

СОВРЕМЕННЫЕ СЕТИ ДОСТУПА

ПРОФ. ПОРТНОВ Э.Л.

ВВЕДЕНИЕ

За последние 20 лет объём хранимой информации увеличился в 100 раз с 2,6 экзабайт в 1998 году до 295 экзабайт в 2007 году. 94% хранится в цифровом формате. К 2007 году теле и радиопередачи передали информации на 1,9 зеттабайт (10^{21} байт). Персональное общение людей возросло к 2007 году до 65 экзабайт. Скорость обработки информации растёт на 58% в год, количество переданной информации на 28% в год, а общие запасы возрастают на 23% в год и все это за счёт развития волоконной оптики.

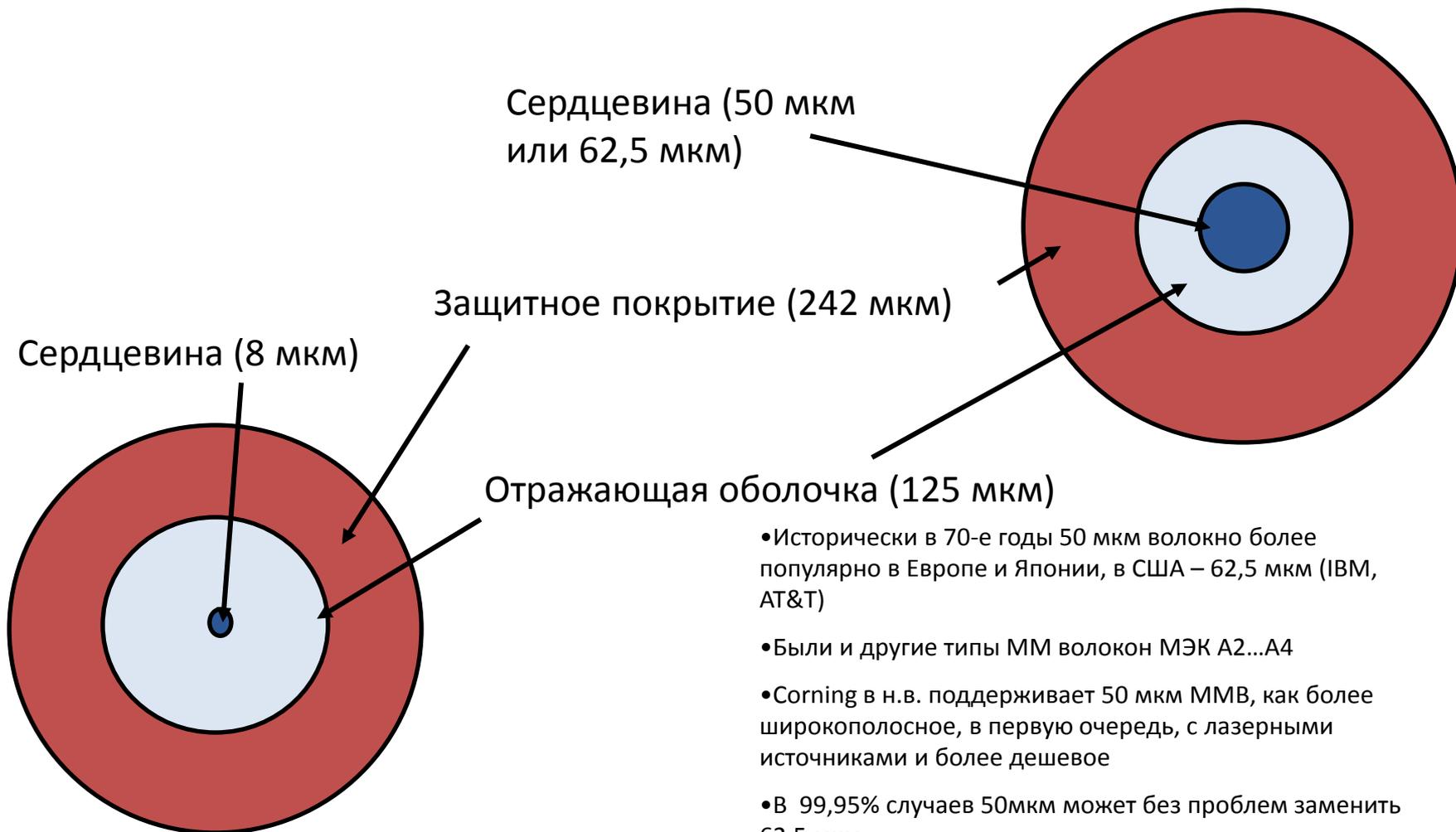
Россия является самой большой страной по территории, она занимает 12,8% земной суши . На этой территории проживает всего 2,4% всего населения земли. Это оказывает существенное влияние на развитие национальной телекоммуникационной системы. Общая площадь России составляет 17,1 миллиона квадратных километров, а численность населения 145,537 млн. человек (по предварительным данным Всероссийской переписи населения 2010 года). 74% составляет городское население, это- 107,697 млн. населения. Средняя поверхностная плотность населения составляет 8,6 человека на квадратный километр. При наличии 32 млн. стационарных телефонов средняя телефонная плотность составляет 25 телефонов на 100 человек. Поэтому необходимо строить протяженные магистральные и внутризоновые линии связи, что и выполнялось на медных кабелях, однако, их пропускная способность в настоящее время не может обеспечить современный трафик на современном уровне и при современных технологиях. Средняя городская телефонная плотность составляет 35 телефонов на 100 жителей. Для крупных городов она значительно выше. Средняя длина абонентской линии в городах составляет 2-6 км и более.

В России 2700 городов и
около 140 тысяч населенных
пунктов, где проложено
огромное количество
медных кабелей сети
общего пользования

Для того, чтобы обеспечить высокоскоростной доступ на местных сетях нужны высокие скорости на магистральных и распределительных сетях (транспортных сетях). Учитывая интенсивное развитие в мире доступа в мультимедийном формате с применением телевидения высокой четкости в формате 3Д скорость к абоненту должна значительно возрасти до 1 – 100 Гбит/с.

Этот процесс происходит во всем мире. Например, в Японии емкость оптической инфраструктуры телекоммуникации на магистральных сетях увеличилась с 1987 года в 1000 раз за 20 лет (1,6 Гбит/с в 1987 году до 1,6 Тбит/с в 2007 году) Информационная скорость сейчас составляет 1 Тбит/с и ежегодно увеличивается на 40% несмотря на экономический спад. Считается, что в следующие 20 лет скорость увеличится до 1 Пбит/с, т.е. в 1000 раз. Наступит эра Петабайт что приведет к внедрению ультра качественного телевидения в формате 3Д и ультра реалистической связи. Это требует создания нового поколения сетей на основе новой оптической инфраструктуры на основе скорост и, равной Пбит/с. Существующие оптические волокна быстро достигнут допустимого для них предела с учетом широкополосности оптических усилителей и входной оптической мощности оптического волокна при существующих системах передачи и существующих форматах модуляции ограничивает применение существующих оптических волокон явление плавления сердцевины оптического волокна при уровне оптической мощности, передаваемой по оптическому волокну уже при 1-2 Вт, а если установлены оптические волокна для компенсации дисперсии то и при 0,5 Вт. Поэтому мы не можем увеличить передаваемую мощность систем ВОСП-СР или Рамановского усиления выше установленного уровня. Кроме того, протяженные подводные системы передачи также достигают указанного уровня мощности на основе существующих оптических волокон.

Волокна: одномодовое (B1) и многомодовое (A1a,в)



FTTX и **XDSL**

Ключевые преимущества комбинированного оптического (FTTN, FTTB, FTTC) и DSL-доступа проявляются в двух сценариях:

- когда требуется постепенная миграция;
- в случае модели FTTB, где проведение работ в зданиях нежелательно или они должны быть выполнены в кратчайшие сроки (гостиницы, многоквартирные дома).

Фактическое место установки MSAN (FTTN, FTTB, FTTC) и тип использованной технологии (ADSL2+, VDSL2) зависят от требований, предъявляемых к передаче предлагаемых услуг, и желаемого покрытия конечных пользователей.

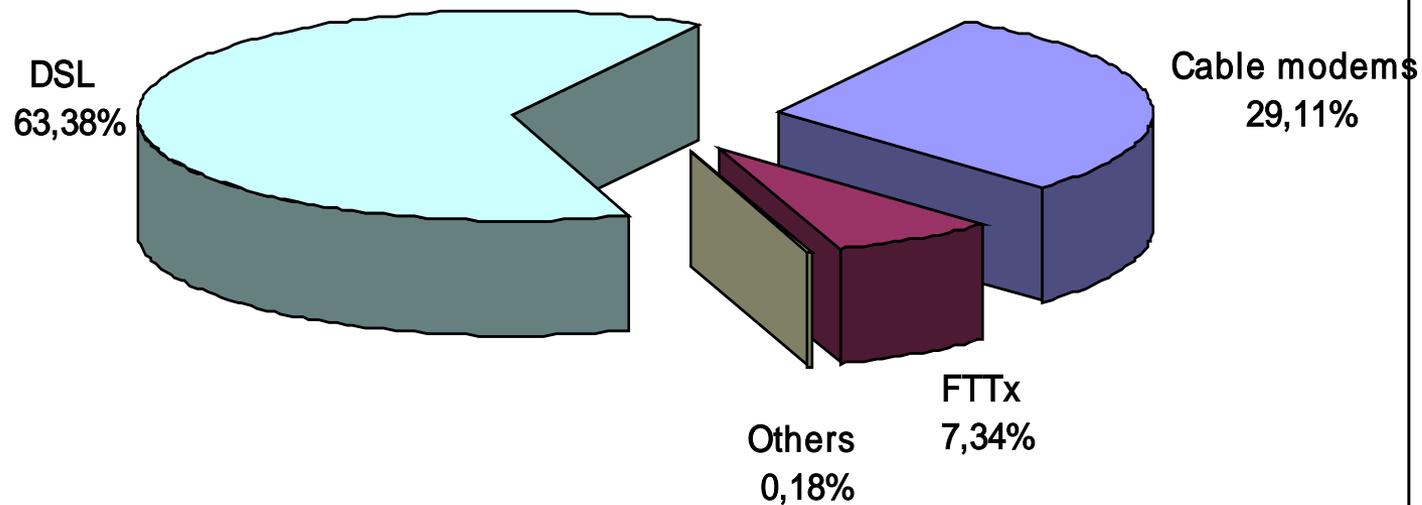
Строительство сетей доступа в настоящее время идет по четырем направлениям;

- сети на основе существующих медных телефонных пар и технология xDSL;
- гибридные волоконно-коаксиальные сети;
- беспроводные сети;
- волоконно-оптические сети.

Существуют четыре основные топологии построения оптических сетей доступа: «точка-точка», «кольцо», «дерево с активными узлами», «дерево с пассивными узлами».

По состоянию на июль 2008 года в Европе было задействовано 86 млн. линий DSL. Однако, при этом было зафиксировано ухудшение динамики роста DSL подключений на 10,7% по отношению к аналогичному периоду 2007г за счет развертывания увеличений FTTH. При этом самое большое число подключений (13,8 млн. абонентов) по состоянию на сентябрь 2008 г. было зафиксировано в Японии. Более того их число превысило число DSL подключений, которых в Японии по состоянию на сентябрь 2008 г. было зафиксировано на уровне 12,29 млн. абонентов и составило большую часть широкополосных подключений 45% по отношению к DSL (42%). Согласно результатам исследований и прогнозам динамики FTTH подключений в мире по данным Heavy Reading 2009г. Если в 2007г. было 26,61 млн. подключений, то в 2009г. было 47,57 млн. подключений. На основании полученных исследований можно прогнозировать на 2010 год -61,78 млн. подключений и на 2013 г. -129,20 млн. подключений.

Распределение широкополосных абонентов по технологии подключения



Доступ

```
graph TD; A([Доступ]) --- B([Проводной]); A --- C([Беспроводной]); B --- D(xDSL); B --- E(FTTx); B --- F(PON); subgraph Optics [Оптика]; E; F; end
```

Проводной

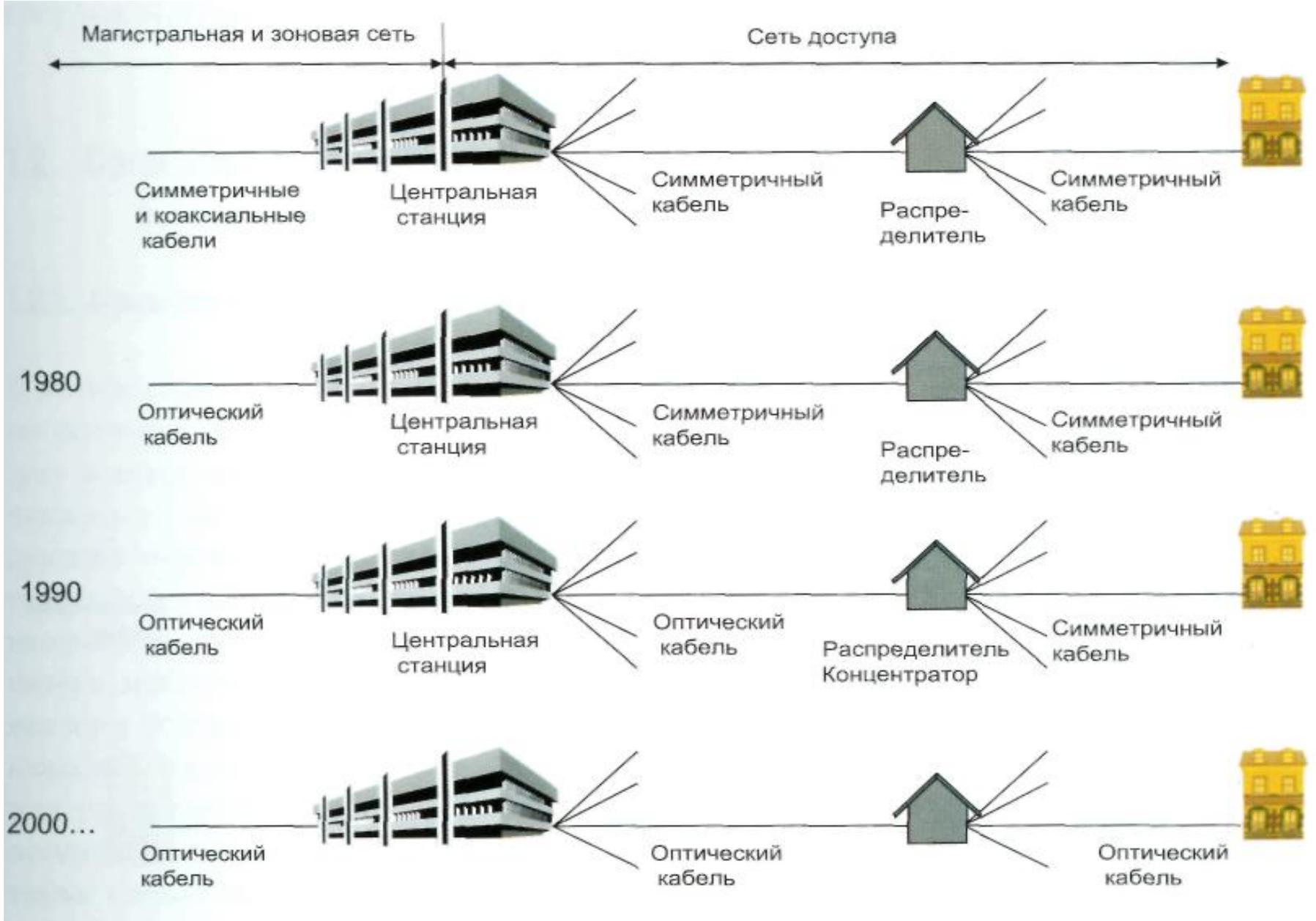
Беспроводной

xDSL

FTTx

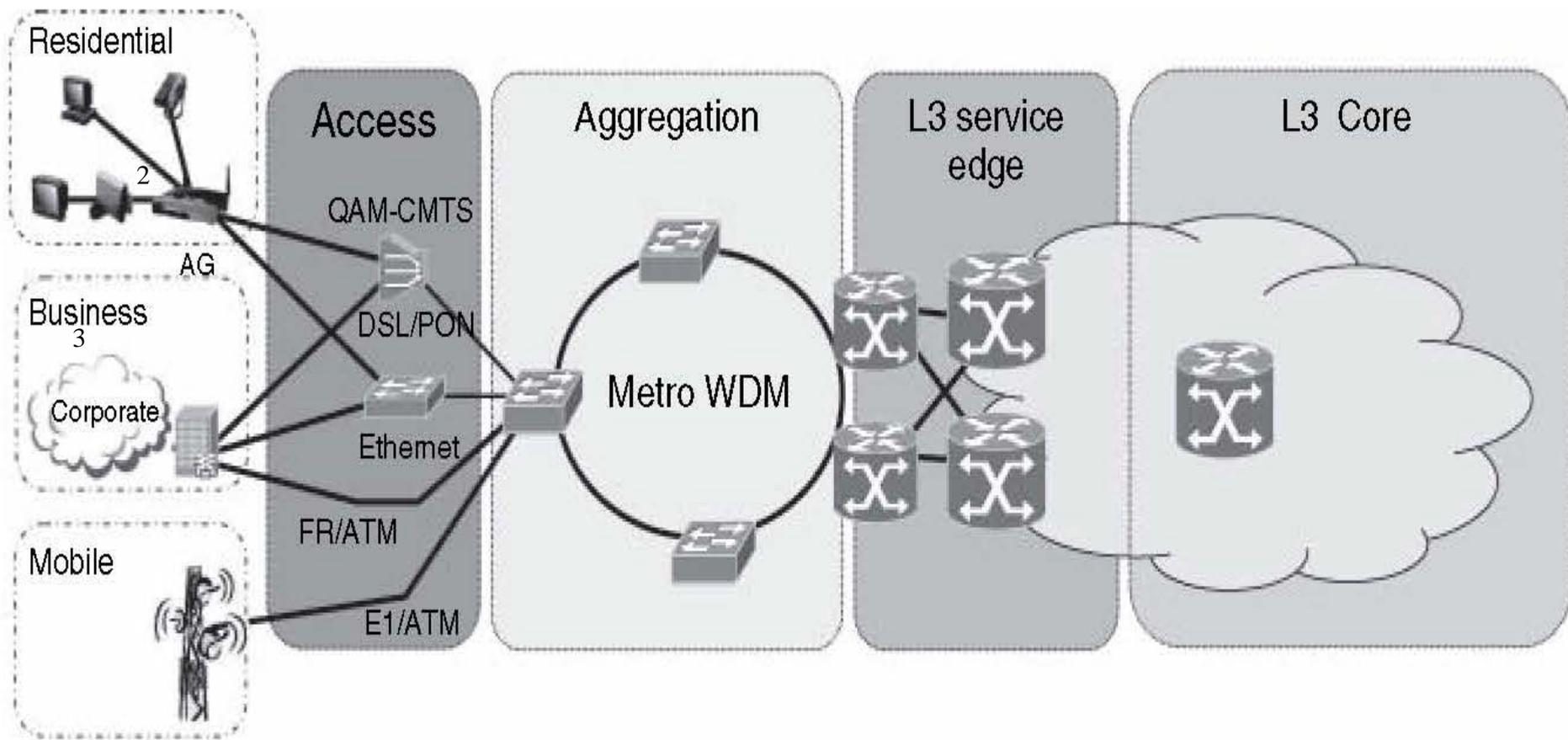
Оптика

PON

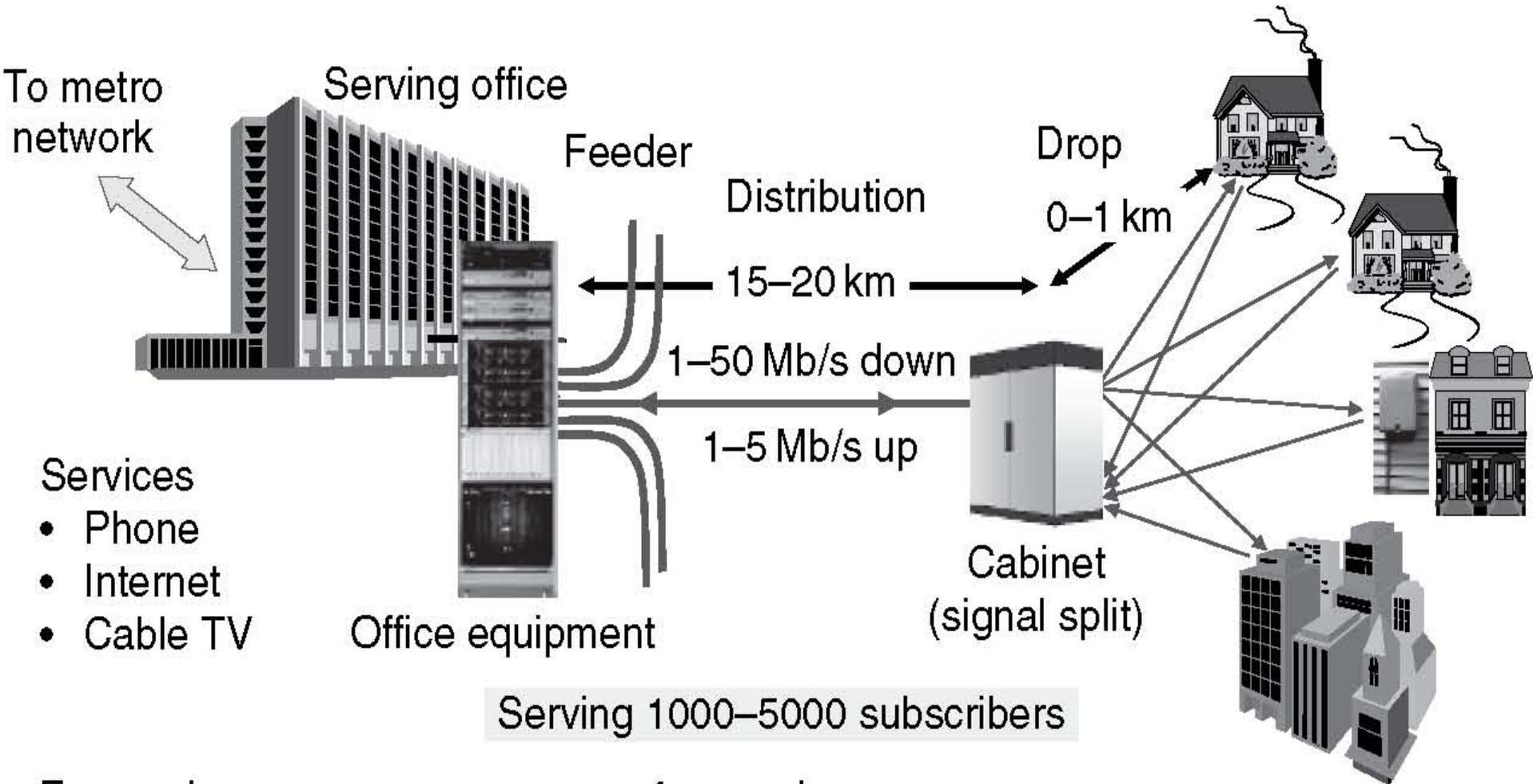


- Аналоговый телефон (обычная телефонная сеть).
- ISDN - цифровая сеть интегрального обслуживания:
 - базовый доступ на скорости 2 x 64 кбит/с, речь и/или данные,
 - основной доступ - 30 x 64 кбит/с.
- xDSL (DSL - цифровая абонентская линия):
 - ADSL (асимметричная DSL), ADSL2, ADSL 2+,
 - SHDSL (однопарная высокоскоростная DSL),
 - VDSL (высокоскоростная DSL).
- Кабельное телевидение (Cable TV):
 - комбинированная оптоволоконная кабельная система (HFC),
 - беспроводный доступ,
 - WLAN, WiMAX.

- Различные варианты организации ОСД, включают:
 - ВвД (FTTH - Fibre To The Home) - волокно вводится в дом (помещение индивидуального пользователя);
 - ВвК (FTTCab - Fibre To The Cabinet) - волокно вводится в кабинет (офис, учреждение);
 - ВвЗ (FTTB - Fibre To The Building) - волокно вводится в здание (к группе пользователей);
 - ВвШ (FTTC- Fibre To The Curb) - волокно вводится в распределительный шкаф (перед одним или несколькими зданиями).



L0-L1	SONET, CWDM	CWDM, DWDM, OTN	N/A	DWDM, OTN
L2-L3	Ethernet	Ethernet, IP, MPLS	IP, MPLS	IP, MPLS



Economics

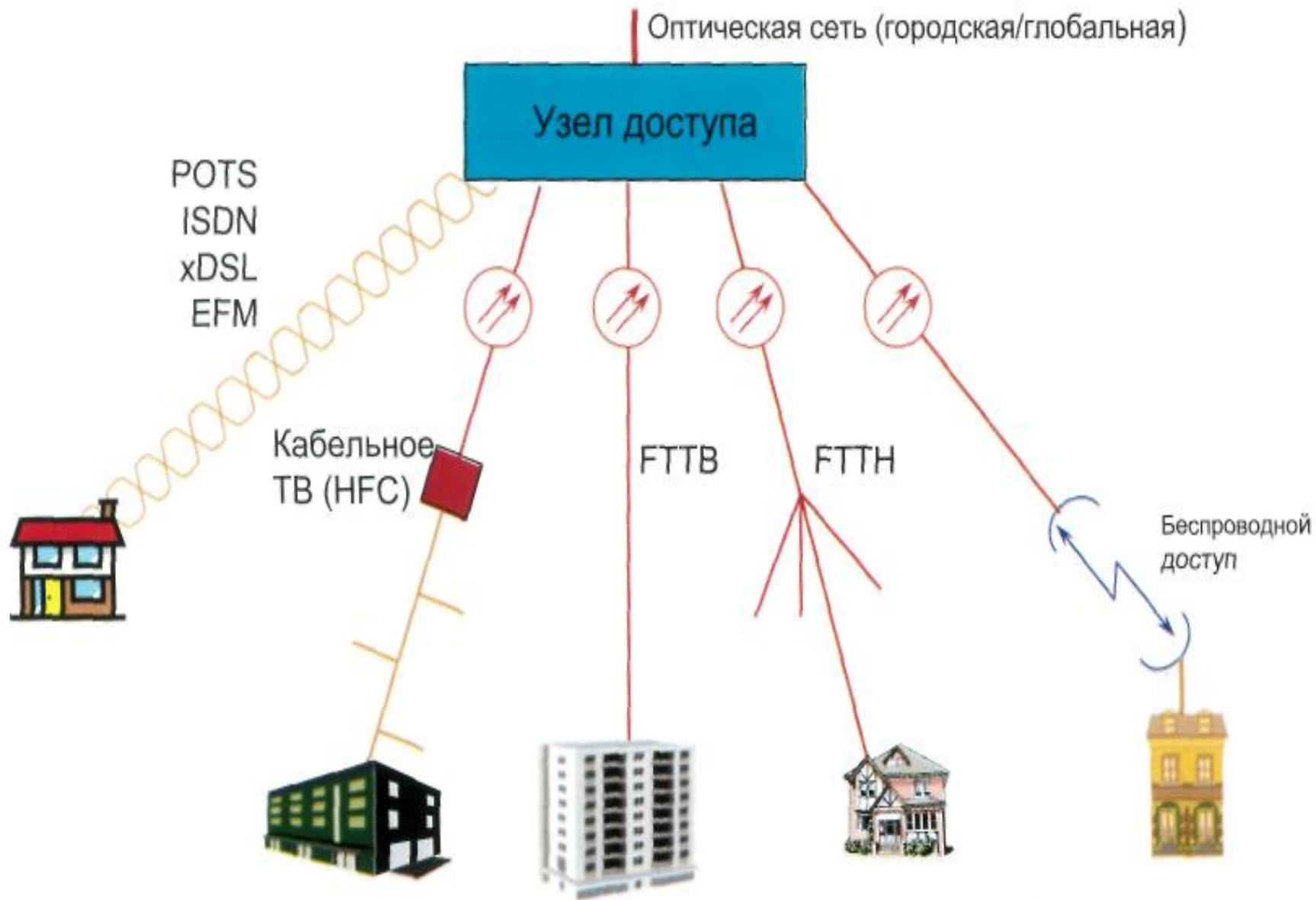
- \$1000 cost per subscriber
- \$100 per month revenue

