Awaji Challenging barriers of optical telecommunications infrastructure – Initiatives of the EXAT Study Group – New Breeze, No.1, 2010 – p. 5-6*

## Заключение

### **СОВРЕМЕННЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ ХАРАКТЕРНЫ:**

- 1) Тенденция к упрощению, то есть исключению “лишних” звеньев из технологической цепочки передачи информации (в частности, вытеснение технологий с синхронным режимом передачи – PDH и SDH).
- 2) Обеспечение требований “сети операторского класса” на всех уровнях транспортной сети.
- 3) Полный переход на пакетную передачу – принцип “All-IP”.

**Благодарю за внимание**

**Thank you for attention!**

**Дякую за увагу!**

**Бирюков Николай Леонидович**

к.т.н., с.н.с., начальник научного отдела Украинского  
НИИ связи

**Nickolay Biriukov, Ph.D.**

Ukrainian Research Institute of Communications, SE

*tel/fax* (+380 44) 248 87 18, *mob.* (+380 50) 356 55 47

*e-mail:* [nlbir@mail.ru](mailto:nlbir@mail.ru), [nlbir@undiz.kiev.ua](mailto:nlbir@undiz.kiev.ua)