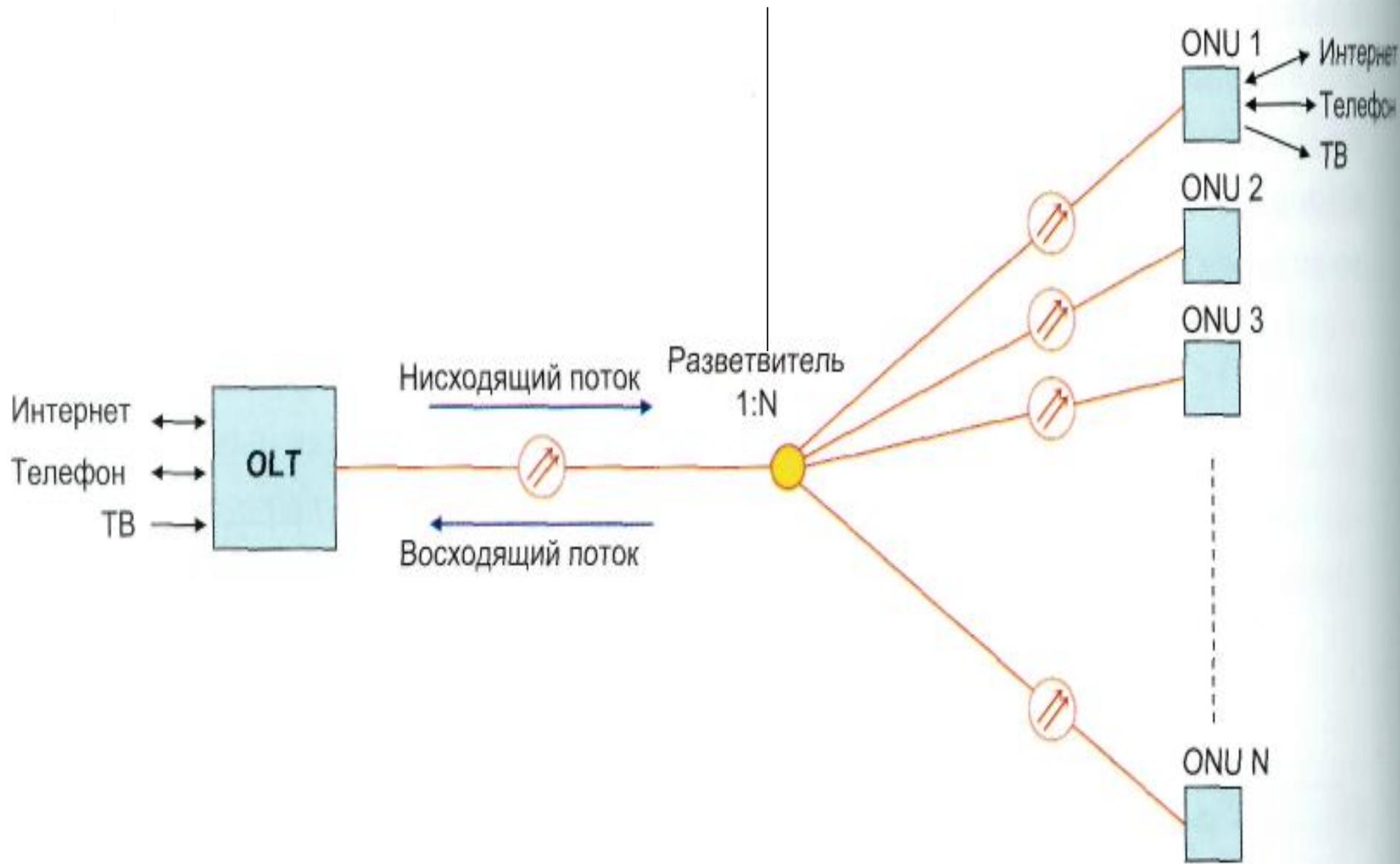
Approaches

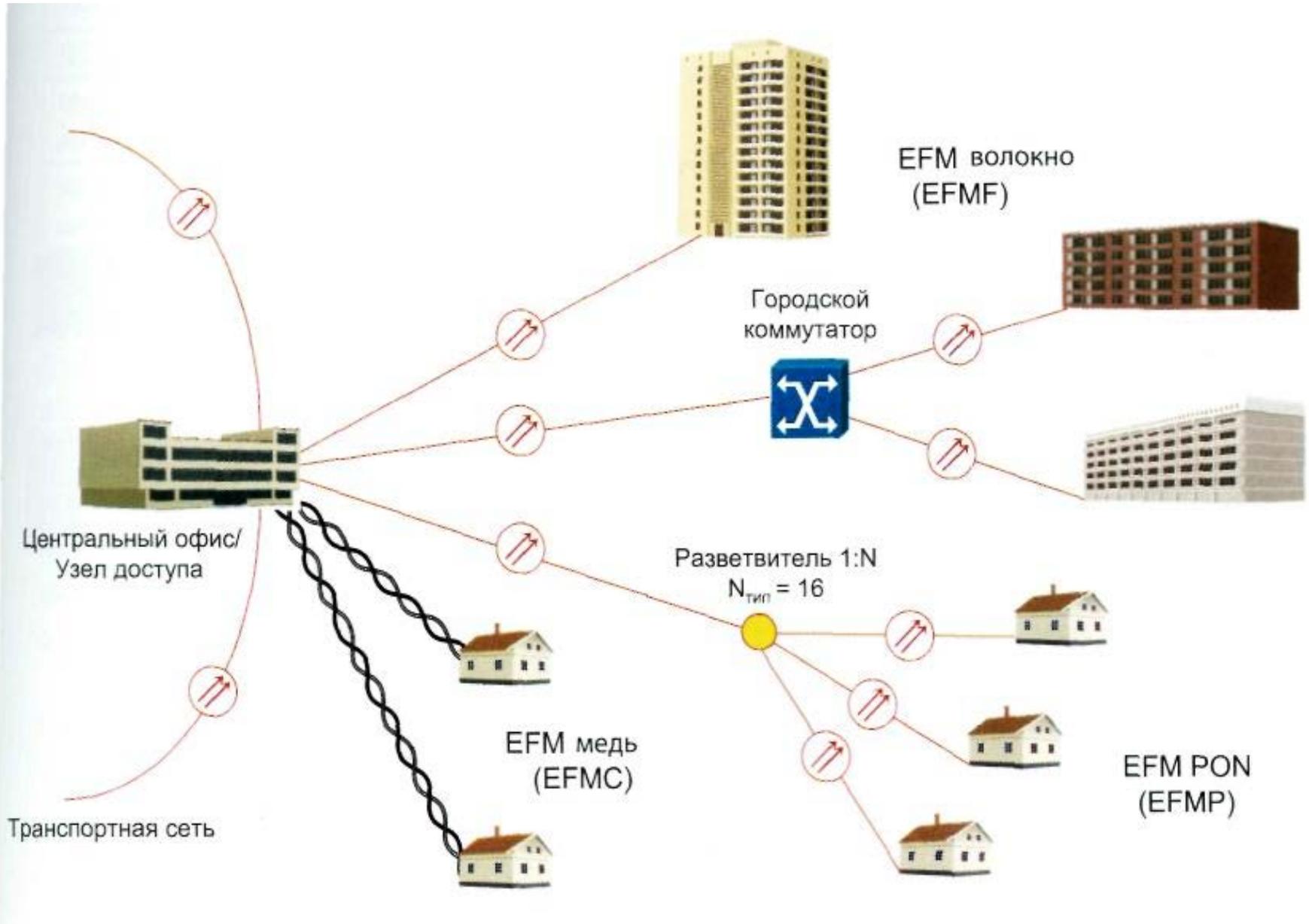
- HFC
- FTTC/xDSL
- FTTH

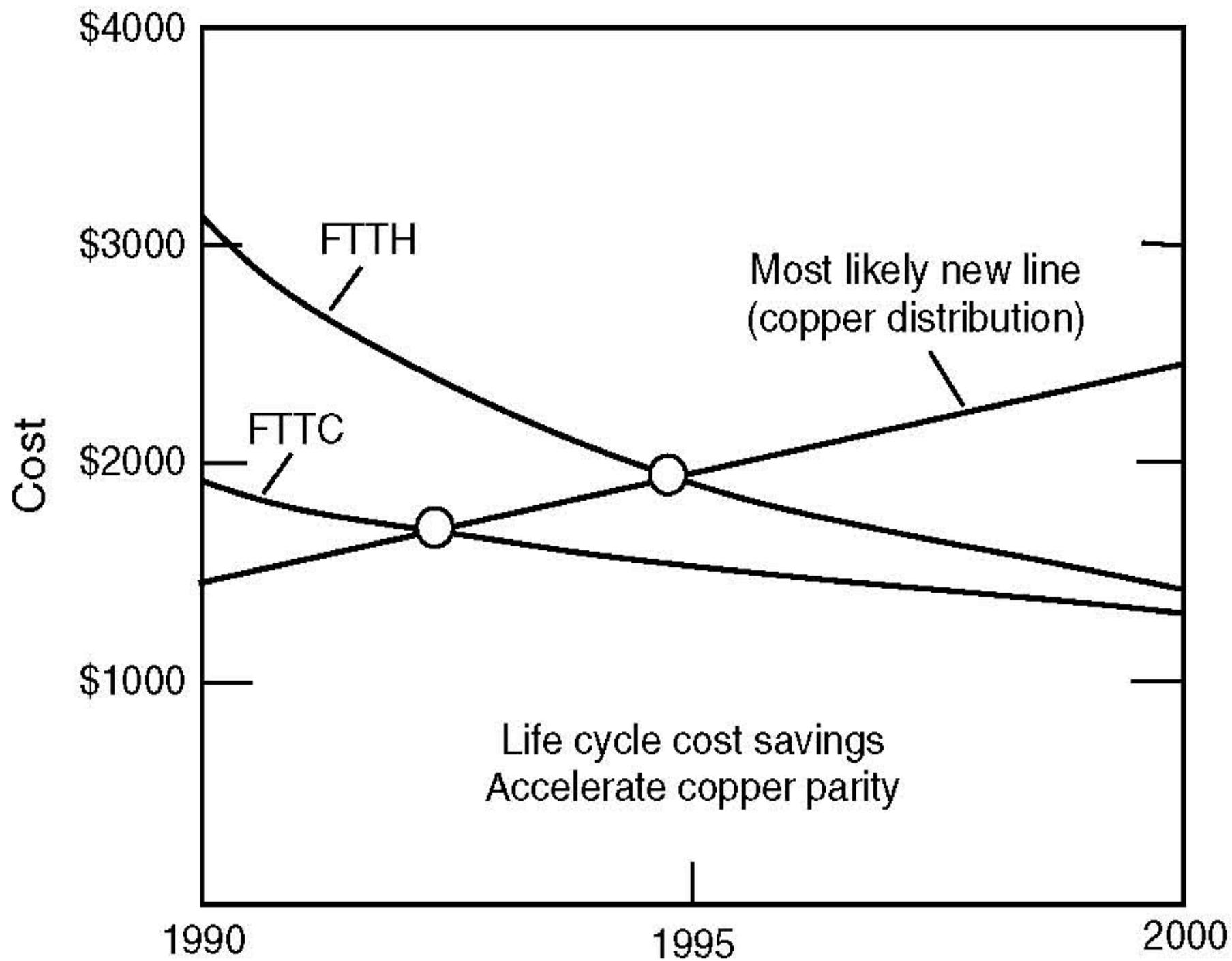
Subscribers

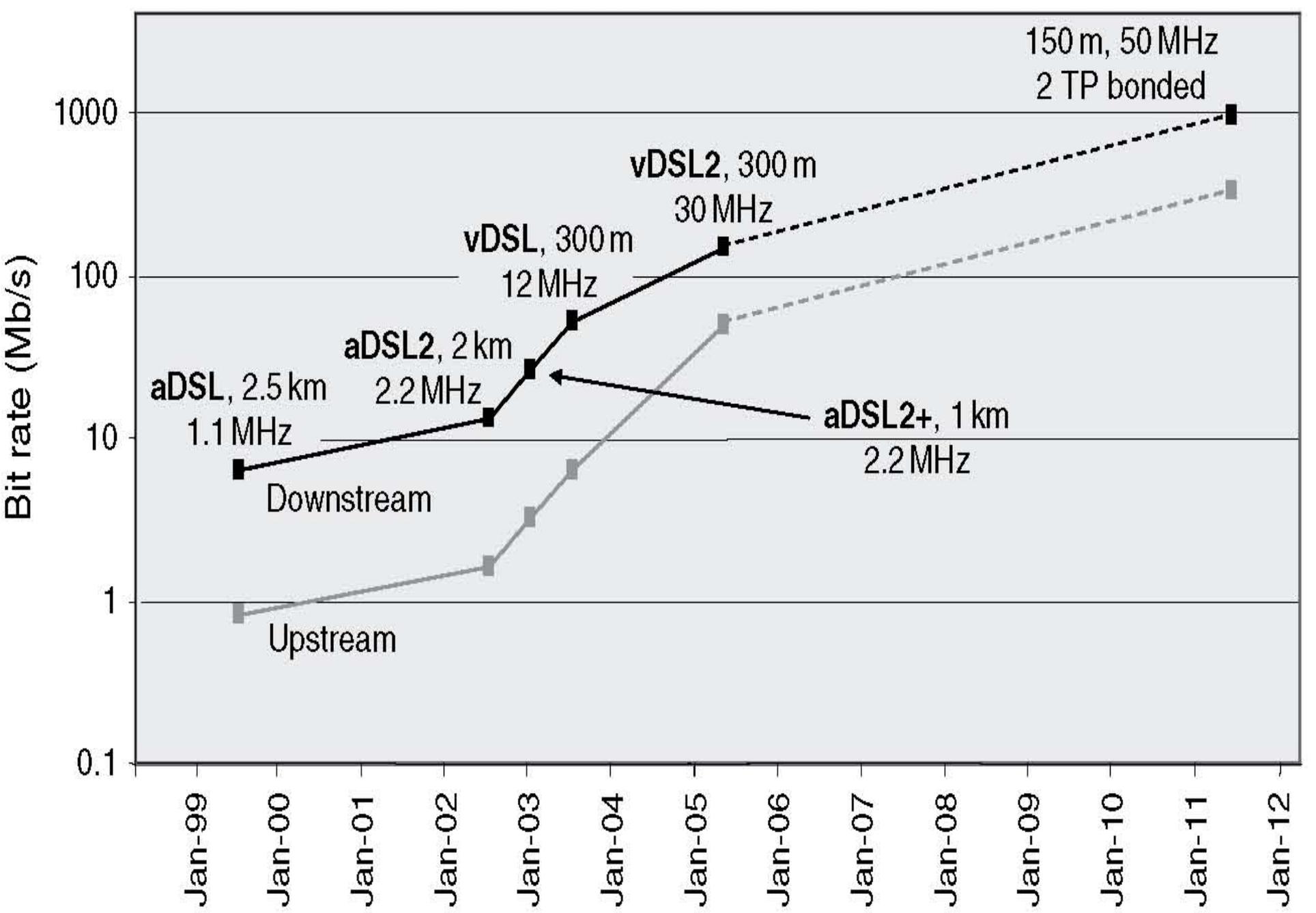
- Residential
- Apartments
- Business











СТАНДАРТЫ ПО СЕТЯМ ДОСТУПА

Рекомендации ITU-T серии G..983 и Q834, связанные со стандартизацией конвергенции слоев транспортных и доступа.

Рекомендации МСЭ	ТЕМА	Ограничения
G.983.1	Широкополосный оптический доступ, основанный на ПОС	Ограничивает передачу 155/155 Мбит/с и 622/155Мбит/с на длине 20км
G.983.1 Расширение 1	Расширение1	Увеличение скорости до 622/622Мбит/с
G.983.1 Расширение 2	Расширение 2	Увеличение скорости до 1,244 Гбит/с к абоненту
G.983.2 (2002)	АТМ ПОС	Голос, данные и видео
G.983.3	Расширение оптического доступа	ВОСП-СР с включением широкополосных видео служб
G.983.4	Широкополосный оптический доступ	Динамичный выбор частотного спектра
G.983.5	Широкополосный оптический доступ с выбором услуг	Адресная защита систем передачи
G.983.6	В-ПОС	Защита В-ПОС

G.983.7	Широкая поддержка В-ПОС	Поддержка оптического сетевого терминала
G.983.8	Поддержка IP,ISDN,Видео и другие выбранные функции	Включает в спецификации IP,ISDN , Видео и другие функции
G.983.9	Поддержка интерфейсов беспроводной локальной сети	Поддержка интерфейсов беспроводной локальной сети
G.983.10	Поддержка интерфейсов цифровой абонентской линии	Поддержка цифровой абонентской линии
Q.834.1	Требования АТМ-ПОС	Информационная модель В-ПОС по интерфейсам
Q.834.2	Требования к сети АТМ-ПОС	Определенные аспекты для интерфейсов
Q.834.3	Требования к интерфейсам для В-ПОС	Определенные аспекта по сетевым ресурсам
Q.834.4	Спецификации по интерфейсам для В-ПОС	Интерфейсы для В-ПОС

Рекомендации МСЭ	Основные положения
G.984.1 G-PON Основные характеристики	Скорость 1,244/0,155 до 2,488/2; **Гбит/с, расстояние от 20 до 60 км, обеспечиваются все функциональные характеристики
G.984.2 G-PON Спецификация Физически зависимой среды (PMD)	Обеспечивается спецификация слоя физически зависимой среды
G.984.3 Спецификация конвергенции слоя спецификации	АТМ передача, В-ПОС, безопасность и контроль доступа
G.984.4 G.-PON ONT и интерфейсы	Обеспечивает контроль и поддержку ONT

Стандарт IEEE 802.3ah определяет три разновидности EFM:

- EFM на основе медных кабелей (EFM copper - EFMCS): 10 Мбит/с по одной паре телефонного кабеля на расстояние до 750 м, 2 Мбит/с по одной паре телефонного кабеля на расстояние до 2700 м;

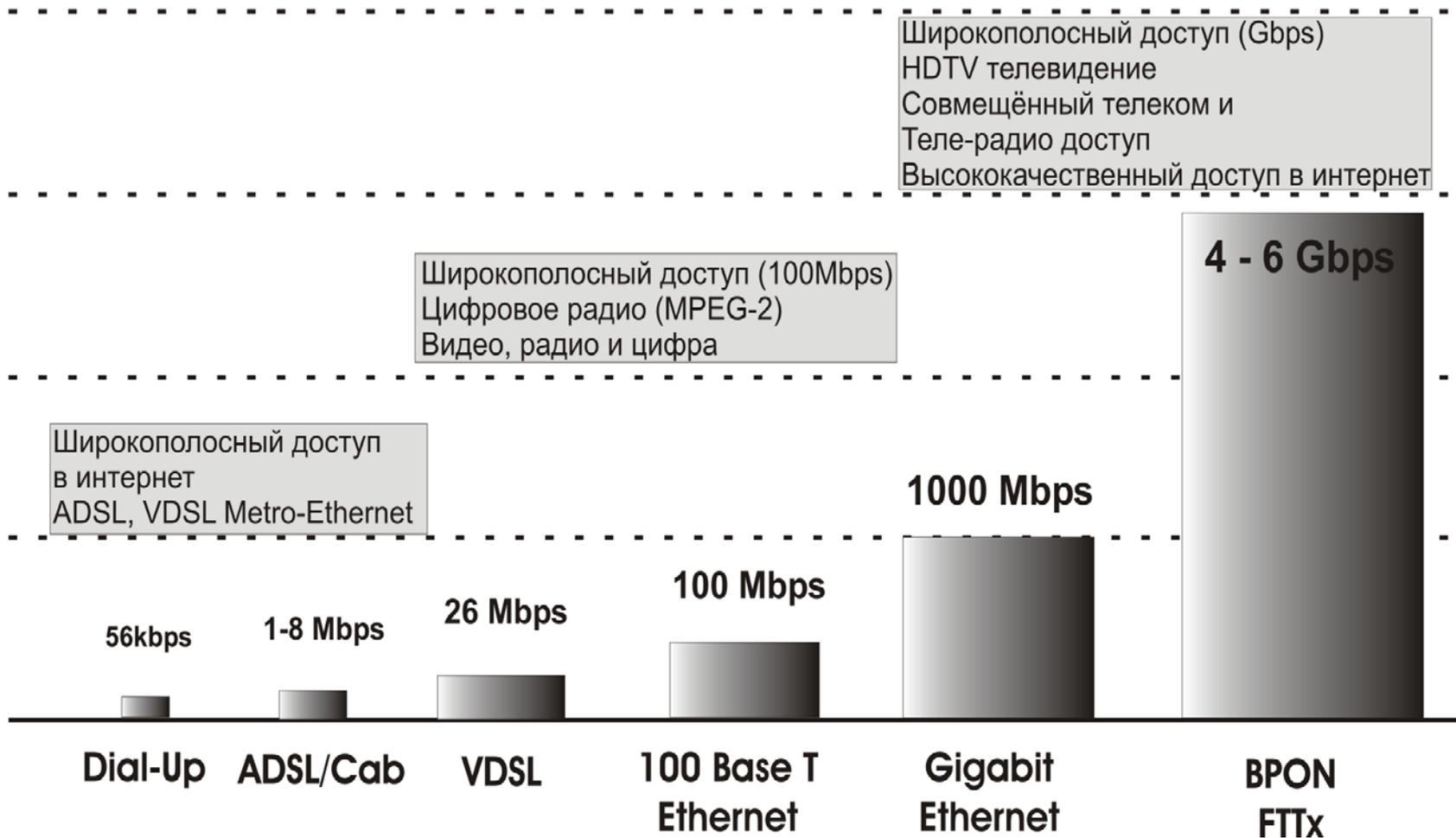
- EFM на основе волоконно-оптических кабелей (EFM fibre - EFMF): 100 и 1000 Мбит/с по одномодовому волокну на расстояние до 10 км;

- EFM для пассивных оптических сетей (EFM PON - EFMF): 1000 Мбит/с по пассивной оптической сети (на основе одномодовых волокон) на расстояние до 20 км.

Сравнение различных типов систем

	ITU-T G.983 (BPON)	ITU-T G.984 (GPON)	IEEE 802.ah (EPON)
Нисходящий поток	622 Mb/s	2.488 or 1.244 Gb/s	1.244 Gb/s
Восходящий поток	622 or 155 Mb/s	1.244 Gb/s or 622 Mb/s	1.244 Gb/s
Эффективность в нисходящем потоке	85%	92% (заголовок)	72% (кодирование)
Полезная полоса пропускания	528 Мб/с	2300 Мб/с	900 Мб/с
Распределение	1/32	1/32 or 1/64	1/32
Полоса на абонента	~16.5 Мб/с	72 or 36 Мб/с	~28 Мб/с

Технологии широкополосного доступа и предоставляемые услуги



Различные виды PON (ITU) и Ethernet (IEEE)

Тип	BPON (APON) (ATM PON)	GPON (Gigabit PON)	EPON (GEPON) (Ethernet PON)	Ethernet (point-to-point)
Стандарт	G.983.1-3	G.984	802.3ah	802.3ah
Протокол	ATM	GEM (ATM, Ethernet)	Ethernet	Ethernet
Архитектура	1:32	1:64	1:32	Точка-Точка
Расстояние	20 км	20 км	20 км	20 км
Нисходящий поток (Мб/с)	622/155	155/622/1244 /2488	1244	1244
Восходящий поток (Мб/с)	622/155	155/622/1244 /2488	1244	1244

Достоинства	Недостатки
<p>Очень высокая пропускная способность (технология XGPON – вплоть до десятков Гбит/с)</p>	<p>Необходимость нового строительства (создание оптической инфраструктуры сети доступа)</p>
<p>Отсутствие промежуточных активных (требующих электропитания) узлов</p>	<p>Относительно высокая стоимость оборудования.</p>
<p>Относительно большая дальность (до 20 км)</p>	

Преимущества и недостатки

GPON

- Более широкая полоса пропускания, удовлетворяющая завтрашним требованиям
- Различные скорости передачи и асимметричный режим
- Поддержка TDM трафика

EPON

- Передача пакетов Ethernet без дополнительной инкапсуляции (упрощение оборудования)
- Хорошо развитая база производителей оборудования Ethernet, в том числе переключателей

Различные стандарты PON

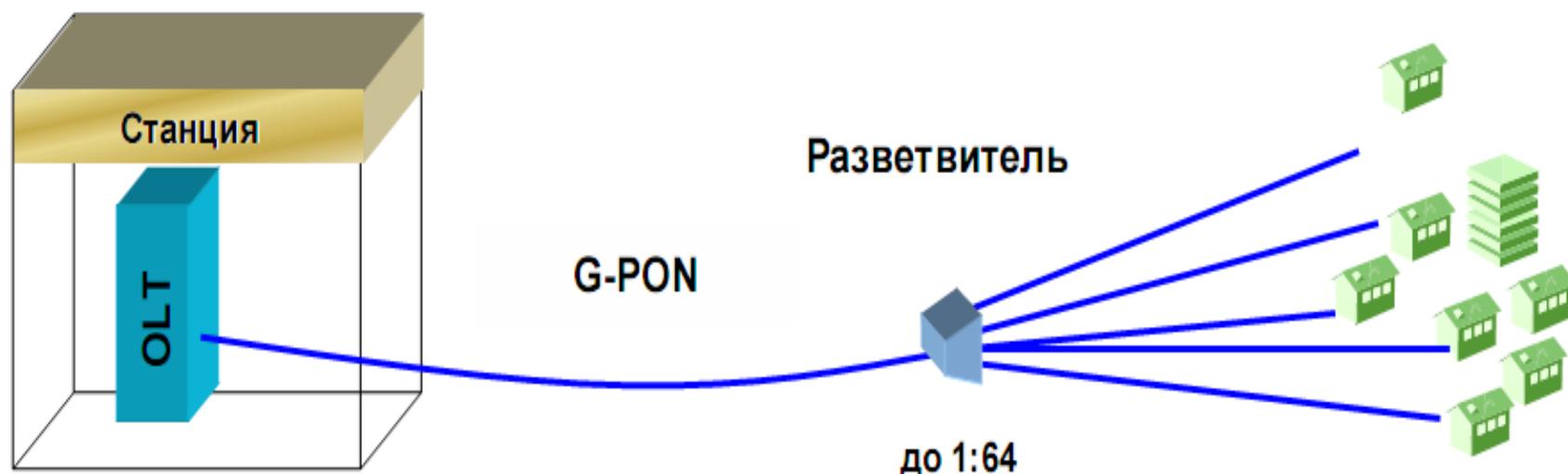
Скорости передачи увеличиваются

	ITU-T G.983 (BPON)	ITU-T G.984 (GPON)	IEEE 802.3ah (GEPON)	IEEE 802.3av (10 GEPON)	WDM PON
Скорость «вниз» (DS)	622 Мбит/сек	2.488 or 1.244 Гбит/сек	1.25 Гбит/сек	10.31 Гбит/сек	100 Мбит/сек или 1 Гбит/сек
Скорость «вверх» (US)	622 or 155 Мбит/сек	1.244 Гбит/сек 622 Мбит/сек	1.25 Гбит/сек	10.31/1.25 Гбит/сек	100 Мбит/сек или 1 Гбит/сек
Макс. расстояние	20 км	20 км	20 км	20 км	20 км
Разветвление (split ratio)	1/32	1/32 or 1/64	1/16 or 1/32	1/16 or 1/32	1/32
Скорость к абоненту	~18 Мбит/сек	36 or 72 Мбит/сек	~28 Мбит/сек	~280 Мбит/сек	100 Мбит/сек или 1 Гбит/сек

 - существующие

 - развивающиеся

G.984 ITU-T Recommendation



Бюджет потерь

Бюджет по мощности

Table 2a/G.984.2 – Physical medium dependant layer parameters of ODN

Items	Unit	Specification
Fibre type	–	ITU-T Rec. G.652
Attenuation range (ITU-T Rec. G.982)	dB	Class A: 5-20 Class B: 10-25 Class C: 15-30
Maximum differential logical reach	km	20
Maximum fibre distance between S/R and R/S points	km	20 (10 as option)
Minimum supported split ratio	–	Restricted by path loss, PON with passive splitters (16, 32 or 64 way split)

Table 2b/G.984.2 – Optical interface parameters of 1244 Mbit/s downstream direction

Items	Unit	Single fibre		
		A	B	C
Nominal bit rate	Mbit/s	1244.16		
Operating wavelength	nm	1480-1500		
Line code	–	Scrambled NRZ		
ODN Class		A	B	C
Mean launched power MIN	dBm	-4	+1	+5
Mean launched power MAX	dBm	+1	+6	+9
Bit error ratio	–	less than 10^{-10}		
ODN Class		A	B	C
Minimum sensitivity	dBm	-25	-25	-26

1.244 Гбит/с GPON

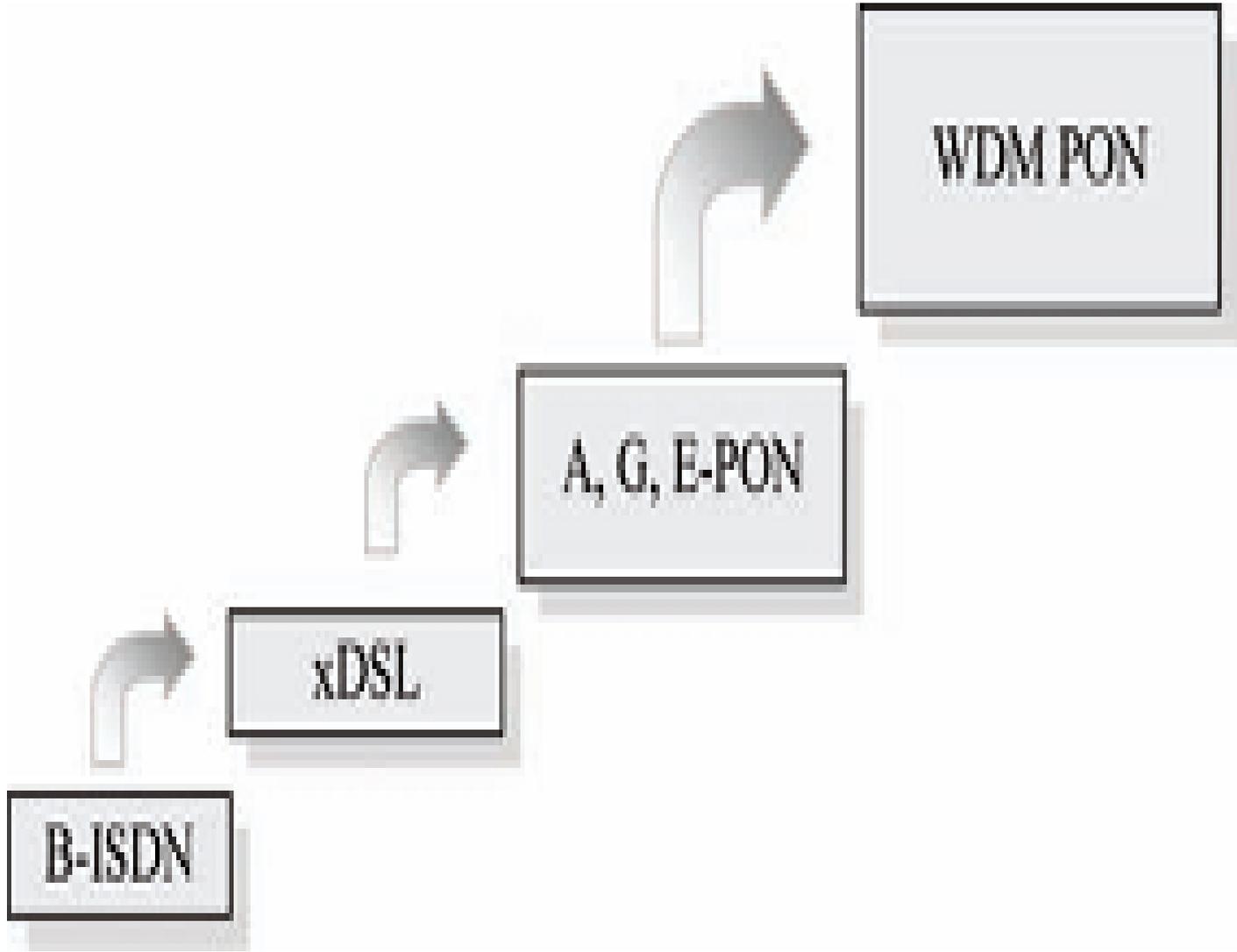
A	C	D	E	F	G		
Мощность в канале	Чувствит. приёмника	FEC Gain	Раман	Системный запас	Потери (1-3+4+5-6)	Потери на Волокне	Кол. Абонентов
(dBm)	(dBm)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(дБ)	
5	-26	0	0	2	29	10	40
17	-26	0	0	2	41	10	631
20	-26	0	0	2	44	10	1259

$$\text{Потери на разветвителе (дБ)} = 10 \times \log(N_{\text{абон}}) + 3 \text{ дБ}$$

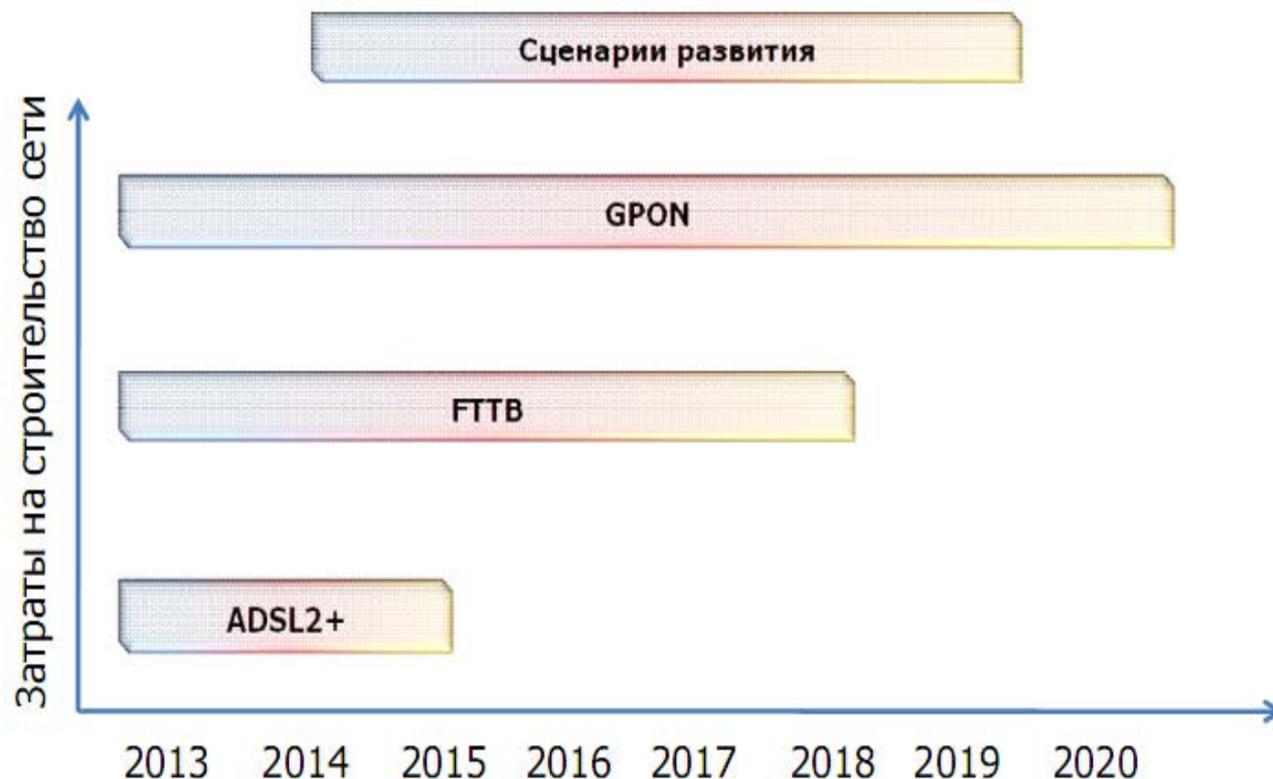
- Потери в сетях PON в основном определяются потерями компонент, поэтому затухание волокна на 1550 нм менее важно
- В принципе +3 дБ более высокий порог по SBS позволяет достичь в два раза больше абонентов но практически это не имеет смысла так как полоса пропускания на одного абонента будет очень низкой

ITU-T G.983.3 BPON standards

Items		Downstream	Upstream
Technology		ATM with WDM	ATM with WDM
Bit rate (Mbps)		155/622	155
Wavelength (nm)	Basic band	1,480–1,500	1,260–1,360
	Enhance band (op1)	1,539–1,565	1,260–1,360
	Enhance band (op2)	1,550–1,560	1,260–1,360
Output power (dBm)	Class A	-3 to -7.5	-7.5 to 0
	Class B	-2.5 to +2	-5.5 to +2
	Class C	-0.5 to +4	-3.5 to +4
Extinction ratio (dB)		>10	>10
MLM Laser max RMS width (nm) (for basic band)		<1.8	<5.8
Receiver sensitivity (dBm)	Class A	-28.5	-28.5
	Class B	-28.5	-31.5
	Class C	-31.5	-34.5
CID immunity		>72 digits	>72 digits



Технология GPON. Развитие в России и за рубежом

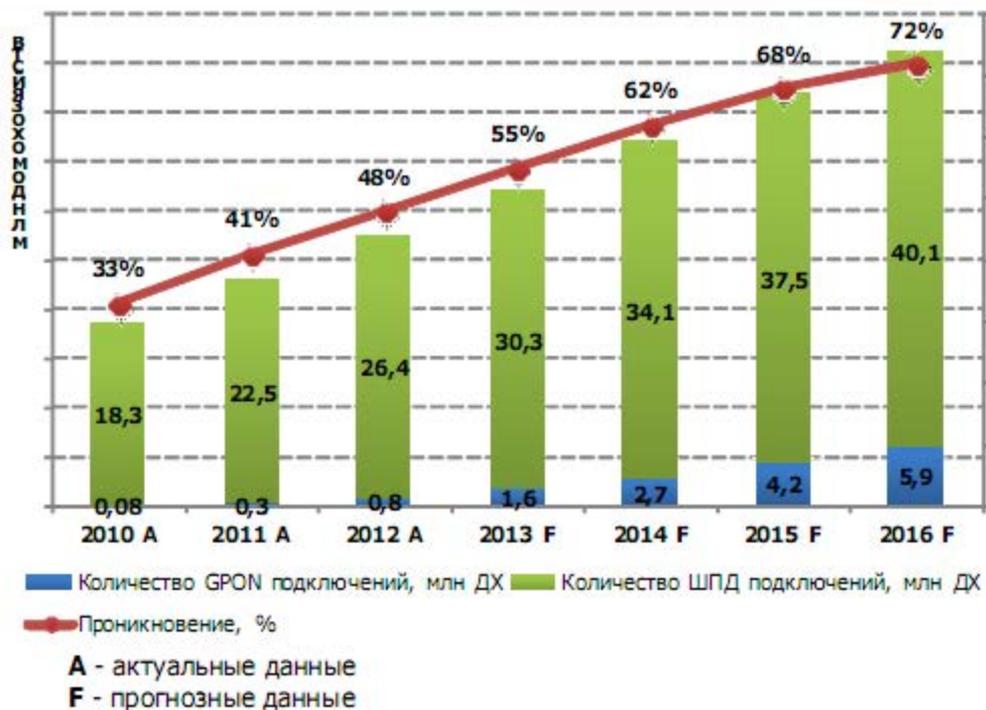


Технология GPON на весь период прогнозирования будет наиболее актуальной, но при этом самой дорогой по сравнению с FTTB и ADSL2+.

Технология FTTB сможет удовлетворять потребностям пользователей еще 5-7 лет.

Актуальность технологии ADSL2+ составит не более 2-3 лет.

Количество «домашних» широкополосных подключений в России, 2010 - 2016 гг.



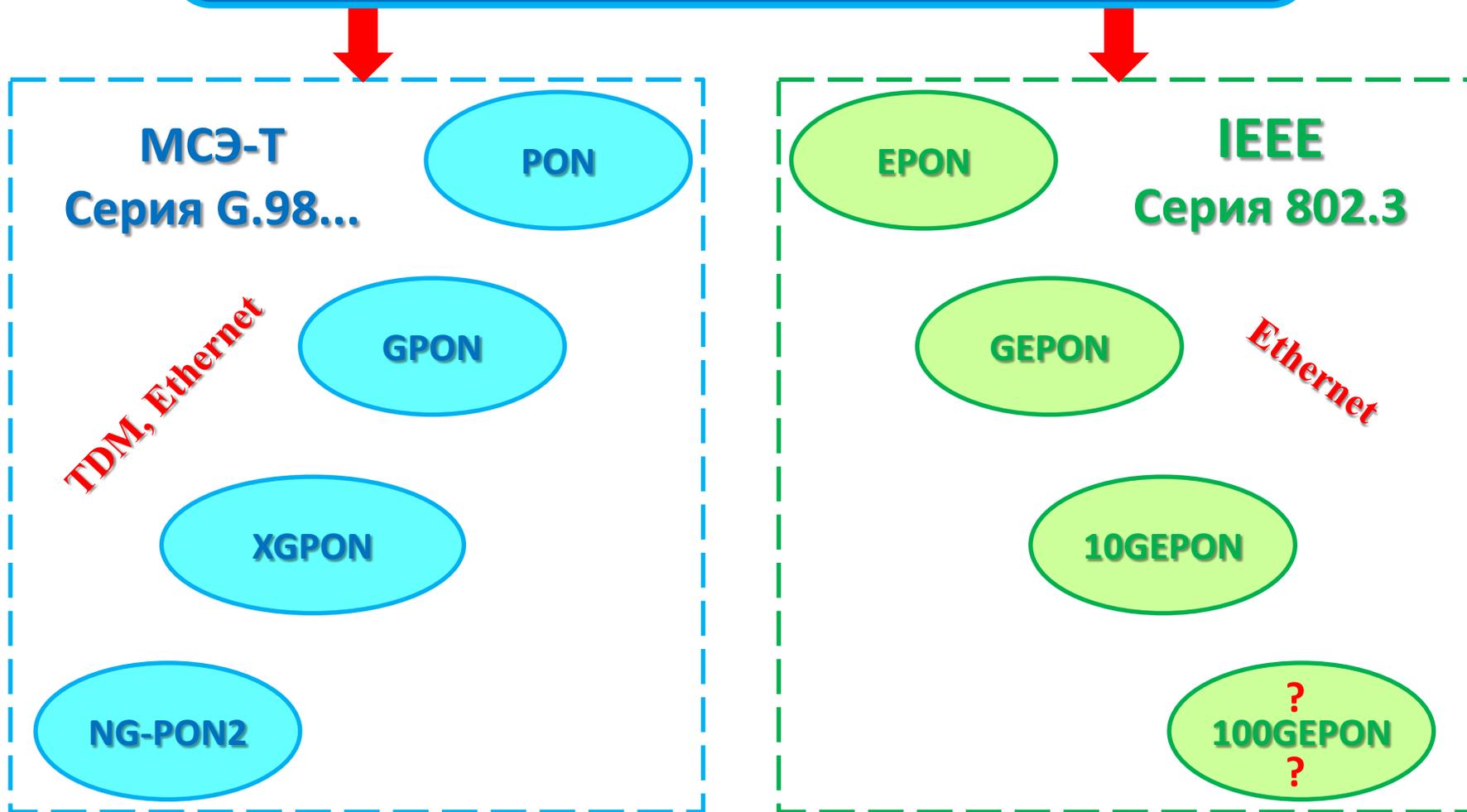
В 2012 г. проникновение «домашнего» ШПД в России составило 48% (26,4 млн домохозяйств).

К 2016 г., по нашим прогнозам, количество «домашних» ШПД-подключений вырастет почти в 1,5 раза по сравнению с 2012 г. – до 40,1 млн, а уровень проникновения составит 72%.

Количество GPON подключений будет увеличиваться в среднем на 50-60% в год.

№ п/п	Обозначение	Скорость (макс.) Гбит/с	Формат сигнала	Стандарт
1	PON	до 1,0	TDM, Ethernet	МСЭ-Т G.983.x
2	GPON	$\geq 1,0$	TDM, GE	МСЭ-Т G.984.x
3	XGPON	$\geq 10,0$	TDM, 10GE	МСЭ-Т G.987.x
4	NG-PON2	40 (160)	TDM, 10GE (100GE)	МСЭ-Т G.989.1
5	EPON	до 1,0	Ethernet	IEEE 802.3ah (EFM)
6	GEPON	1,2	GE	IEEE 802.3ah
7	10GEPON	$\geq 10,0$	10GE	IEEE 802.3av
8	100GEPON ?	100	100GE	IEEE 802.3**

Пассивные оптические сети



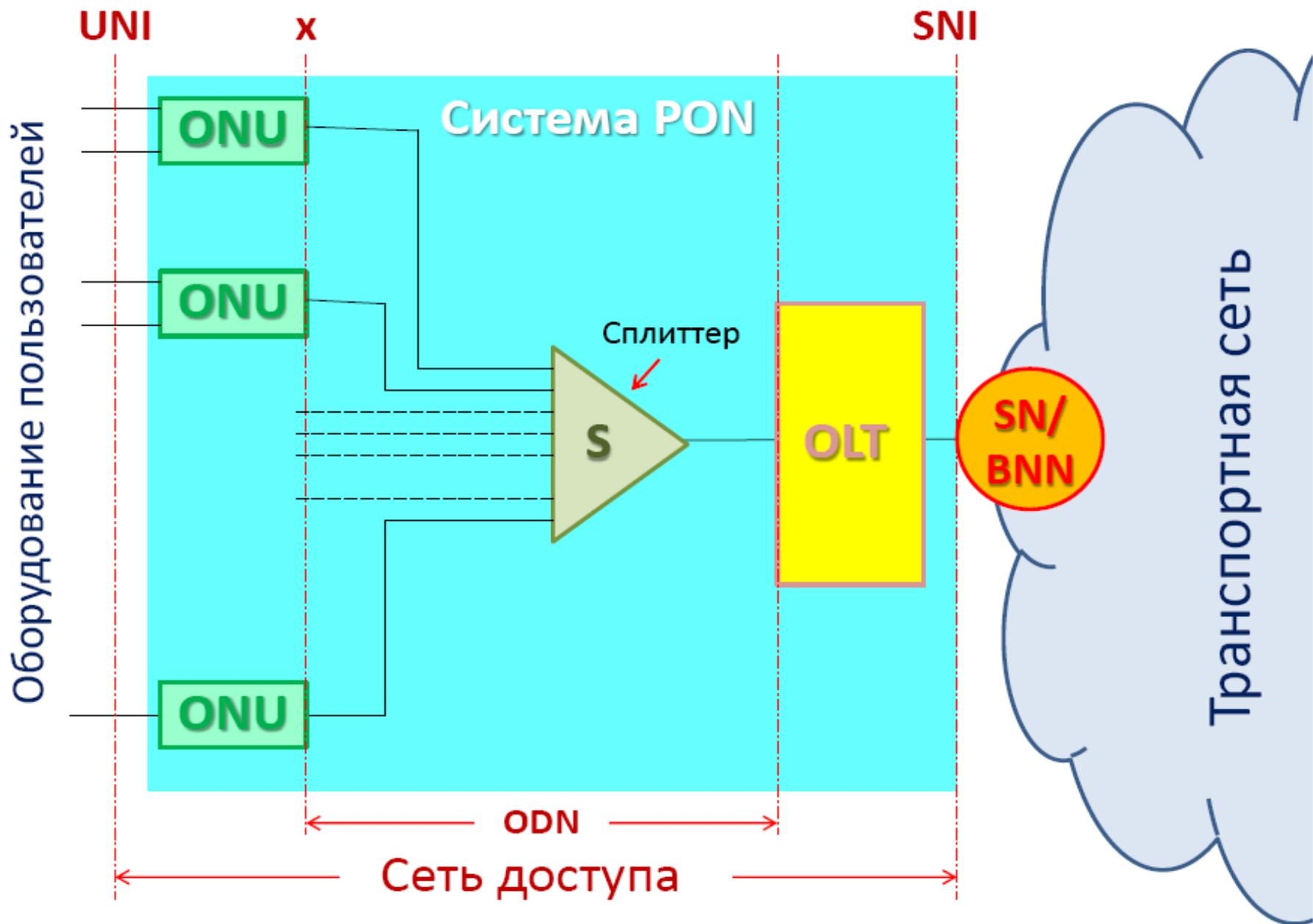
Гигабитная пассивная оптическая сеть (GPON) – технология, поддерживающая скорость передачи свыше 1,0 Гбит/с по крайней мере в одном направлении передачи и реализующая комплекс протоколов, определенных в рекомендациях серии G.984.x.

10-гигабитная пассивная оптическая сеть (XGPON) – технология, поддерживающая скорость передачи свыше 10,0 Гбит/с по крайней мере в одном направлении передачи и реализующая комплекс протоколов, определенных в рекомендациях серии G.987.x.

40-гигабитная пассивная оптическая сеть (NG-PON2) – технология, поддерживающая скорость передачи от 40 Гбит/с (с возможностью учетверения до 160 Гбит/с за счёт применения технологии WDM) по крайней мере в одном направлении передачи и реализующая комплекс протоколов, определенных в рекомендациях серии G.989.x. В настоящее время действует только одна рекомендация этой серии – G.989.1 [4].

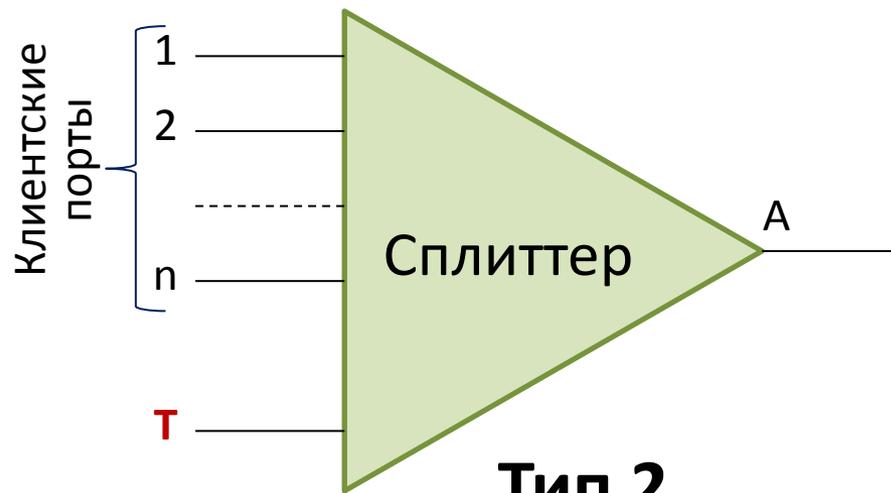
Приняты следующие обозначения компонентов непосредственно PON и граничащих с этой сетью:

- SN/BNN (Service Node/Border Network Node) – узел предоставления услуг, или граничный сетевой узел;
- OLT (Optical Line Terminal) – оптический линейный терминал;
- ONU (Optical Network Unit) – оптический сетевой блок;
- SNI (Service Node Interface) – интерфейс узла предоставления услуг;
- UNI (User-Network Interface) – интерфейс пользователь-сеть;
- ODN (Optical Distribution Network) – оптическая распределительная сеть;
- S (Splitter) – сплиттер, или разветвитель;
- x (x-point) – точка x.





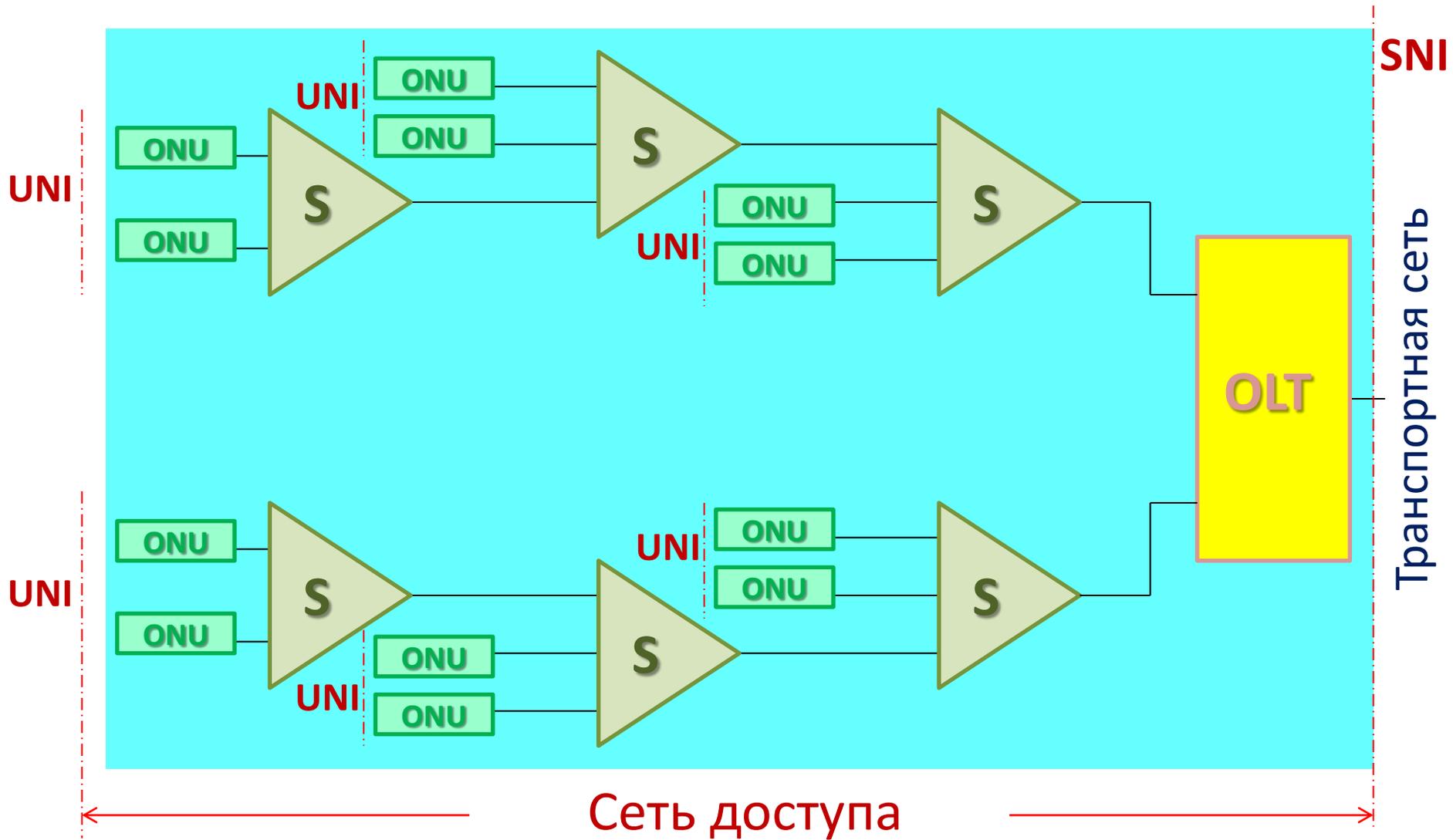
Тип 1



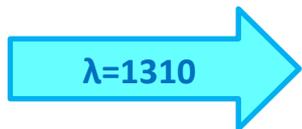
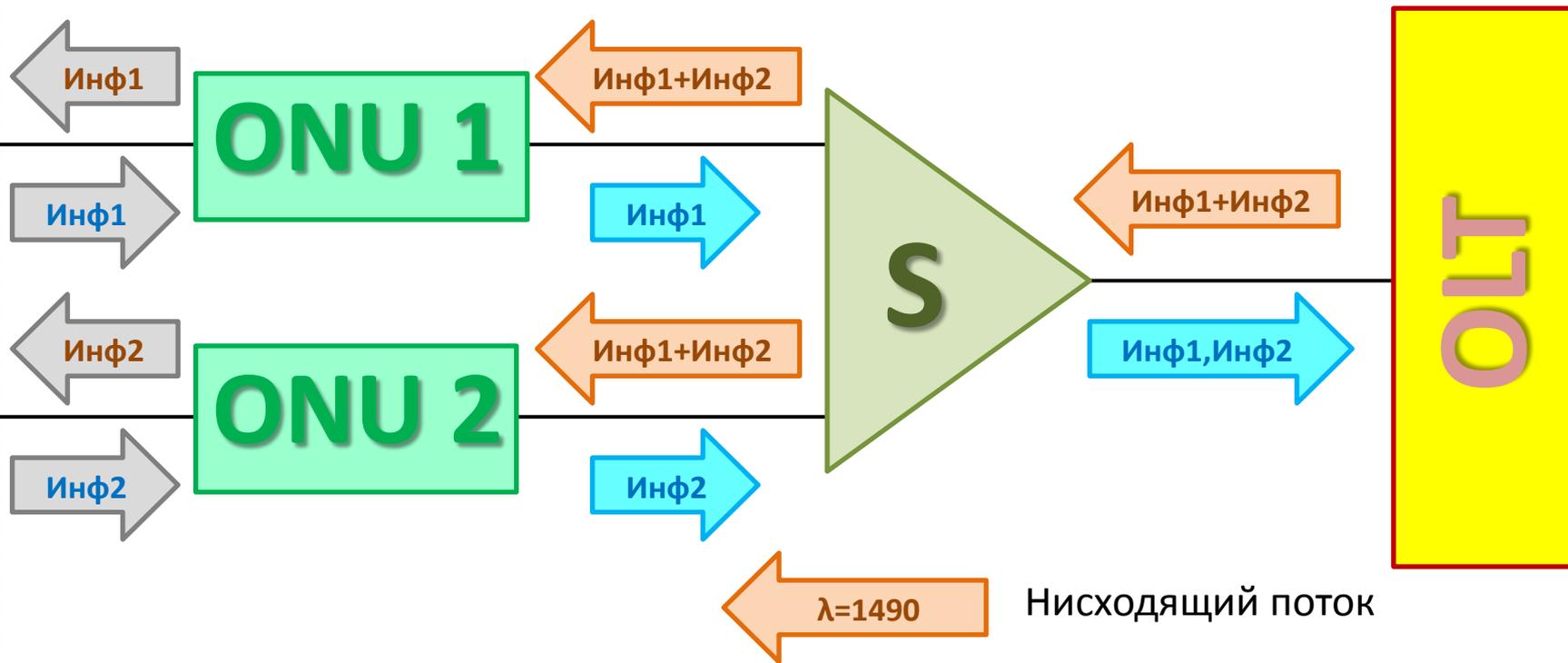
Тип 2

А – агрегатный порт

Т – транзитный порт



UNI

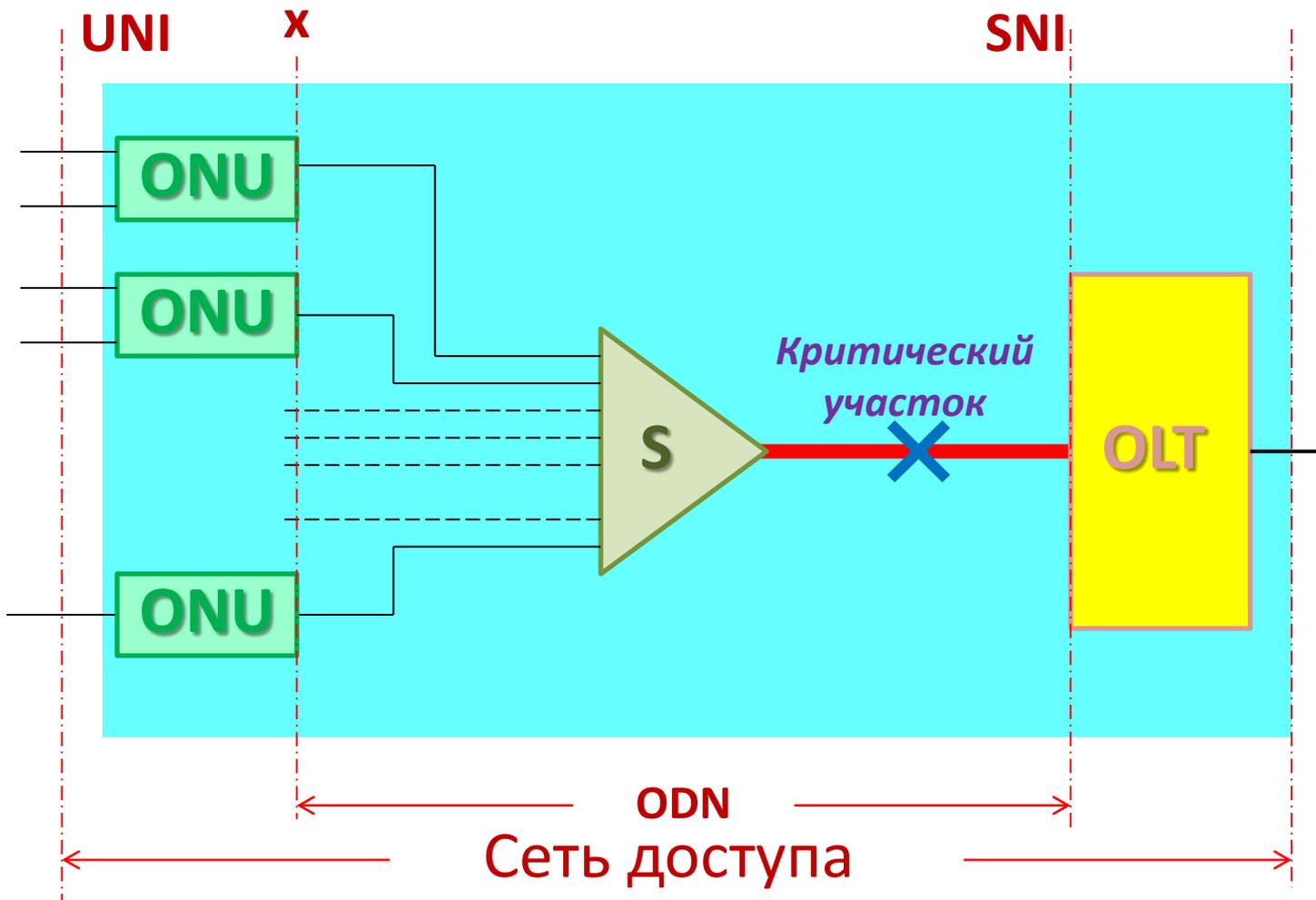


Восходящий поток

TDMA (Time Division Multiple Access)

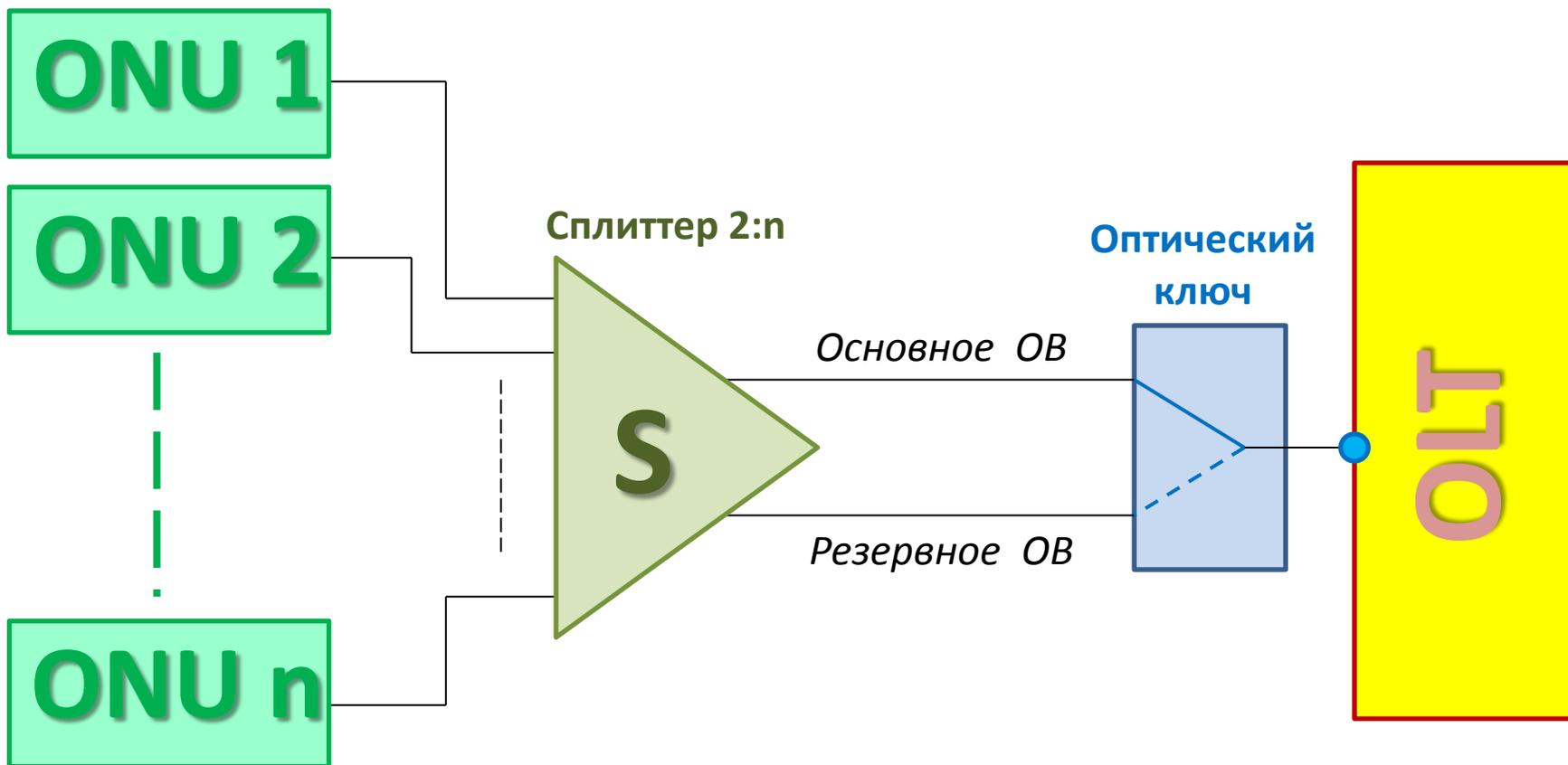
множественный доступ с временным разделением

Оборудование пользователей



Транспортная сеть

UNI



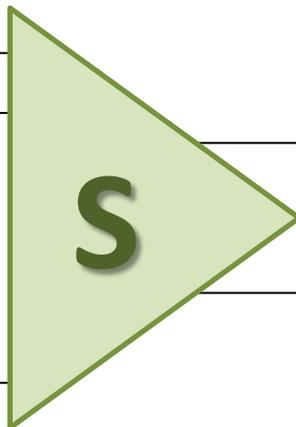
UNI

ONU 1

ONU 2

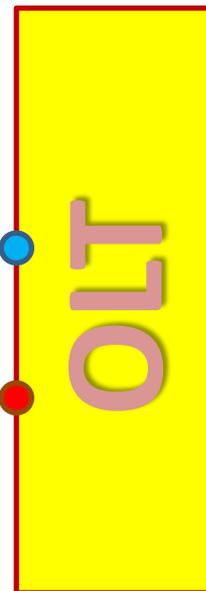
ONU n

Сплиттер 2:n



Основной порт

Резервный порт



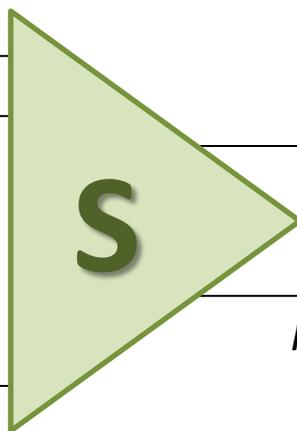
UNI

ONU 1

ONU 2

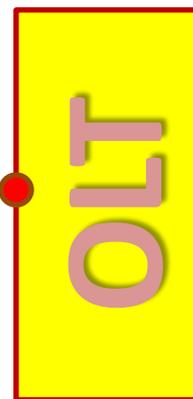
ONU n

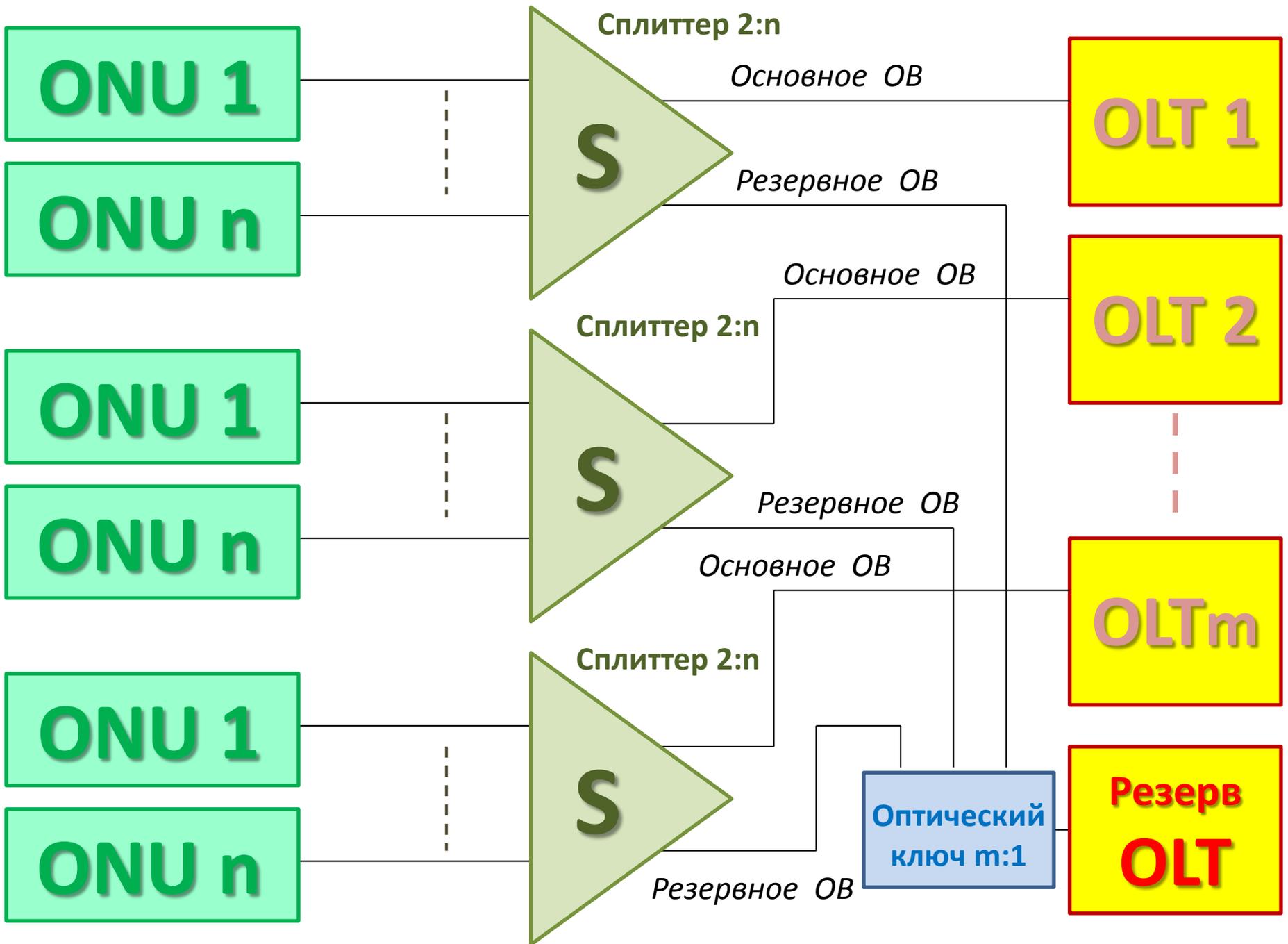
Сплиттер 2:n

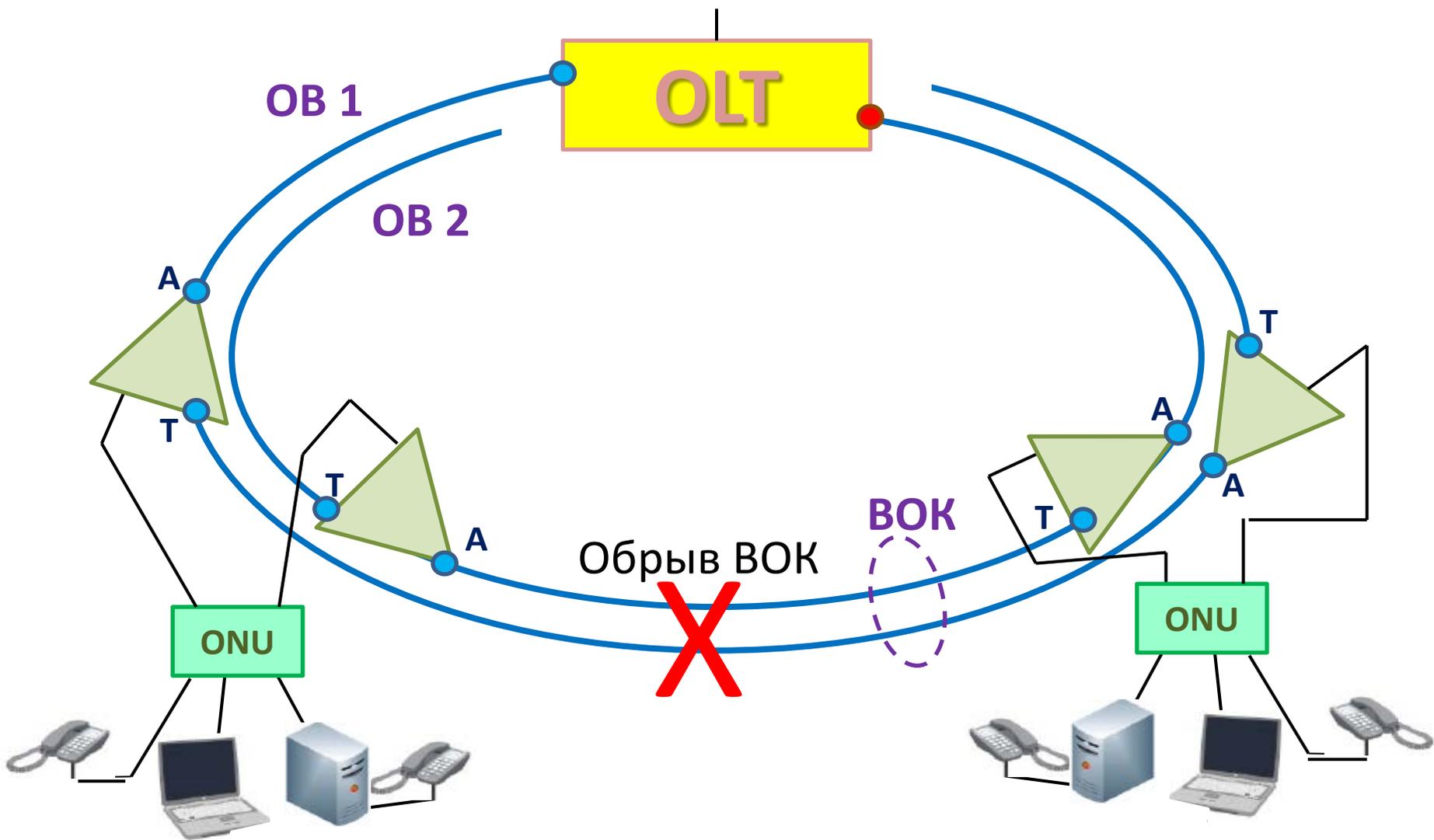


Основное ОВ

Резервное ОВ







Какая полоса пропускания будет нужна в будущем?

Bundled Service Bandwidth Requirements - Tomorrow



Service	Bandwidth	Downstream	Upstream
2 x HDTV (MPEG4)	2 x 8 Mbps	16.0	0.1
2 x SDTV	2 x 2.0 Mbps	4.0	0.1
Video/Audio on Demand	3 Mbps	3.0	0.1
Telephony	<100 Kbps	0.1	0.1
Home Office/Web Surfing	10 Mbps	10.0	5.0
	Total	33.1	5.4

- Многие докладчики говорили о необходимости полосы > 30 Мбит/с для конкурентноспособных предложений на рынке услуг широкополосной связи
 - Корея и Япония нацелены на 100 Мбит/сек

FTTC – оптическое волокно до распределительного шкафа – прокладка волокна в распределительный шкаф с подачей электроэнергии рядом с абонентом.

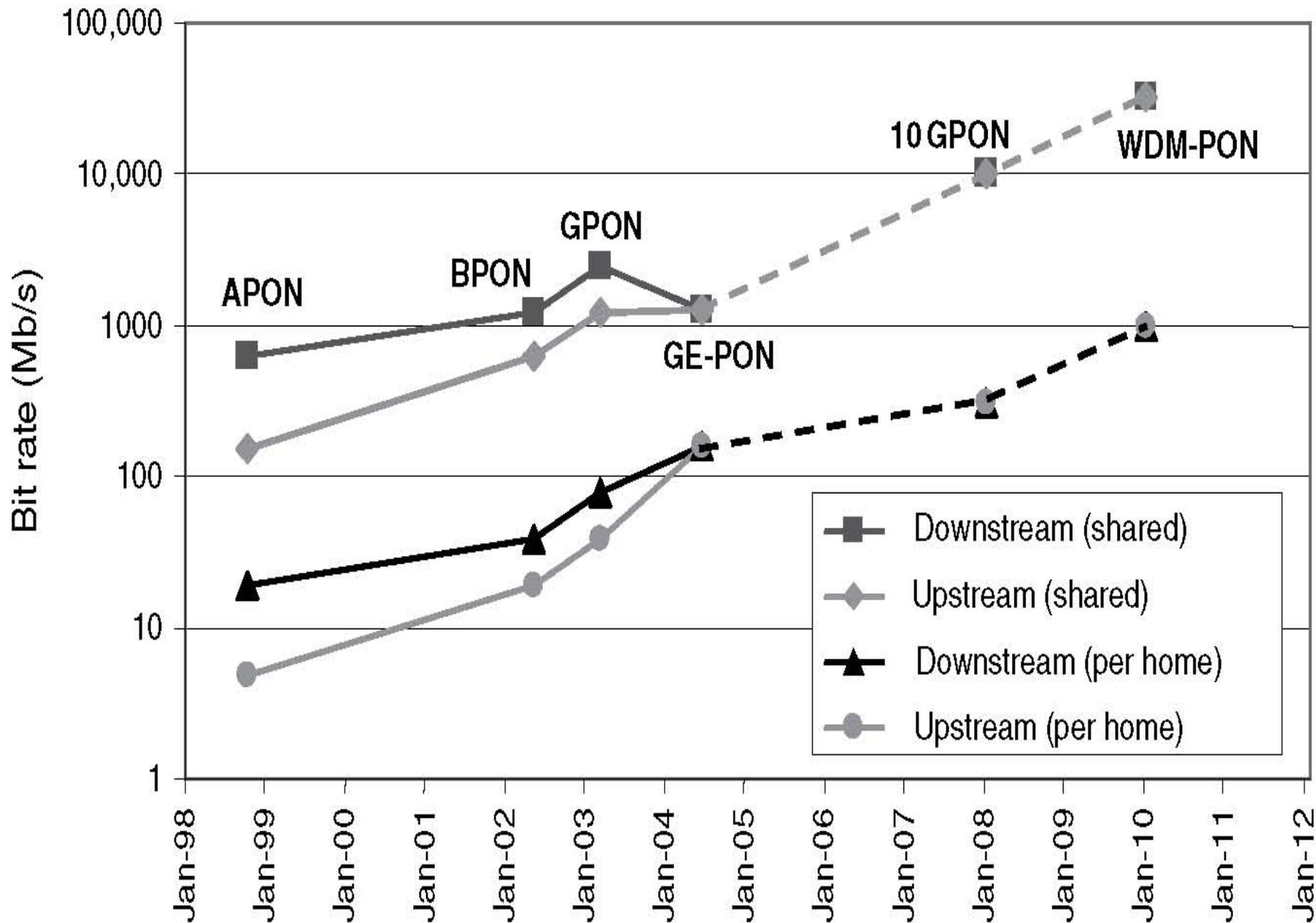
FTTH – оптическое волокно до дома – прокладка волокно полностью внутрь дома.

FTTN – оптическое волокно до узла – название AT&T технологии

FTTC с распределительным шкафом в узле, расположенном в 1 км от абонентов.

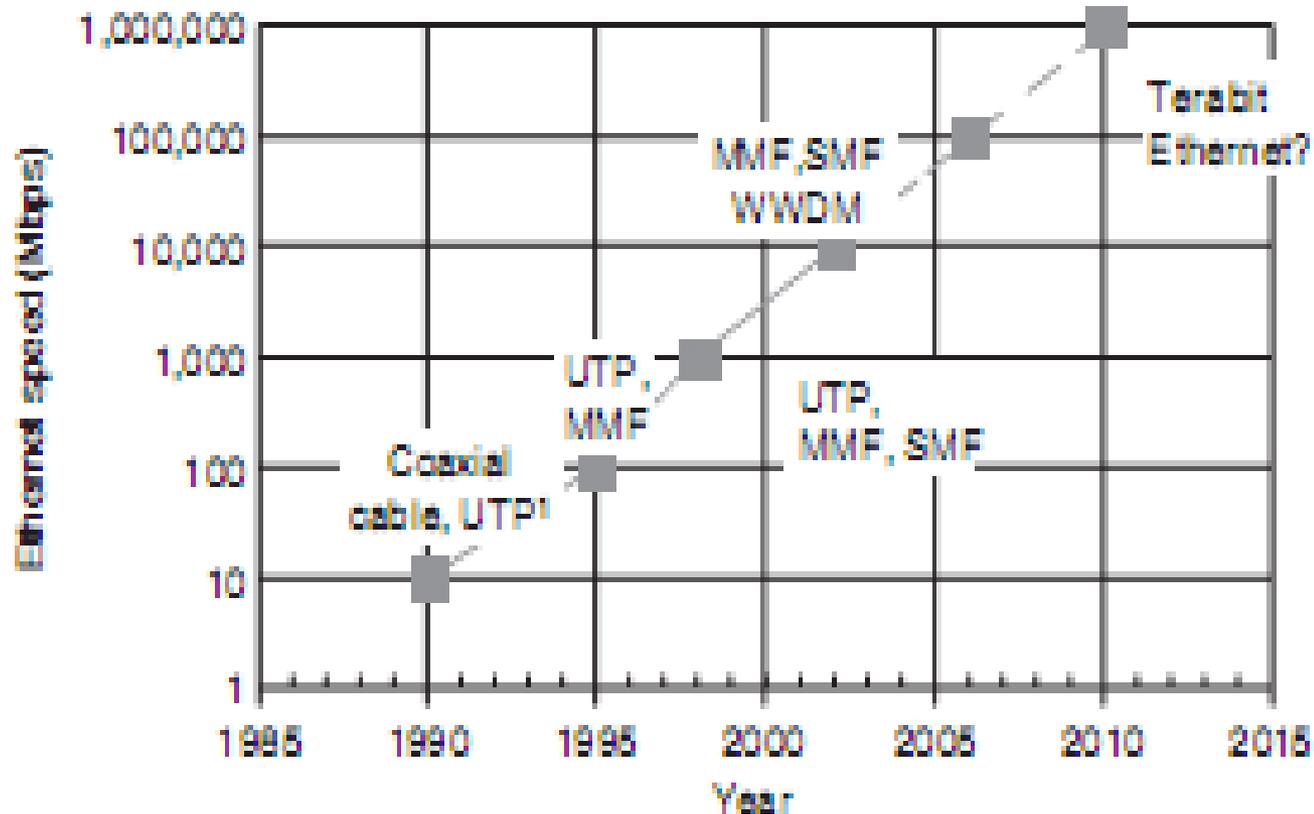
FTTP – оптическое волокно до помещения – название Verizon расширенных систем FTTH, включающих волокно в деловые центры и многоквартирные дома.

FTTx – оптическое волокно до пункта "x" – общее название основанных на волокне систем доступа, таких, как HFC, FTTC, FTTH.



Summary of different DSL technology performances

DSL type	Max Speed		Max transmission distance	Number of lines required	POTS support
	Upstream	Downstream			
ADSL (asymmetric DSL)	800 kbps	8 Mbps	18,000 ft (5500 m)	1	Yes
HDSL (high data rate DSL)	1.54 Mbps	1.54 Mbps	12,000 ft (3650 m)	2	No
IDSL (ISDN)	144 kbps	144 kbps	35,000 ft (10700 m)	1	No
MSDSL (multirate symmetric DSL)	2 Mbps	2 Mbps	29,000 ft (8800 m)	1	No
RADSL (rate adaptive DSL)	1 Mbps	7 Mbps	18,000 ft (5500 m)	1	Yes
SDSL (symmetric DSL)	2.3 Mbps	2.3 Mbps	22,000 ft (6700 m)	1	No
VDSL (very high data rate DSL)	16 Mbps	52 Mbps	4000 ft (1200 m)	1	Yes



UTP: unshielded twisted pair

MMF: multimode fiber

SMF: single-mode fiber

WWDM: wide wavelength division multiplexing

1. 10-Mb Ethernet using coaxial cables was developed in the 1980s. Ethernet becomes very popular after 10BASE-T was invented in 1990.

Figure 1.1 Development trend of Ethernet technologies.

Bandwidth requirements for different IP services

Application	Bandwidth	QoS
Video (SDTV)	3.5 Mbps	Low loss, low jitter, constant bit rate
Video (HDTV)	15 Mbps	Same as above
Telecommuting	10 Mbps	Best effort, bursty
Video gaming	10 Mbps	Low loss, low jitter, bursty
Voice	64 kbps	Low loss, low latency, constant bit rate
Peer-to-peer downloading	100 kbps–100 Mbps	Best effort

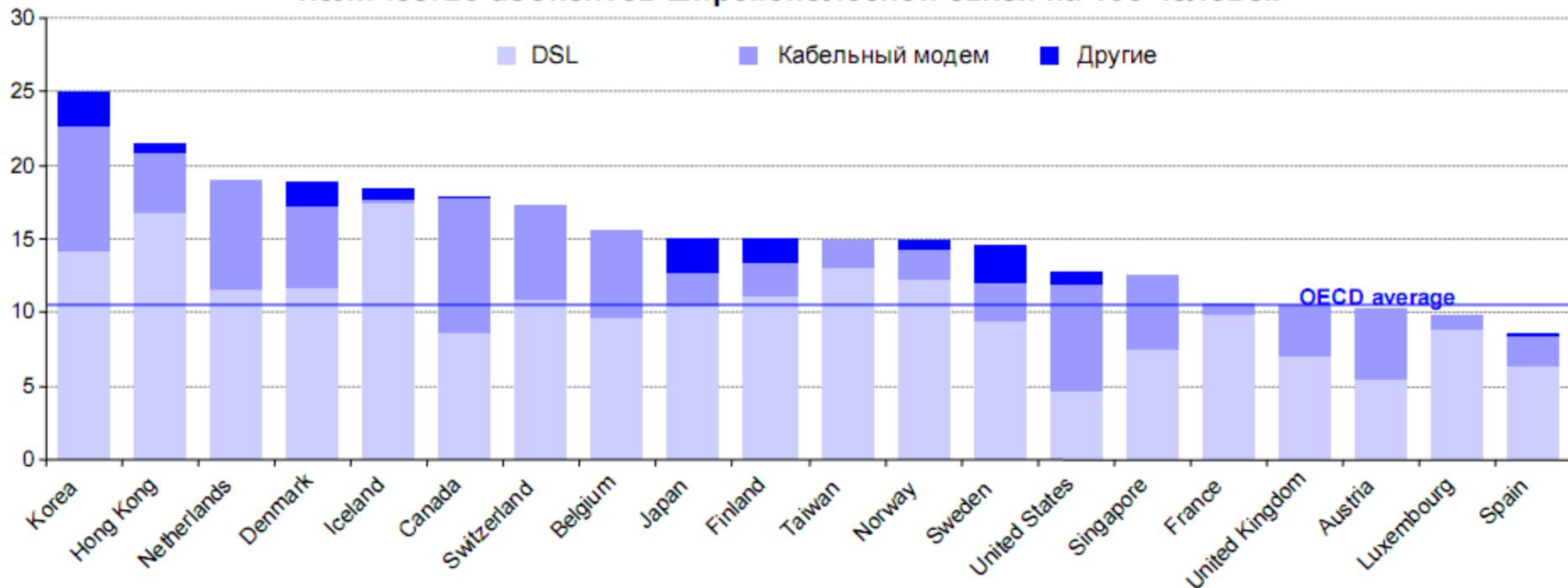
ПРИЛОЖЕНИЕ	ТРЕБУЕМАЯ ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ, Мбит/с	МАКСИМАЛЬНО НЕОБХОДИМАЯ ПОЛОСА, Мбит/с
Голос (на канал) VoIP	0,064	0,3(несколько линий)
Интернет	3-5	10 (2ПК)
SDTV (MPEG-2)	4	8 (2ТВ)
SDTV (MPEG-4)	2	4 (2ТВ)
HDTV (MPEG-2)	20	40 (2ТВ)
HDTV (MPEG-4)	9	20 (2ТВ)
ИТОГО		10-20 (SDTV) 25-50 (HDTV)

ПАРАМЕТР	ADSL	ADSL2+	VDSL	VDSL2
СКОРОСТЬ(НИ СХОДЯЩИЙ/В ОСХОДЯЩИЙ ПОТОКИ),Мбит /с	8 1	24 1	100 50	100 100
СИММЕТРИЯ	АССИМЕТРИЧН ЫЙ	АССИММЕТРИ ЧНЫЙ	АССИММЕТРИ ЧНЫЙ	СИММЕТРИЧН ЫЙ
МАКСИМАЛЬН ОЕ РАССТОЯНИЕ(И ДЕАЛЬНАЯ МЕДНАЯ ПАРА),км	5	5	1	4,6

Проникновение широкополосной связи

Влияние государственной политики

Количество абонентов широкополосной связи на 100 человек

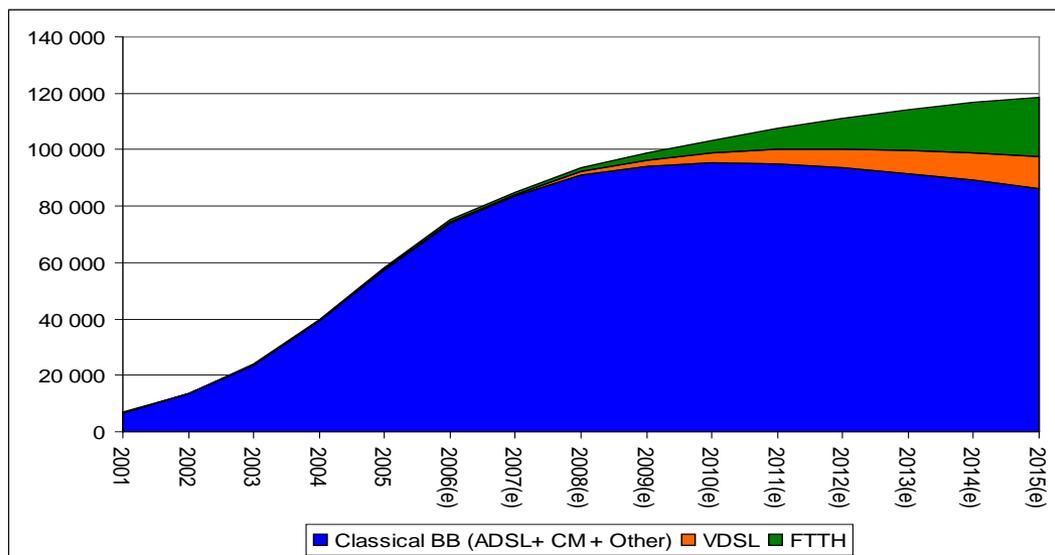


Страны, правительства которых разработали политику внедрения широкополосной связи, сейчас являются лидерами в области широкополосного доступа

Источник: OECD
DEC 2004,
Coming Analysis

Введение

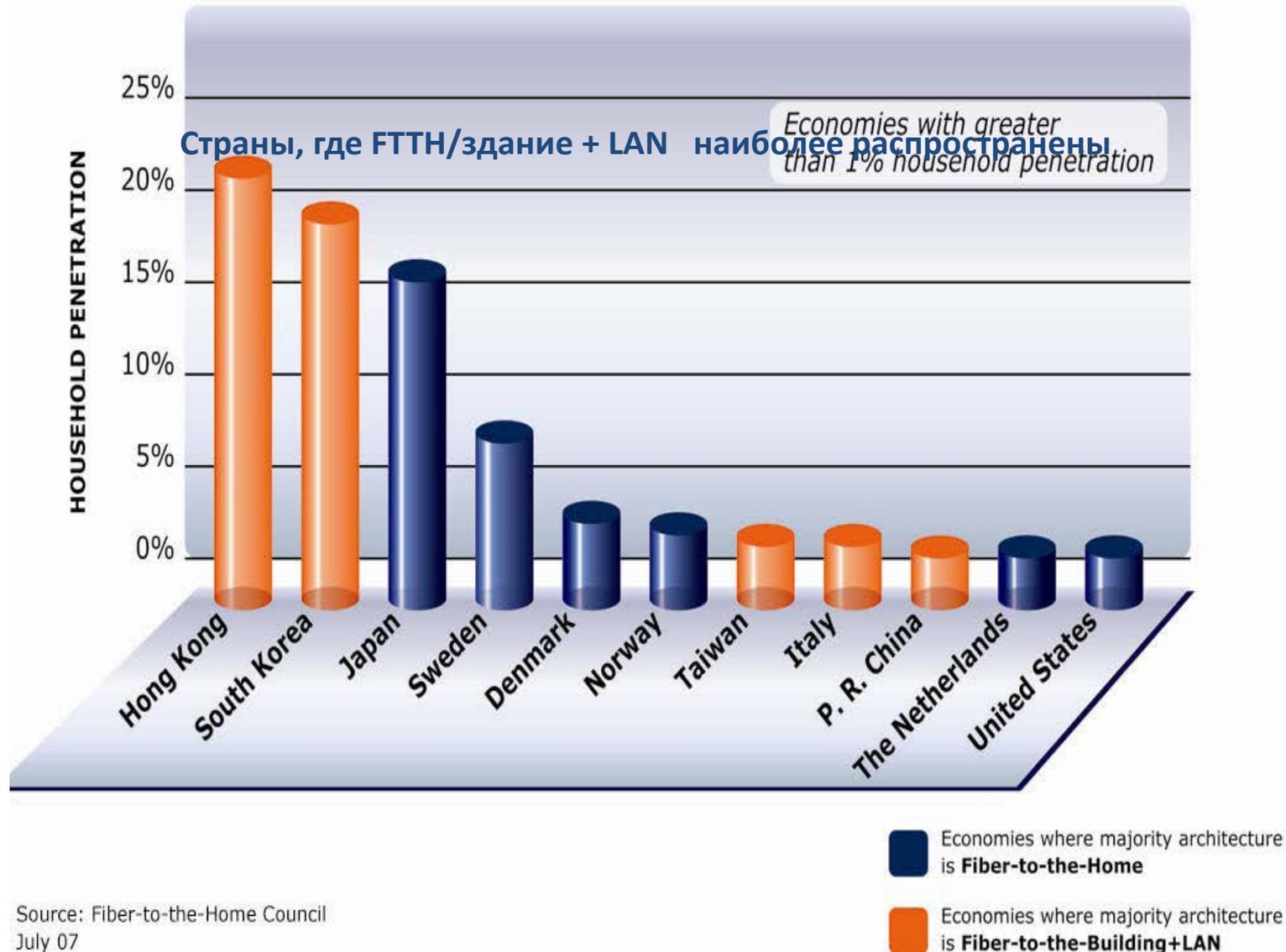
- FTTH в Европе быстро растёт
- С середины 2006 г. рынок высокоскоростных широкополосных услуг набирает обороты. 32% роста за год.
- Количество абонентов FTTH составляет 820,000, «пройдено» 2.74 миллиона домов... *
- FTTH – будет и дальше лидировать как основная высокоскоростная широкополосная технология в Европе и составит в среднем 18% от общего количества широкополосных абонентов в Европе к 2015 г. *



* Источник:

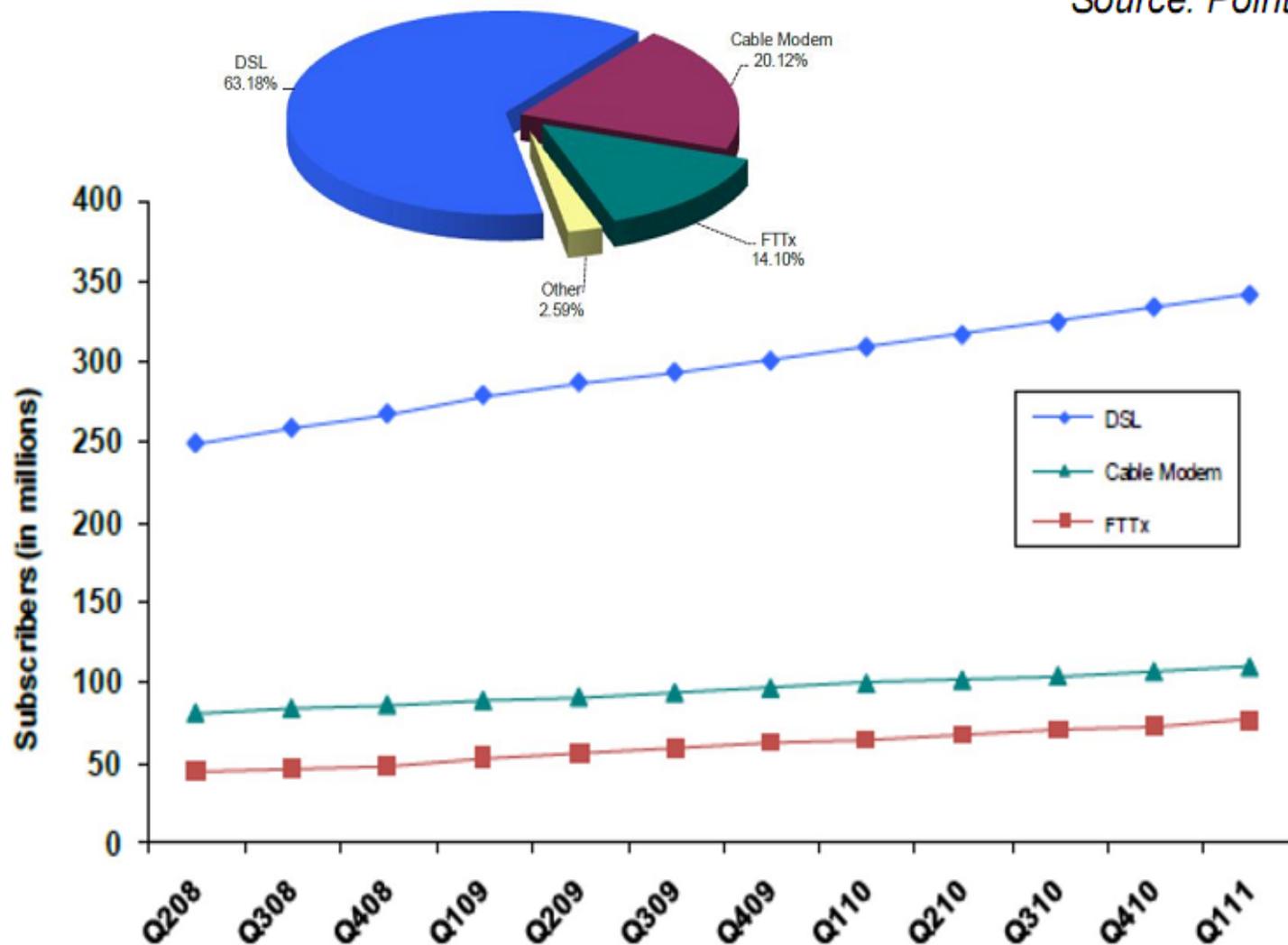
IDate for the FTTH Council
Europe Feb 2007

Economies with the Highest Penetration of Fiber-to-the-Home / Building+LAN



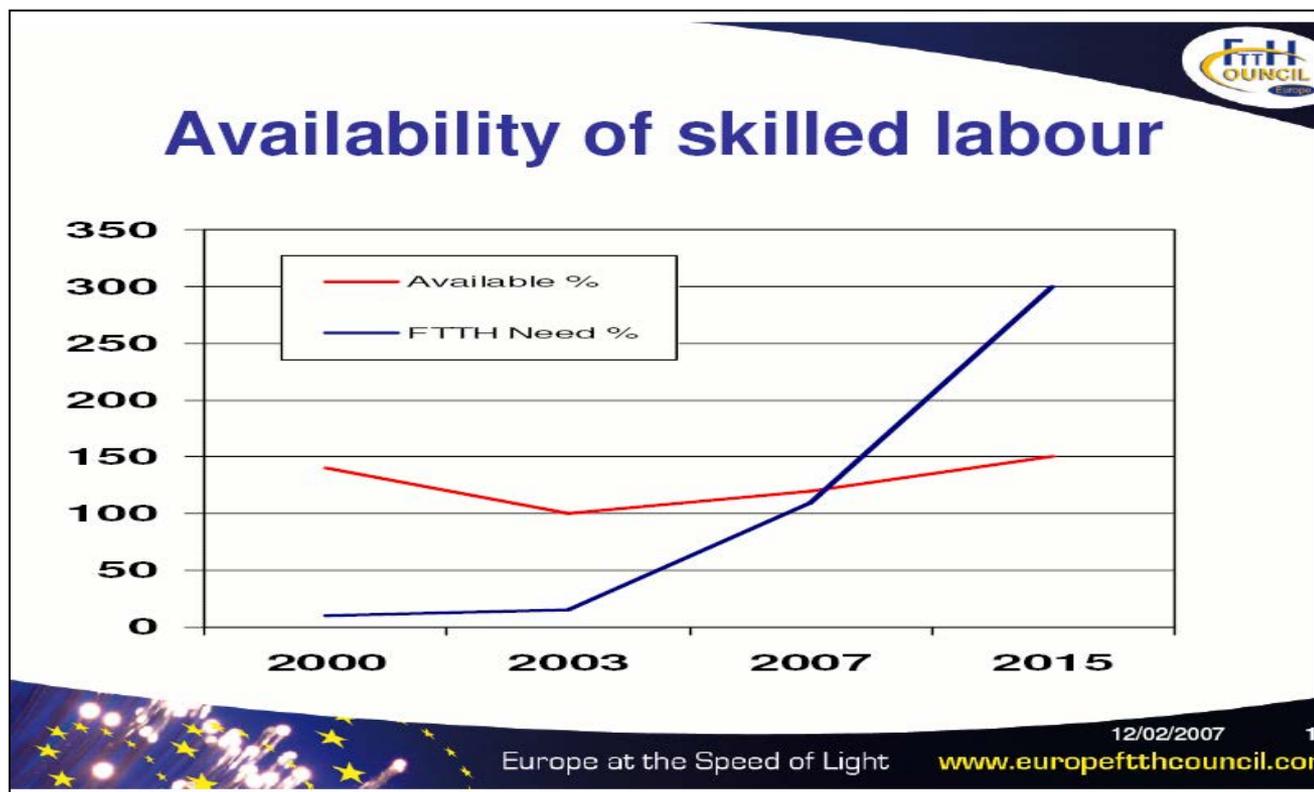
Рост пользователей широкополосной связи в мире продолжается и достигло приблизительно 540 млн

Source: Point Topic Ltd



Дефицит квалифицированной рабочей силы

На различных конференциях в Европе звучат сообщения о том, что «недостаток квалифицированной рабочей силы становится ограничивающим фактором для достижения бóльшей скорости развёртывания при строительстве средних/больших FTTH сетей»



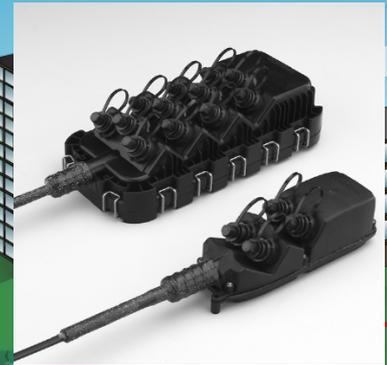
Источник:

FTTH Council Europe
Feb 2007

Пре-терминированные решения для внешних сетей FTTH



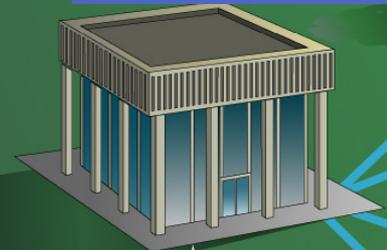
Пре-коннекторизированные шкафы и муфты



Мультипортовые терминалы



Пре-коннекторизированные абонентские кабели



Central Switch Point

Convergence Point

Feeder Cables

Distribution Cables

Drop Cables



Муфты для кабельной канализации и подземной установки

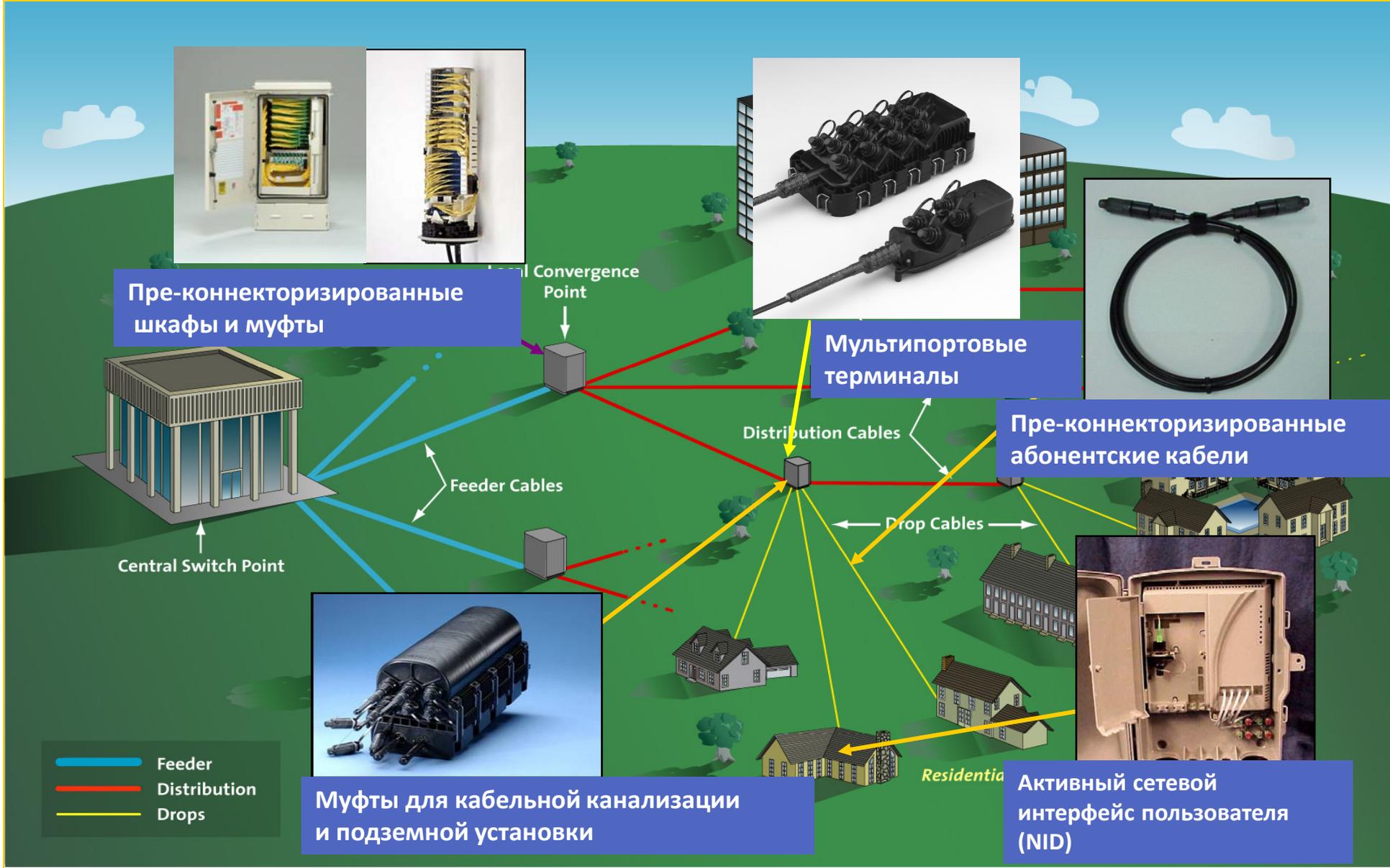


Активный сетевой интерфейс пользователя (NID)

- Feeder
- Distribution
- Drops



Residential



FTTH в многоквартирных домах

В чём сложности?

- Каждое здание – это специфические, уникальные особенности доступа, прокладки и разводки кабеля.
- Ограниченное пространство на этажах и в подвалах (на чердаках)
- Сложные конфигурации для разводки кабеля



Для многоквартирных домов приходится решать такие же задачи, как и для других объектов:

Быстрая установка позволяет

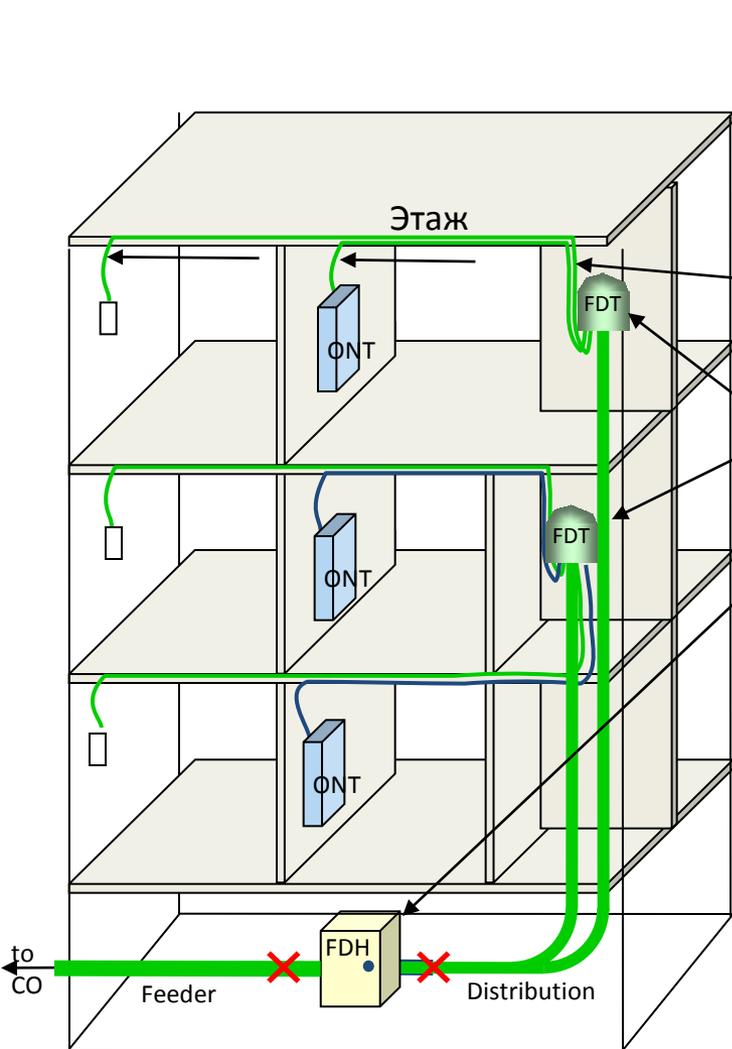
- ускорить прокладку,
- обеспечить большее число подсоединений за то же время и
- ускорить начало поступления доходов

Простота установки обеспечивает экономически эффективное решение

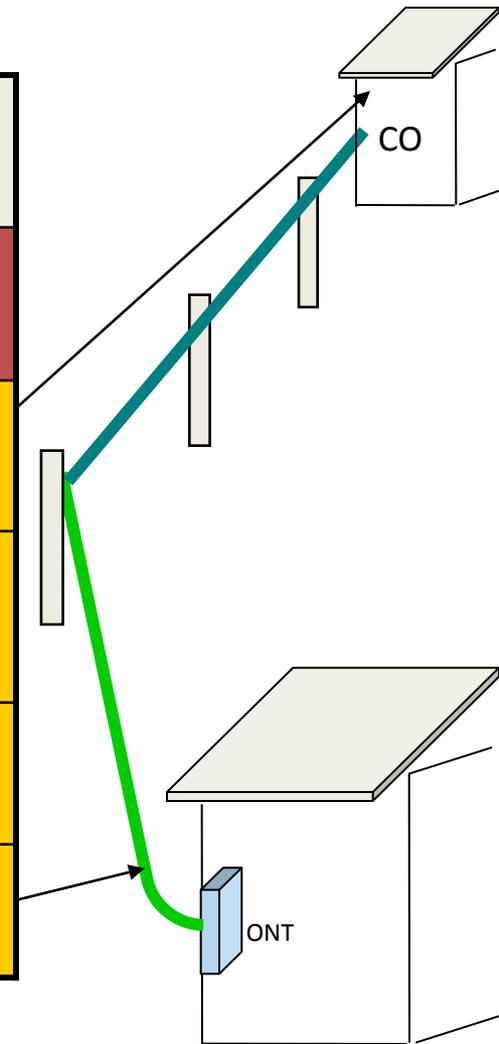
Надёжность – минимизация объёмов работ, проводимых на объекте, снижение рисков по качеству и повышение надёжности системы



Рекомендуемые зоны применения ВОЛОКОН



Зона	Волокно
Этажная прокладка	ClearCurve® ZBL
Райзер и этажная распределительная коробка (FDT)	ClearCurve® ZBL или ClearCurve® LBL
Разветвительная коробка	ClearCurve® LBL или ClearCurve® XB
Станционные патчкорды	ClearCurve® LBL или ClearCurve® XB
Абонентский кабель	ClearCurve® LBL или ClearCurve® XB



Четыре компонента локальной сети

Горизонтальная сеть

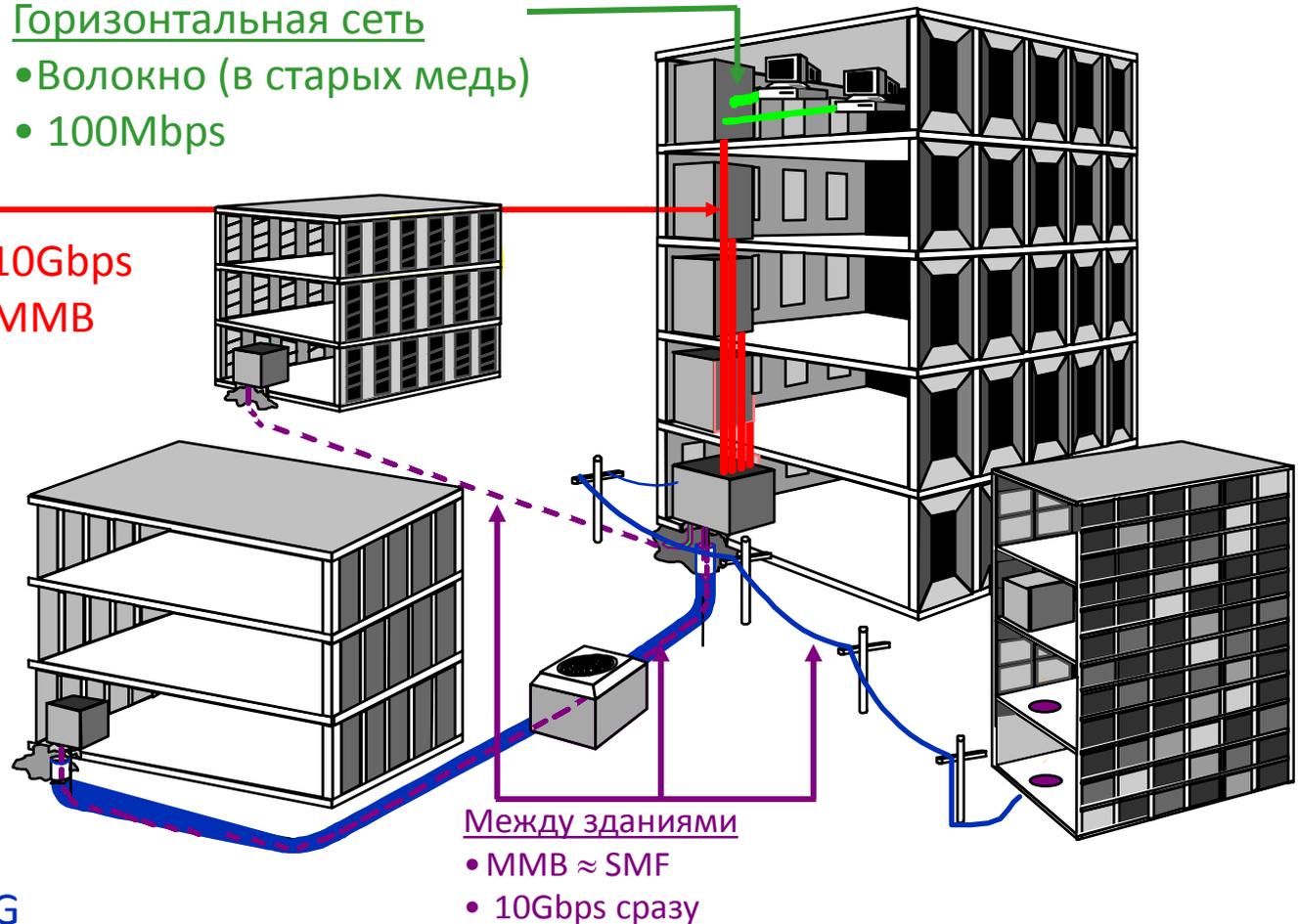
- Волокно (в старых медь)
- 100Mbps

Райзеры

- Растет доля 1Gbps/10Gbps
- Преимущественно ММВ

Центр данных

- Преимущественно ММВ
- Рост применения 10G



Топология сетей доступа

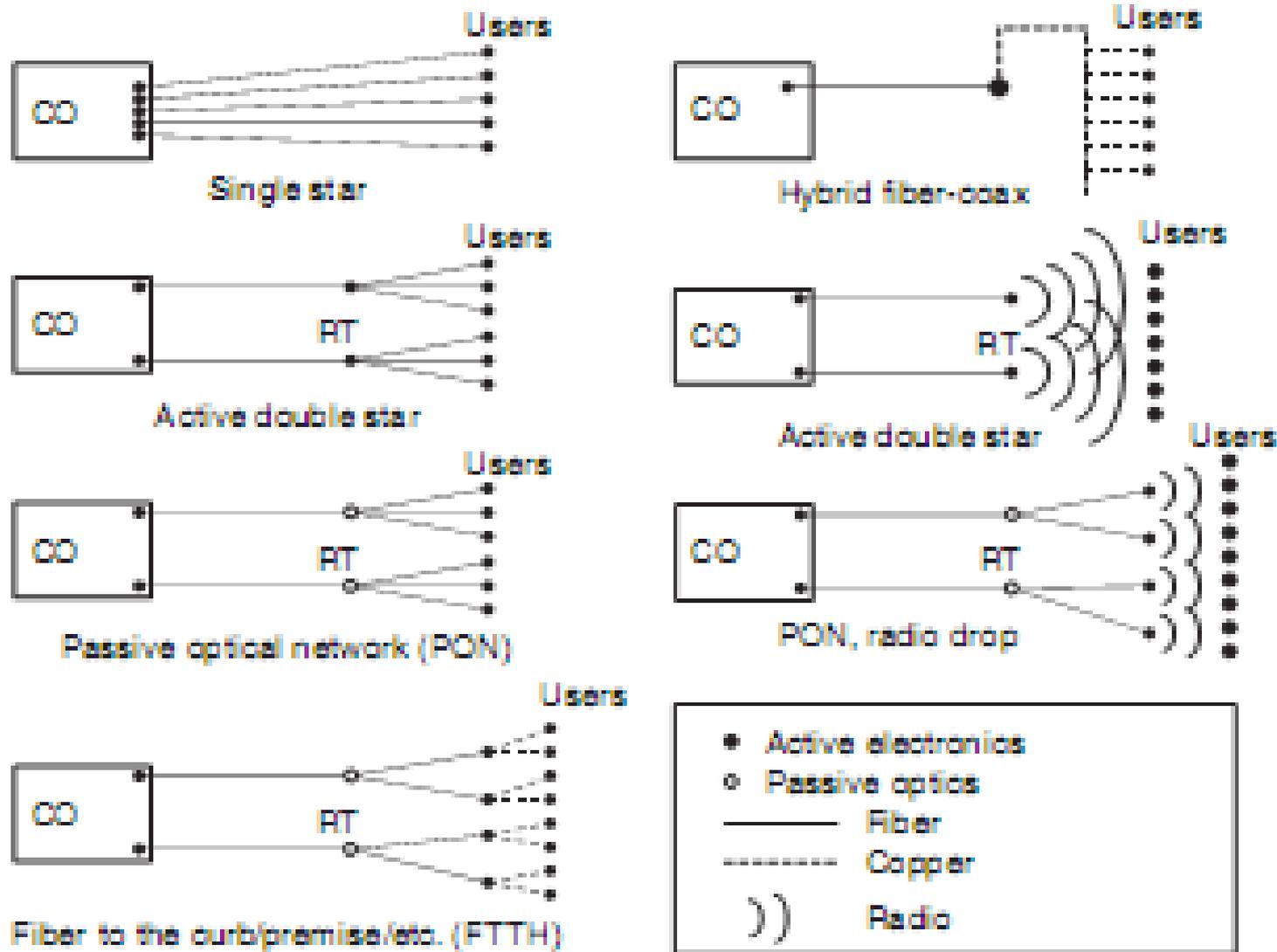
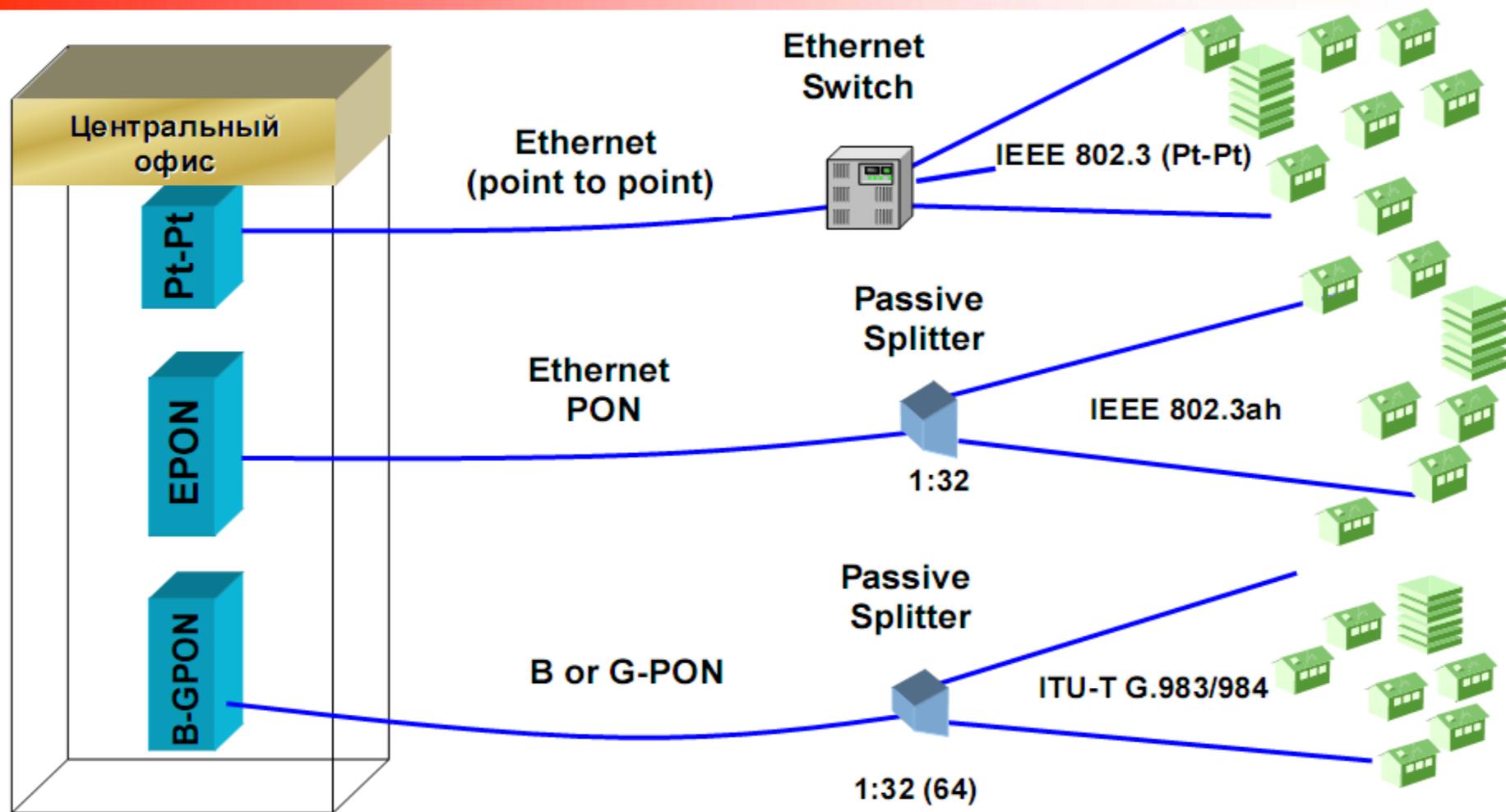
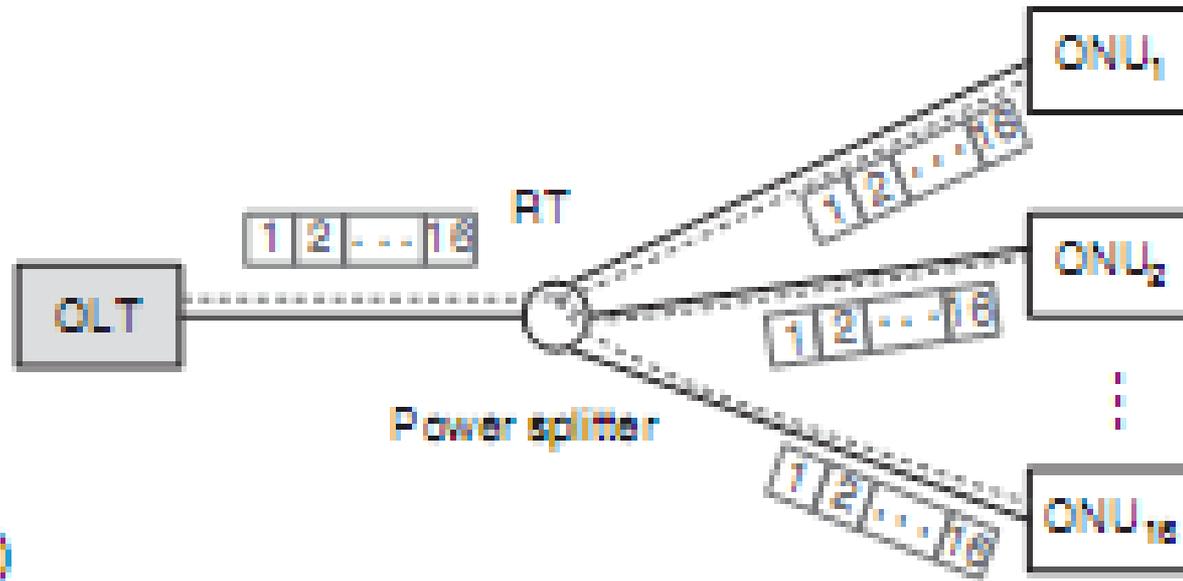


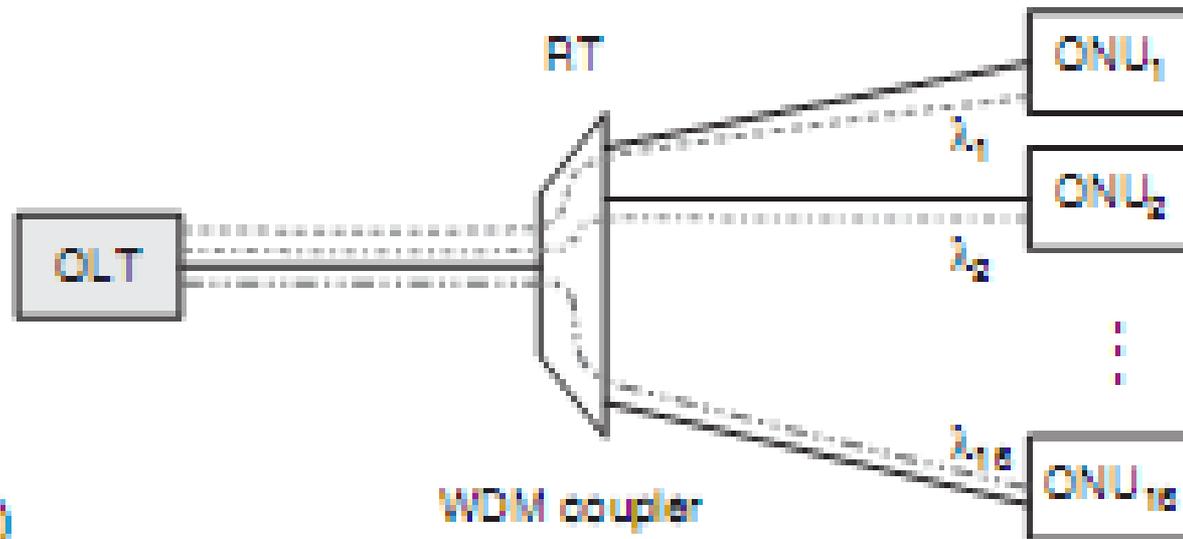
Figure 2.2 FTTx alternatives (from [1] copyright [2004] by IEEE, reprinted with permission).

Три архитектуры сетей доступа

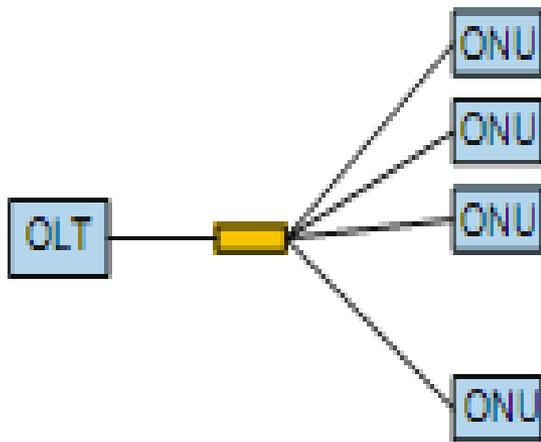




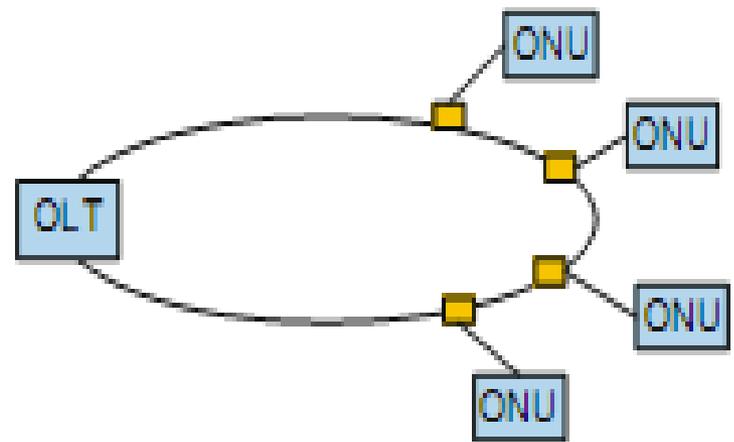
(a)



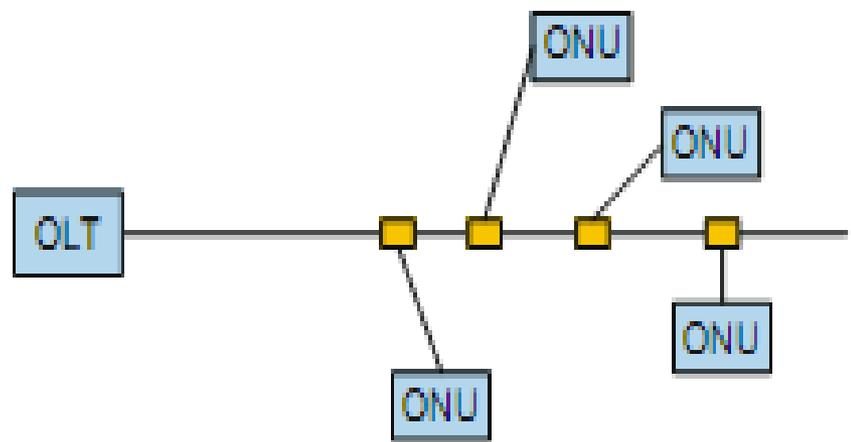
(b)



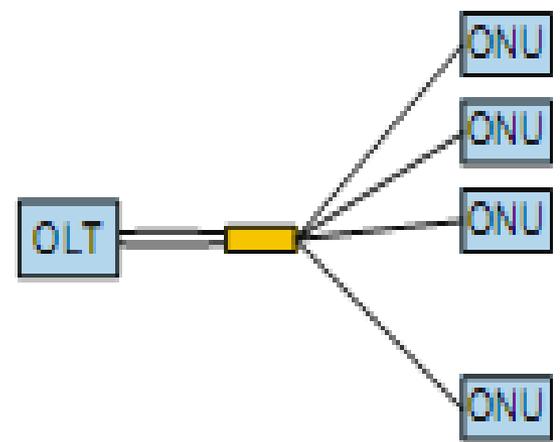
Tree topology (1:N splitter)



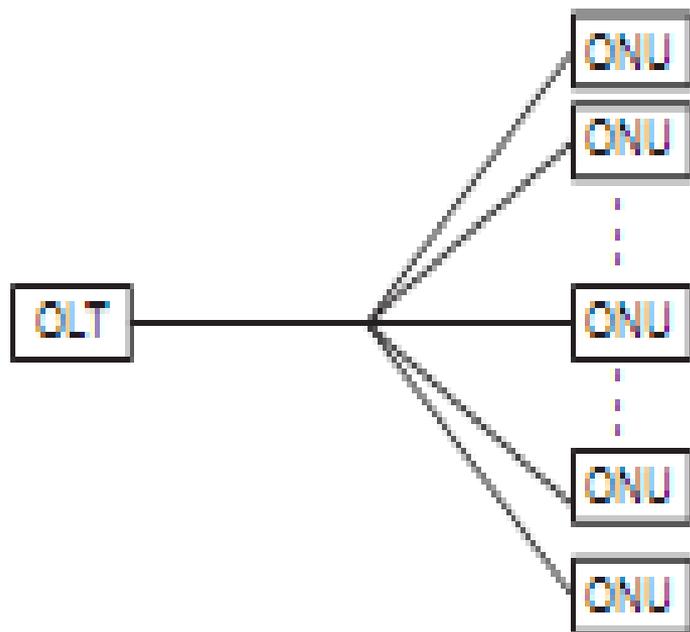
Ring Topology (2x2 tap couplers)



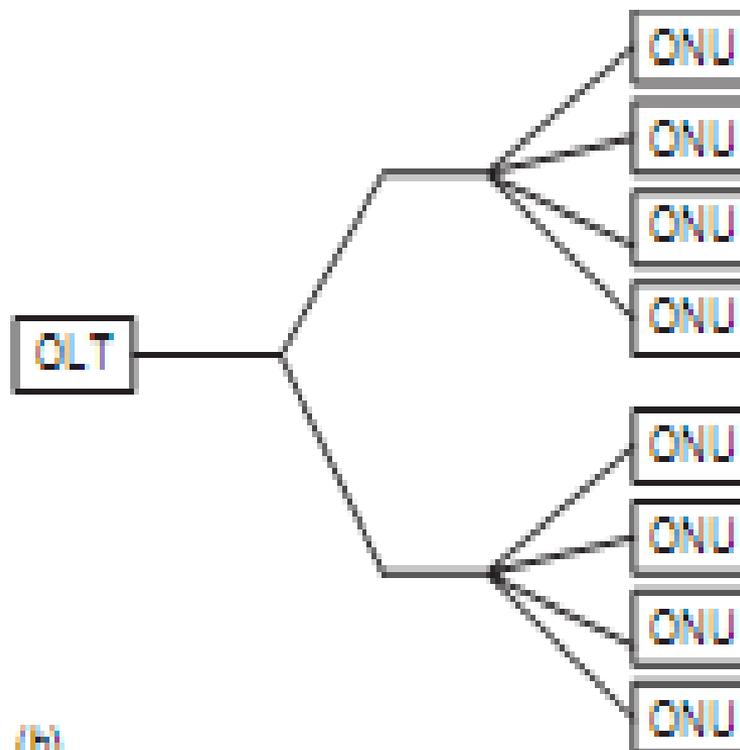
Bus topology (1:2 tap couplers)



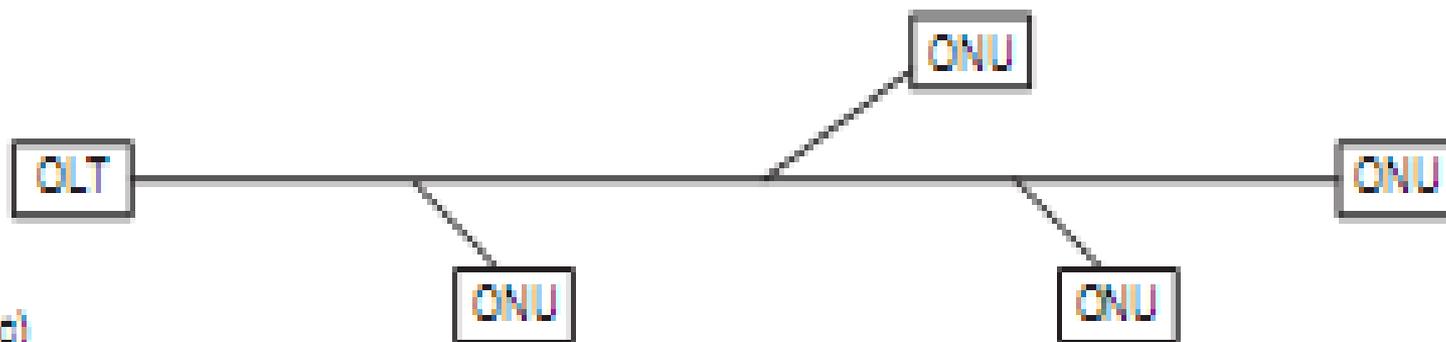
Tree with redundant trunk (2:N splitter)



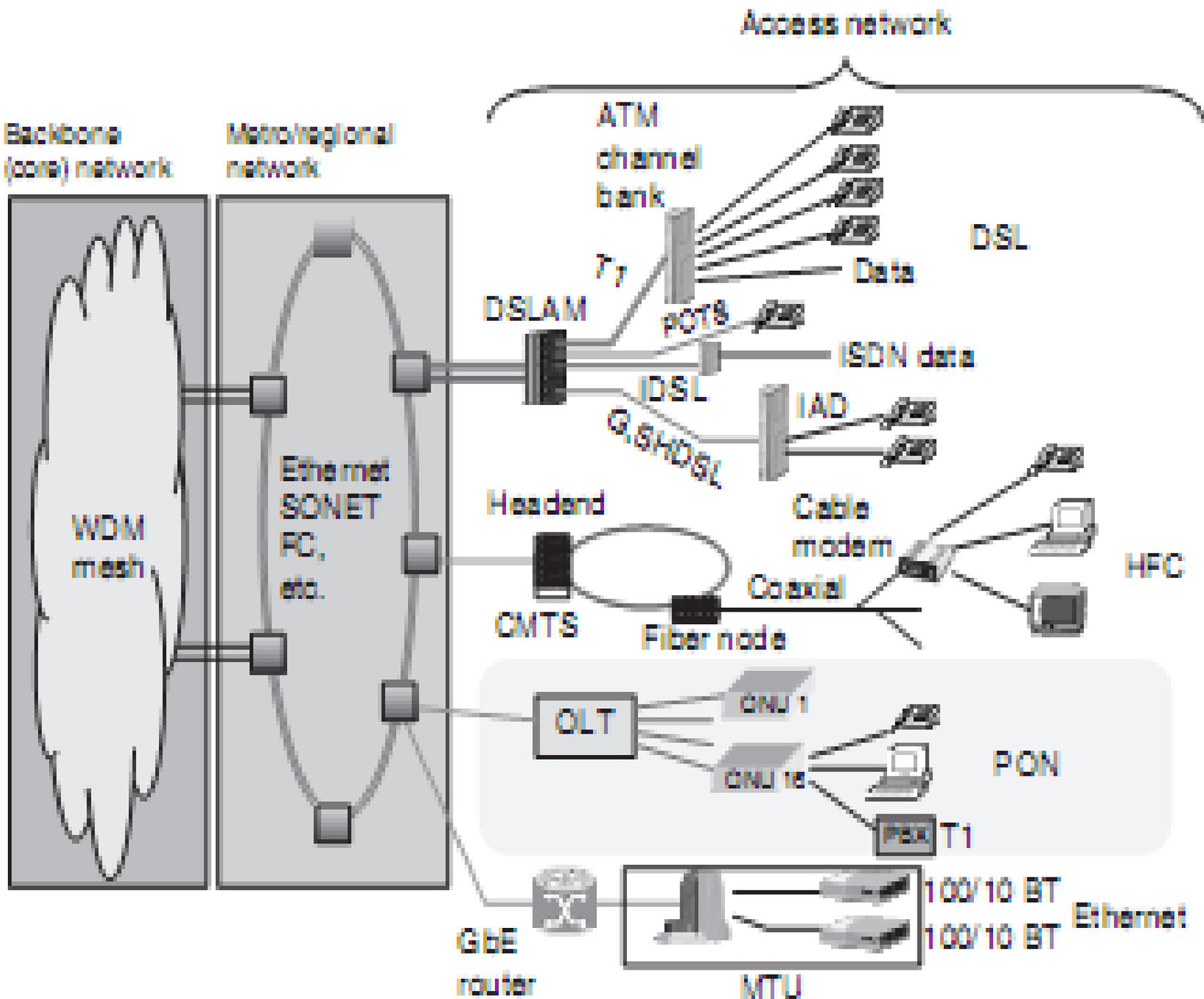
(a)

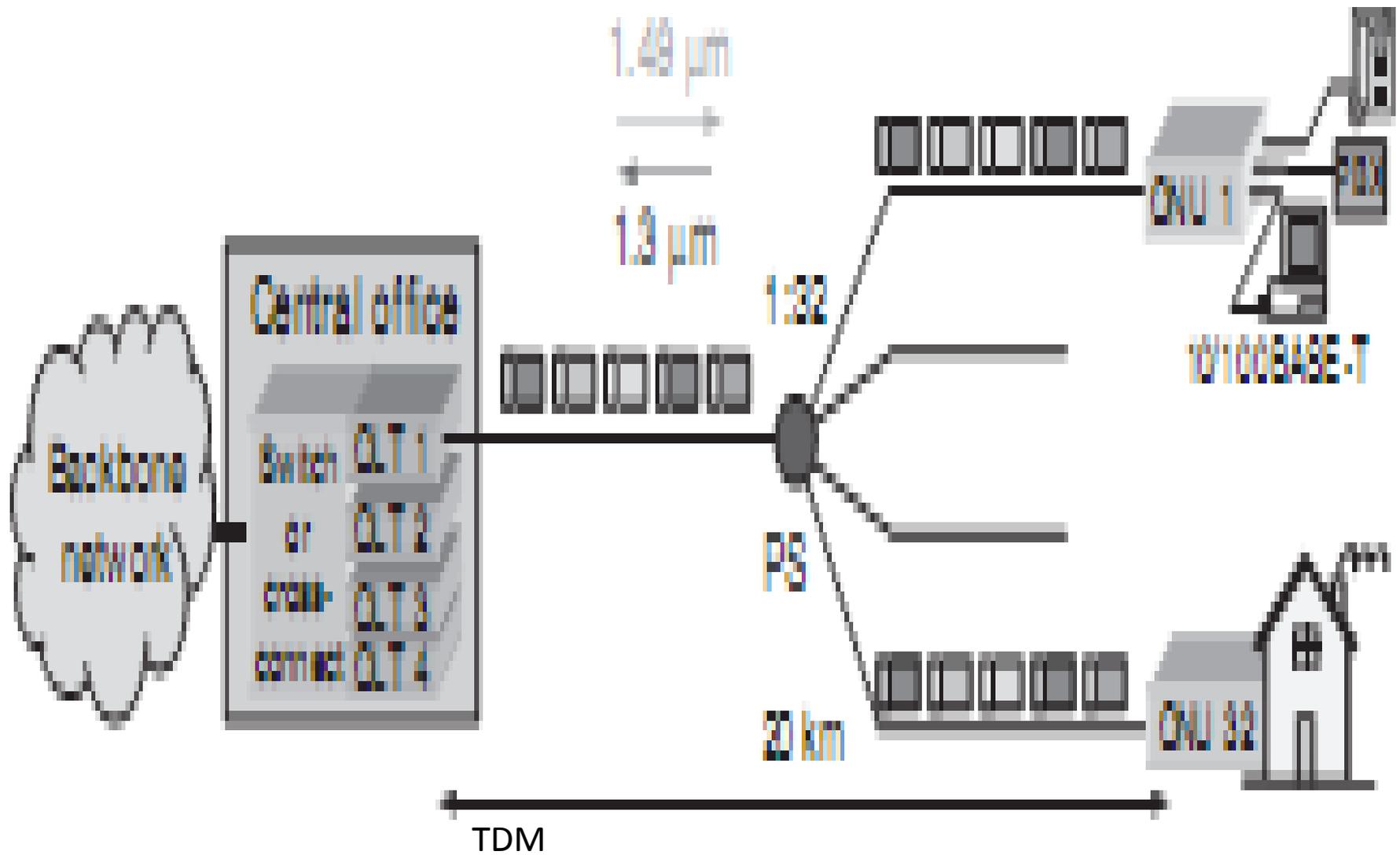


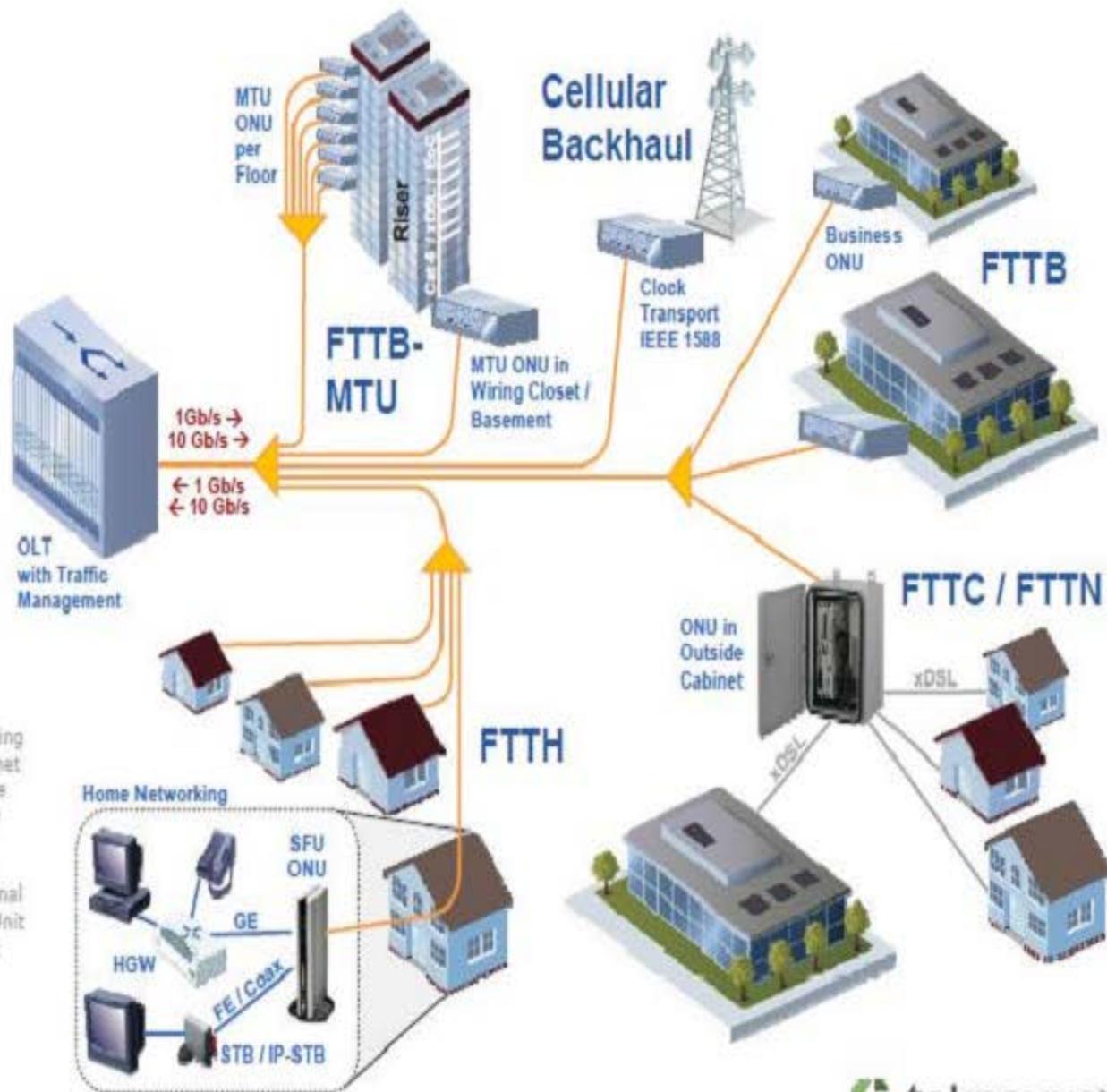
(b)



(c)

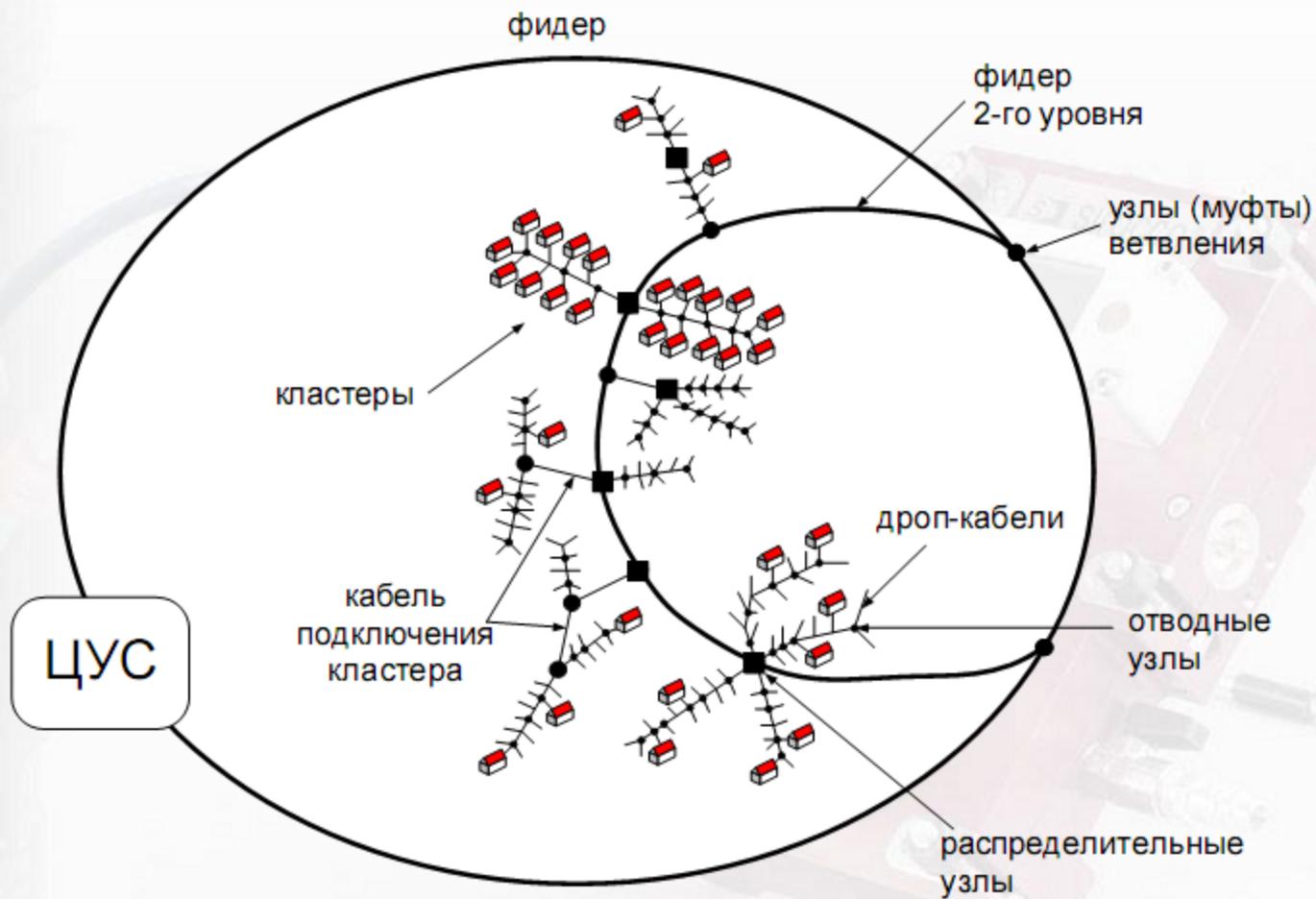




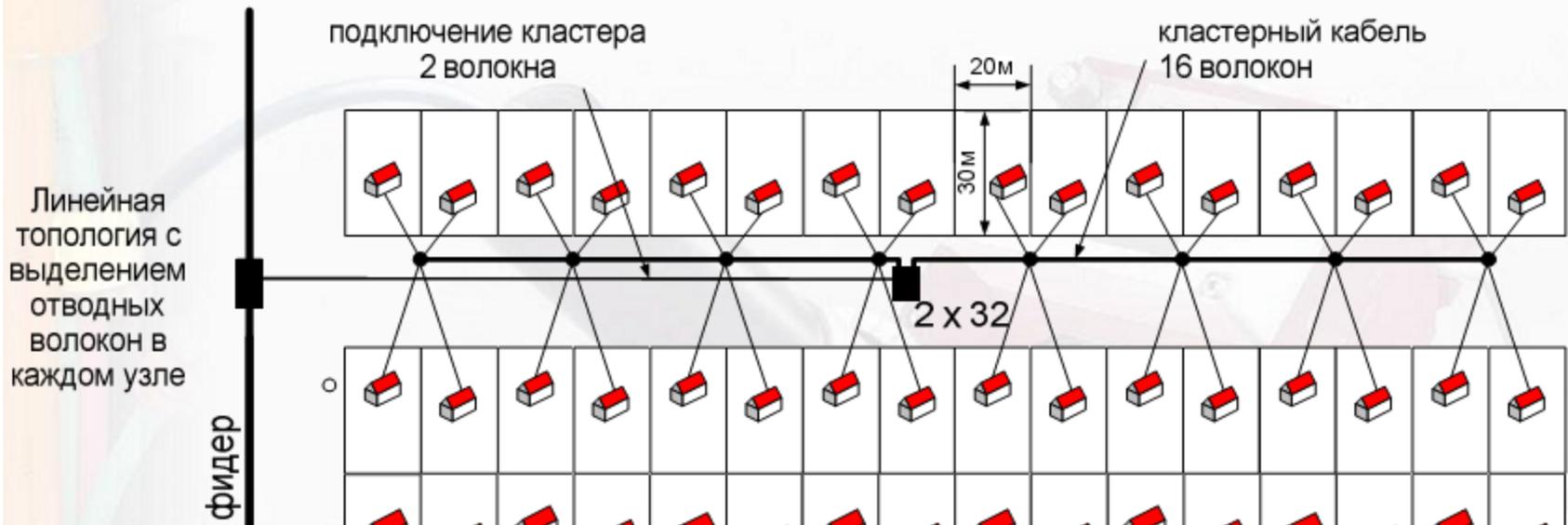


FTTB - Fiber to the Building
 FTTC - Fiber to the Cabinet
 FTTH - Fiber to the Home
 FTTN - Fiber to the Node
 HGW - Home Gateway
 MTU - Multi-Tenant Unit
 OLT - Optical Line Terminal
 ONU - Optical Network Unit
 SFU - Single-Family Unit
 STB - Set-Top Box

Топология сетей FTTH

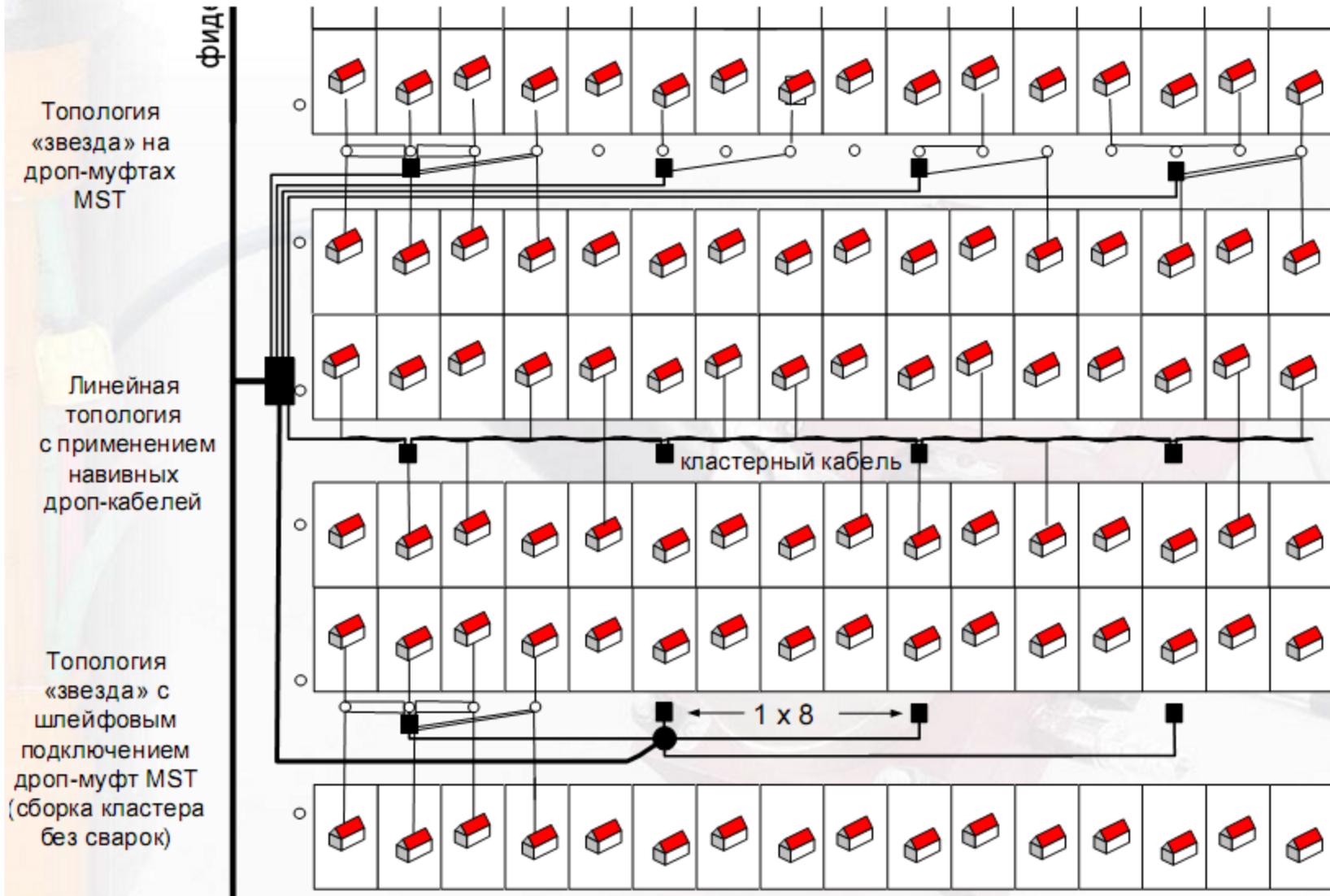


Сеть с большой плотностью дроп-узлов

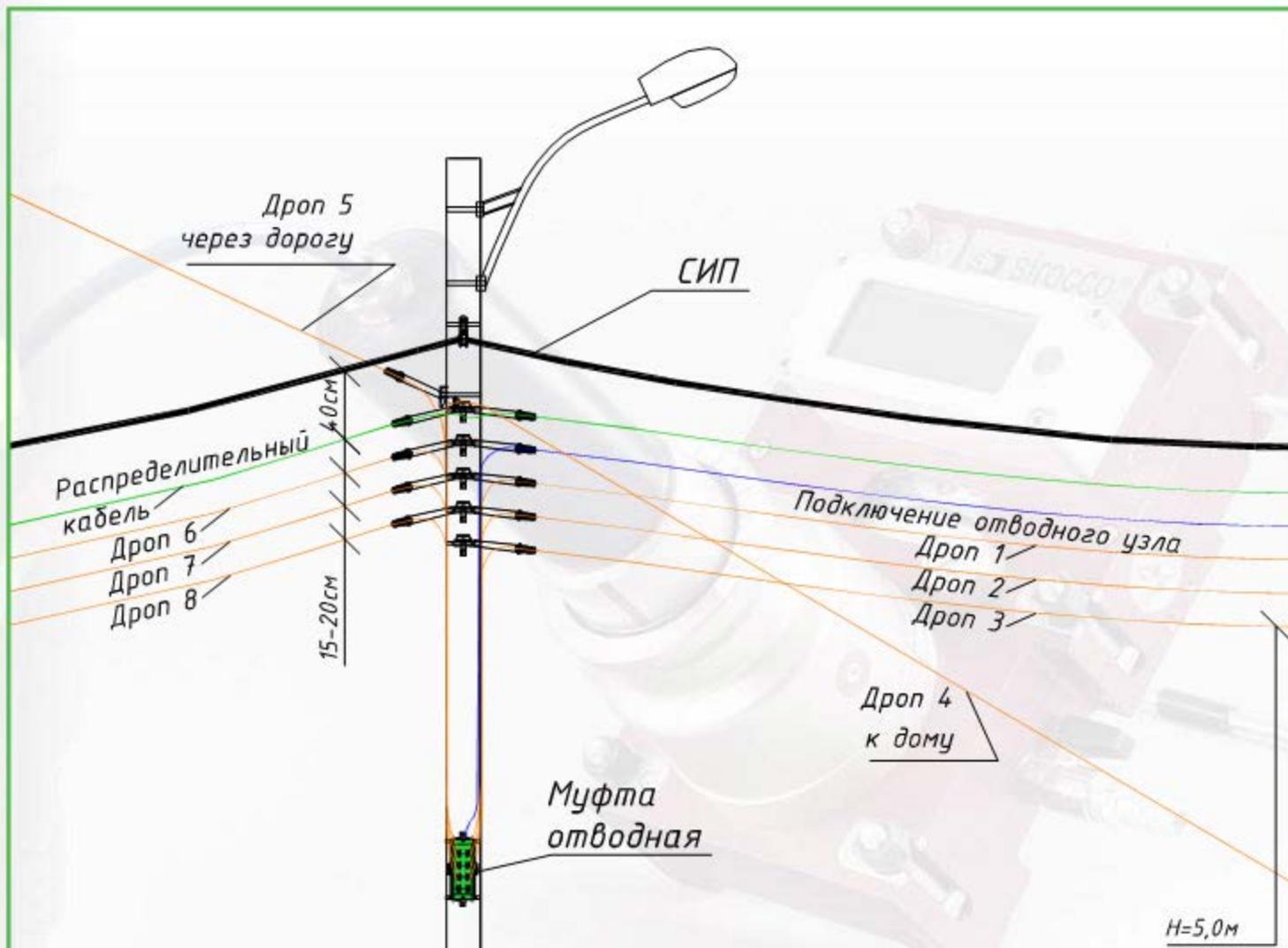


В данном примере 1 муфта на 4 дома. Много дроп-муфт, но короткие дроп-кабели

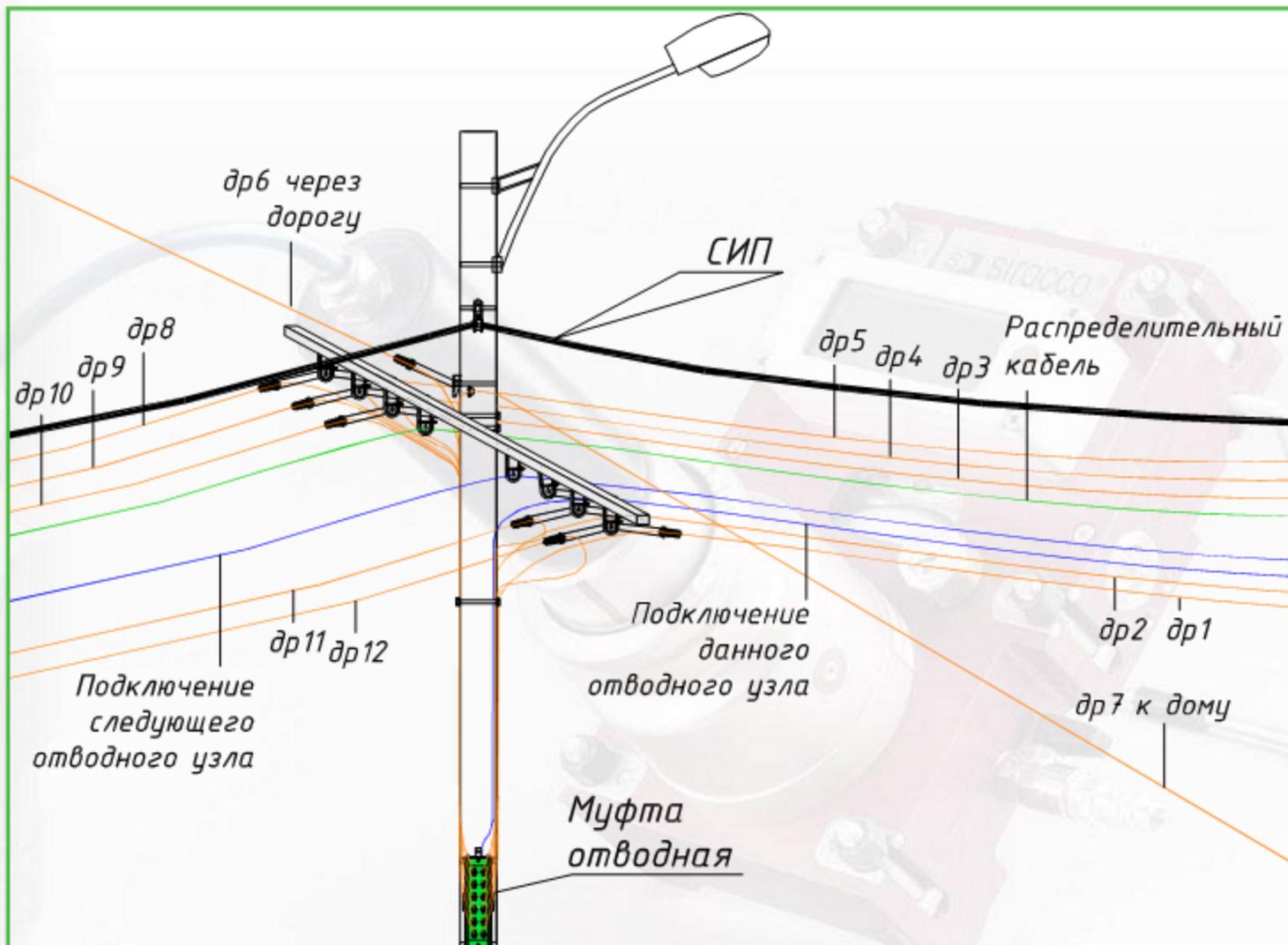
Малая плотность дроп-узлов



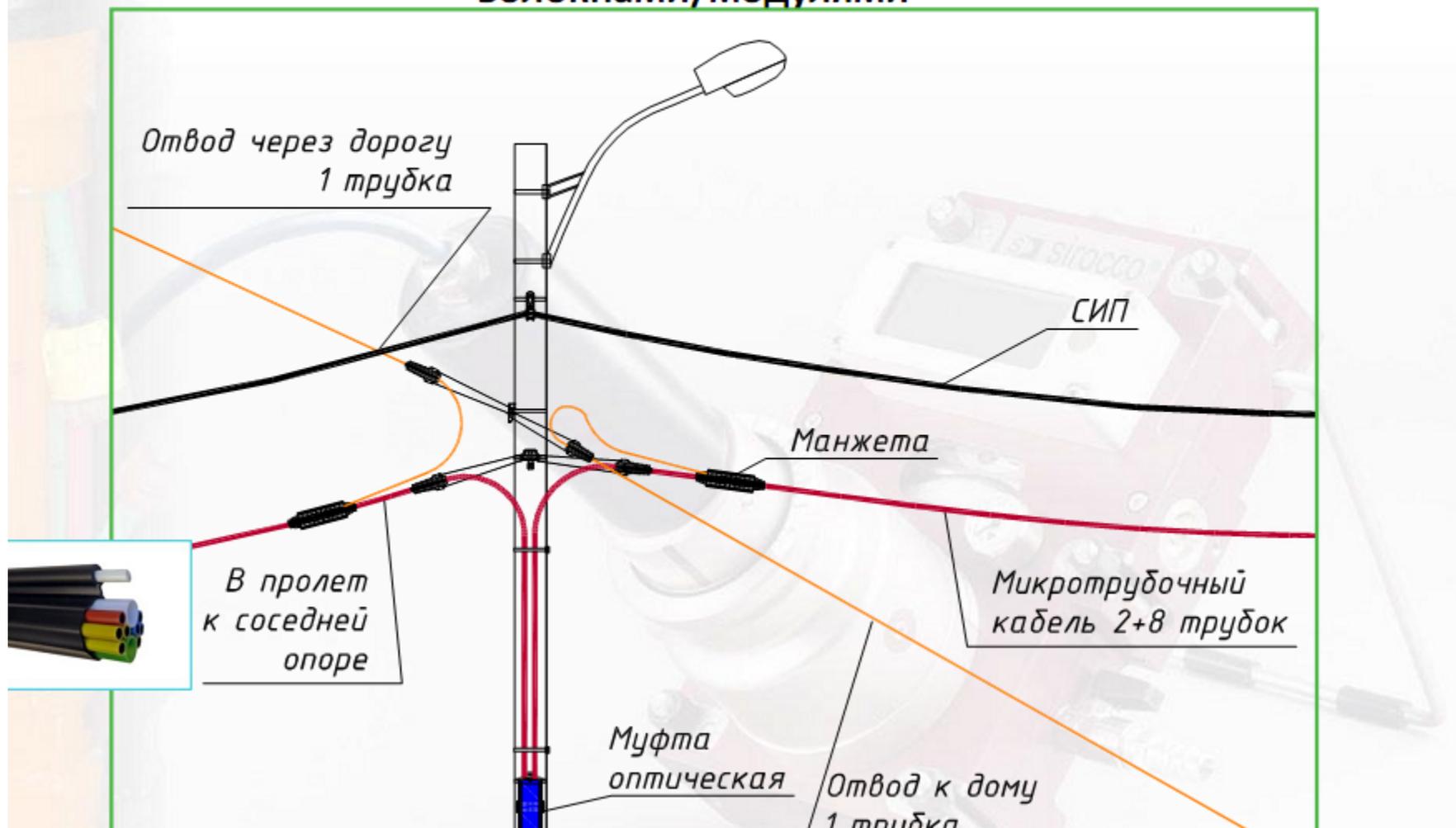
Воздушная кабельная система с вертикальным расположением кабелей



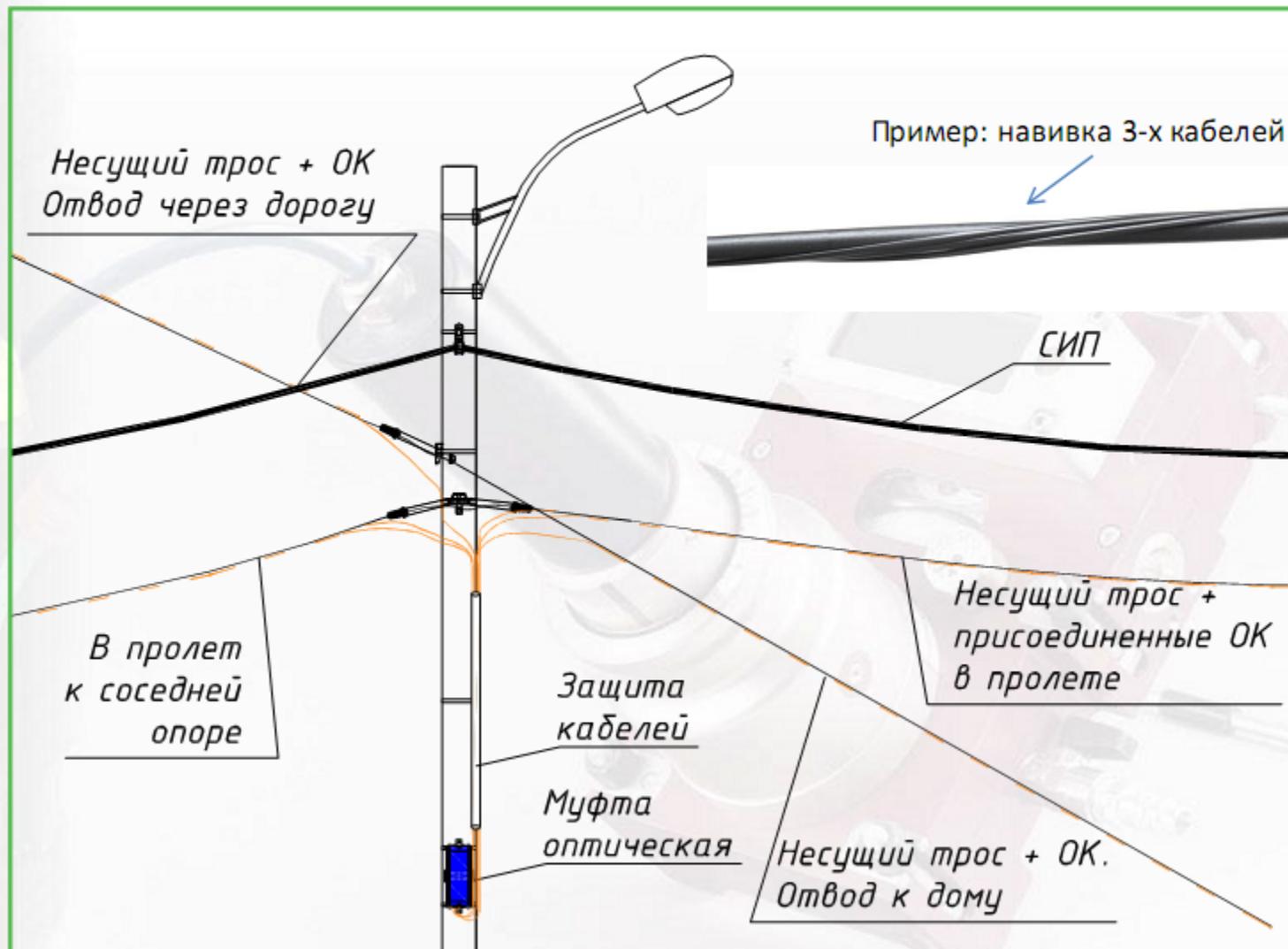
Воздушная система с горизонтальным (на траверсах) расположением кабелей



**Воздушная компактная кабельная система:
подвесная микроканализация; подвесные кабели со свободными
волокнами/модулями**



Воздушная компактная кабельная система: присоединение кабелей к несущим тросам или кабелям



Воздушная компактная кабельная система: Требования

- **Минимальное количество кабелей или плотных пучков кабелей – один или два в большинстве пролетов**
- **Отсутствие петель технологического запаса кабелей на опорах в виде бухт**
- **Компактные оптические муфты, занимающие место на опоре не более 50 см по вертикали или подвес муфт на трос в пролете**
- **Проводка кабелей по опоре от муфты до верха (низа) опоры в защите**
- **Отвод дроп-кабелей по возможности в пролете от кабеля/пучка вблизи опоры**
- **Расположение элементов кабельной системы на опоре так, чтобы оставалась возможность подъема монтеров на опору с использованием монтерских «кошек» (муфт, защиты кабелей, кронштейнов)**

Воздушная компактная кабельная система: Способы построения

- За счет **увеличения количества** узловых элементов (особенно это касается **дроп муфт**) и комбинирования в одном кабеле фидерных и распределительных волокон **ограничить число кабелей в пролете до 2-х**.
- **Микротрубочная воздушная канализация**, аналог микротрубочной подземной, но в виде кабелей с вынесенным несущим элементом для подвеса на опорах.
- **Подвесные кабели со свободной укладкой волокон/модулей**, выделением их через боковой разрез. Аналог технологии, широко применяемой для сетей FTTH многоэтажных домов.
- Приматывать кабели в пролетах к несущему тросу проволокой. Петли технологического запаса и узловые элементы (муфты) подвешиваются на трос (strand mounted). Эта технология известна как обмоточная или **лэш-технология**, так как использует кабельные обмоточные машины (cable lasher).
- **Навививная технология с возможностью последовательной множественной навивки оптических микро кабелей**. Идеологически похожа на микротрубочную по п.3, но микрокабели навиваются на внешний силовой элемент, играющий роль канализации, а не задуваются. Внешним силовым элементом может быть самонесущий оптический кабель.

подвесная микроканализация, подвесные кабели со свободным боковым выделением волокон/модулей



Воздушная компактная кабельная система: присоединение кабелей к несущим тросам или кабелям. Способы присоединения



ЛЭШ-технология



Навивная технология



Лэшер



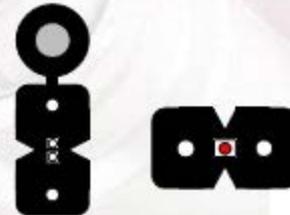
Кабели воздушных сетей

- **Подвесные кабели**

1. Подвесные кабели «8».
2. Подвесные кабели круглые ОКСН (1 обол. сухие).
3. Подвесные плоские кабели (популярны).
4. Подвесные микротрубочные.
5. Подвесные со свободными волокнами/ модулями

- **Подвесные микрокабели**

1. Подвесные с сечением «бабочка».
2. Навивные кабели (самонесущие тонкие)



Подземная канализация для нового FTTH строительства

- **Пластиковая (для абонентских участков)**

1. ЗПТ-25, ЗПТ-32.

2. Гофротруба (двуслойная).



- **Микроканализация (Рост применения в Европе)**

1. Тонкостенные микротрубки в п/э оболочке



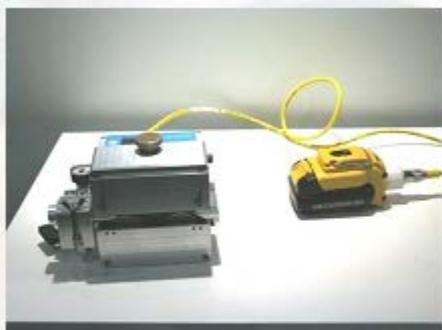
2. Толстостенные микротрубки



Микротрубочная канализация: бесколодезные отводы

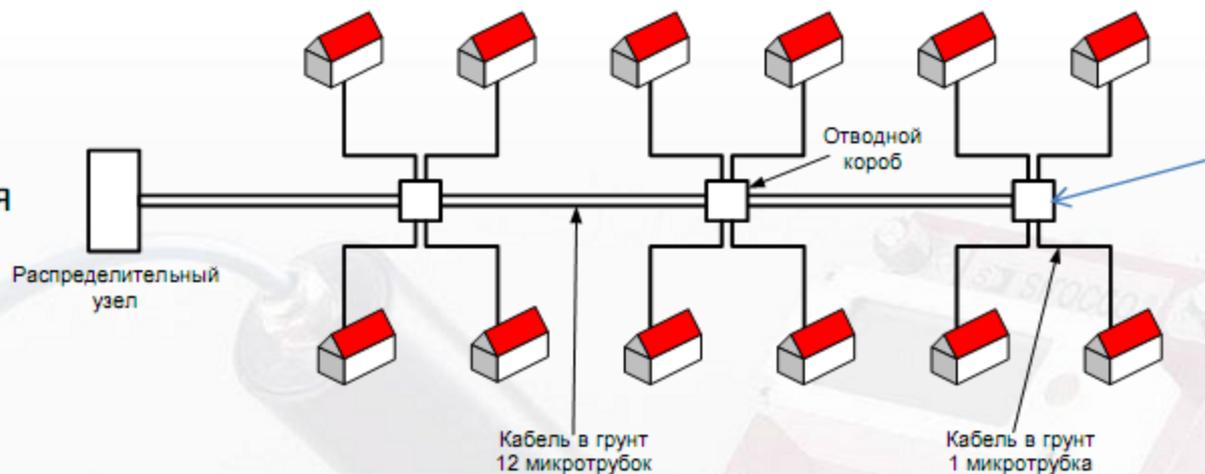


Микротрубочная канализация: задувочные микро-головки

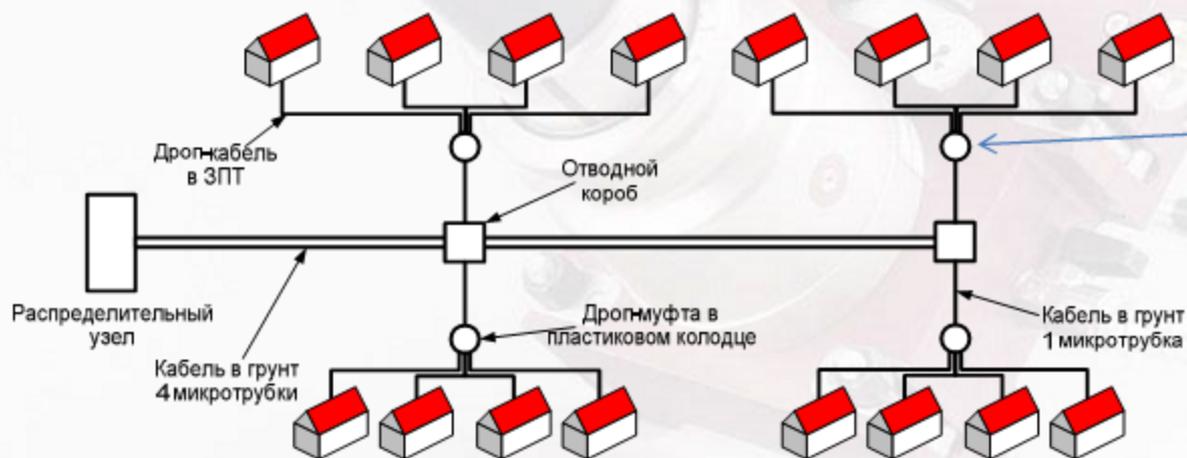


Микротрубочная канализация: две топологии

Одна стадия



Две стадии



Кабели подземных FTTH сетей

- Обычные кабели

1. Бронированные лентой (ст.пр.повивом) для канализации.
2. Небронированные для пластиковой канализации.



- Микрокабели / модули

1. Кабели в микроканализацию (центральная трубка, модули).
2. Модули в микроканализацию.

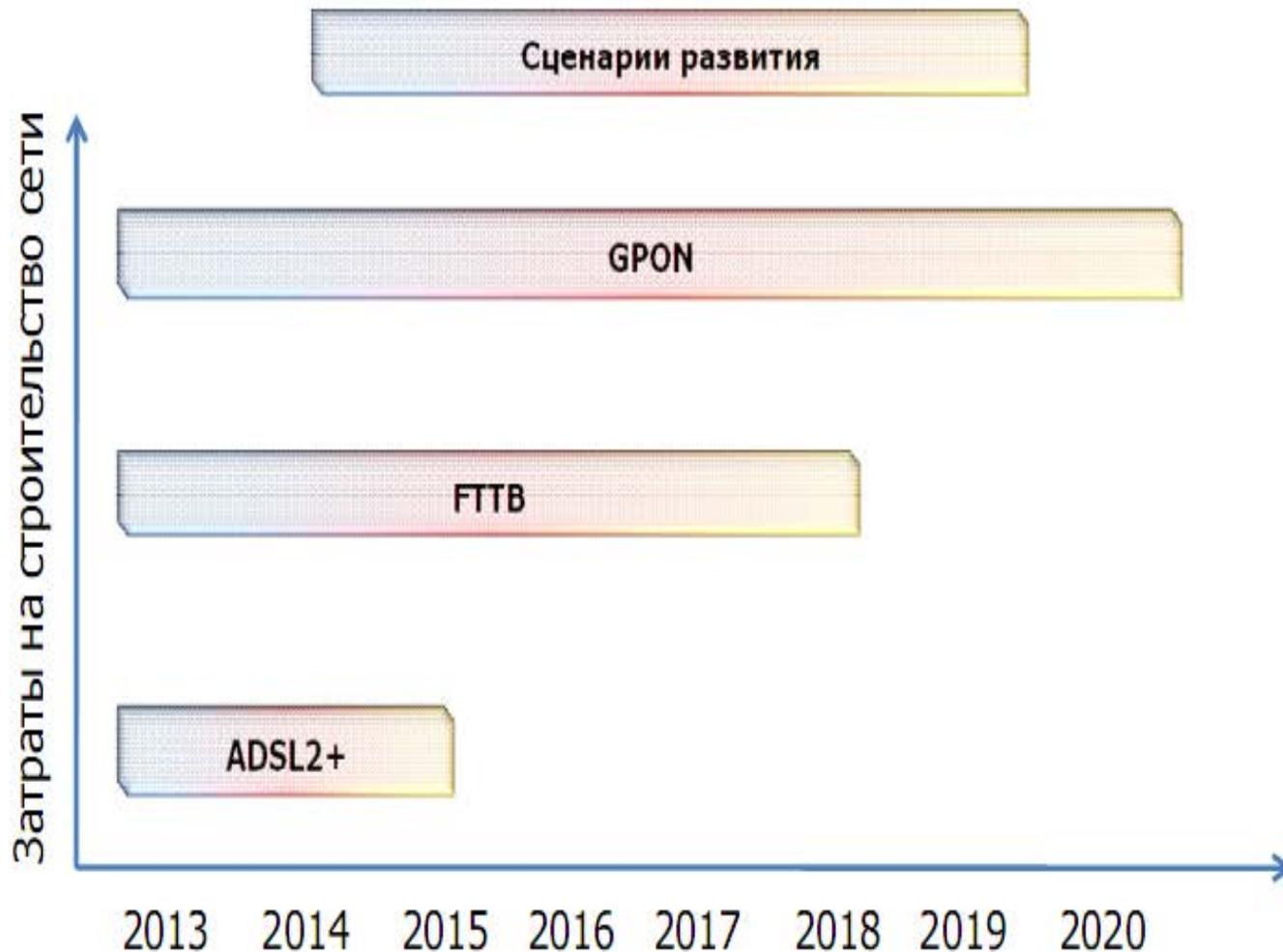


Обобщенный анализ технологий

Параметр/характеристика сети	Технология		
	GPON	FTTB	ADSL2+
Стоимость строительства и организации сети	высокая	средняя	низкая
Уровень конкуренции среди операторов по технологиям	низкий	высокий	низкий
Срок окупаемости	долгий	средний	быстрый
Пропускная способность	высокая	высокая	низкая
Стоимость абонентского оборудования	высокая	низкая	низкая
Потенциал развития	высокий	средний	низкий
Качество предоставляемых услуг	высокое	высокое	среднее

Безусловное преимущество технологии GPON по сравнению с FTTB и ADSL2+:

- 1) По потенциалу развития;
- 2) По уровню конкуренции.

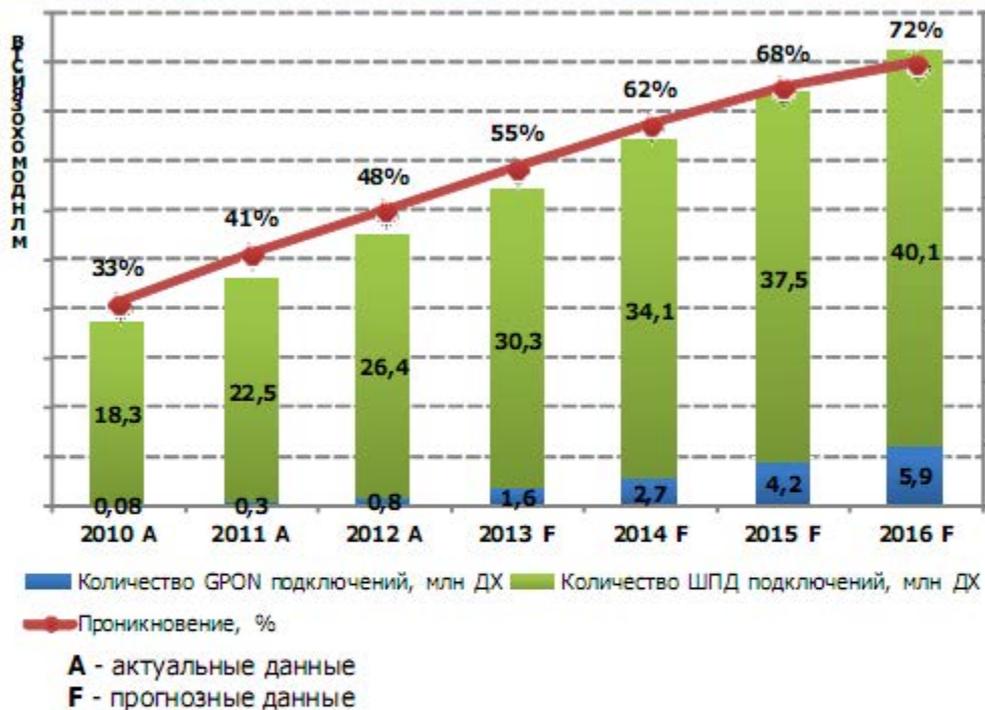


Технология GPON на весь период прогнозирования будет наиболее актуальной, но при этом самой дорогой по сравнению с FTTB и ADSL2+.

Технология FTTB сможет удовлетворять потребностям пользователей еще 5-7 лет.

Актуальность технологии ADSL2+ составит не более 2-3 лет.

Количество «домашних» широкополосных подключений в России, 2010 - 2016 гг.

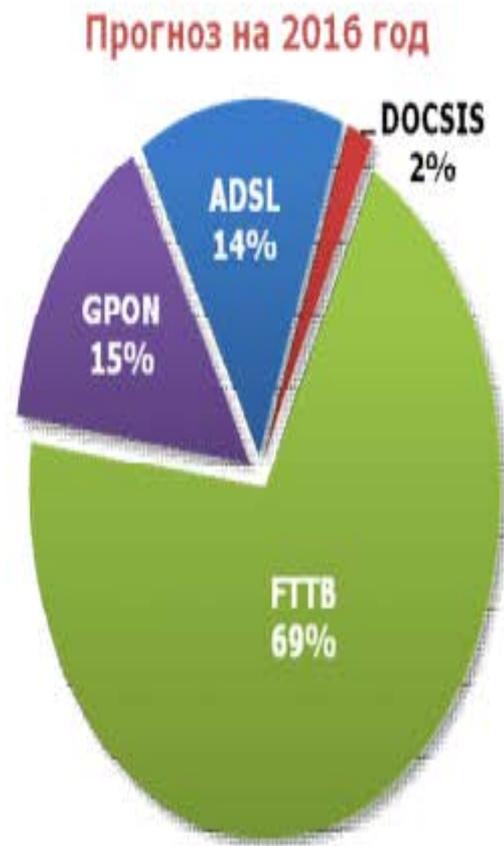
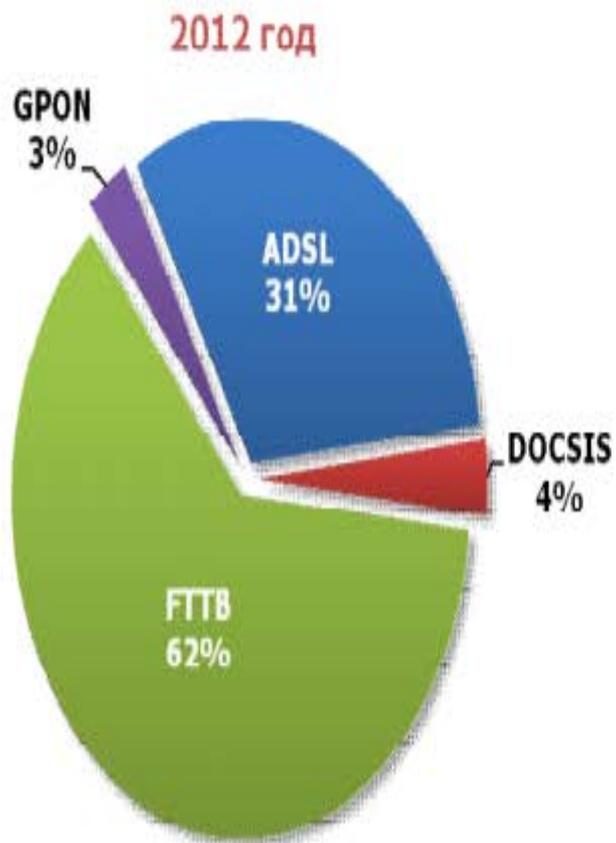


В 2012 г. проникновение «домашнего» ШПД в России составило 48% (26,4 млн домохозяйств).

К 2016 г., по нашим прогнозам, количество «домашних» ШПД-подключений вырастет почти в 1,5 раза по сравнению с 2012 г. – до 40,1 млн, а уровень проникновения составит 72%.

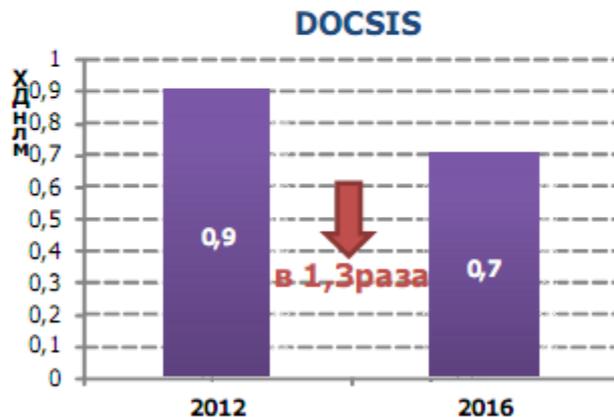
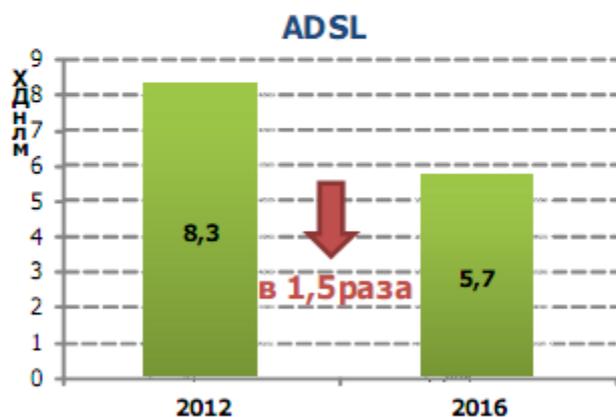
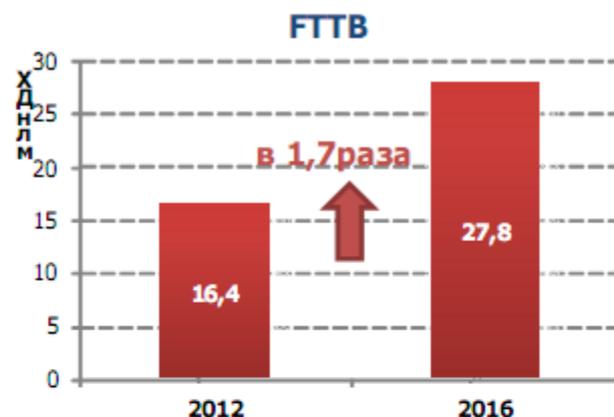
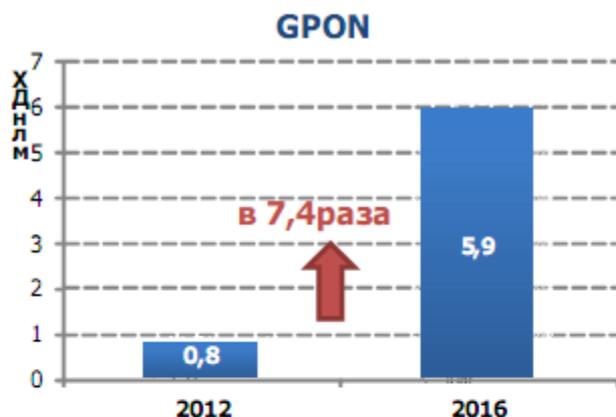
Количество GPON подключений будет увеличиваться в среднем на 50-60% в год.

Структура рынка «домашнего» ШПД по технологиям доступа



Уже сейчас можно утверждать, что в дальнейшем будет происходить постепенное снижение популярности технологии ADSL, что в первую очередь связано с низким качеством связи по сравнению с оптическими технологиями. В среднем доля данной технологии будет снижаться на 4% в год.

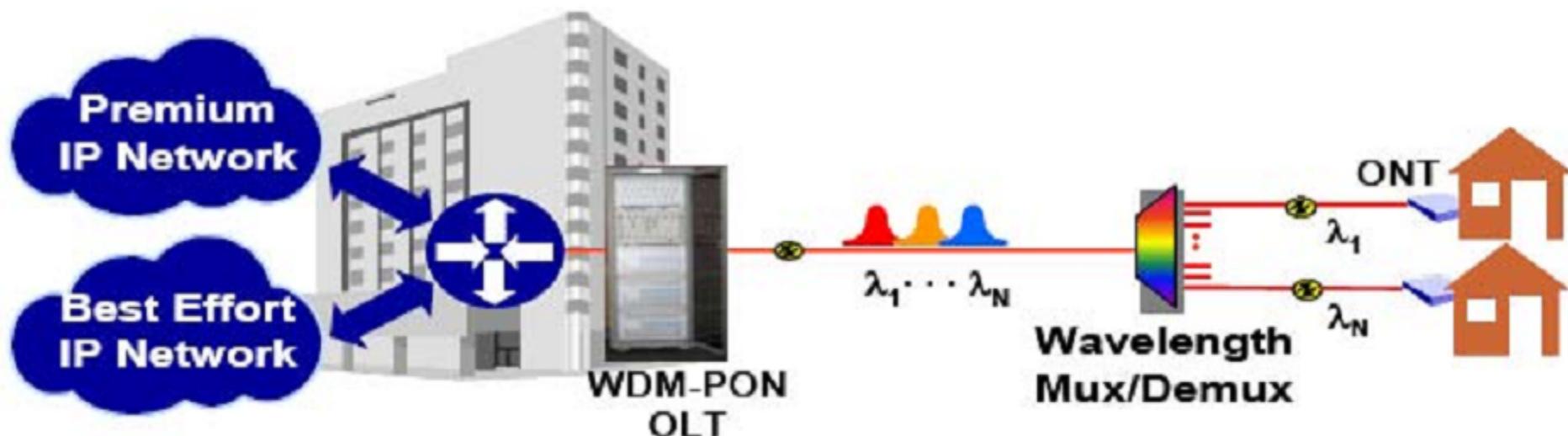
Прогноз технологий широкополосного доступа до 2016 года



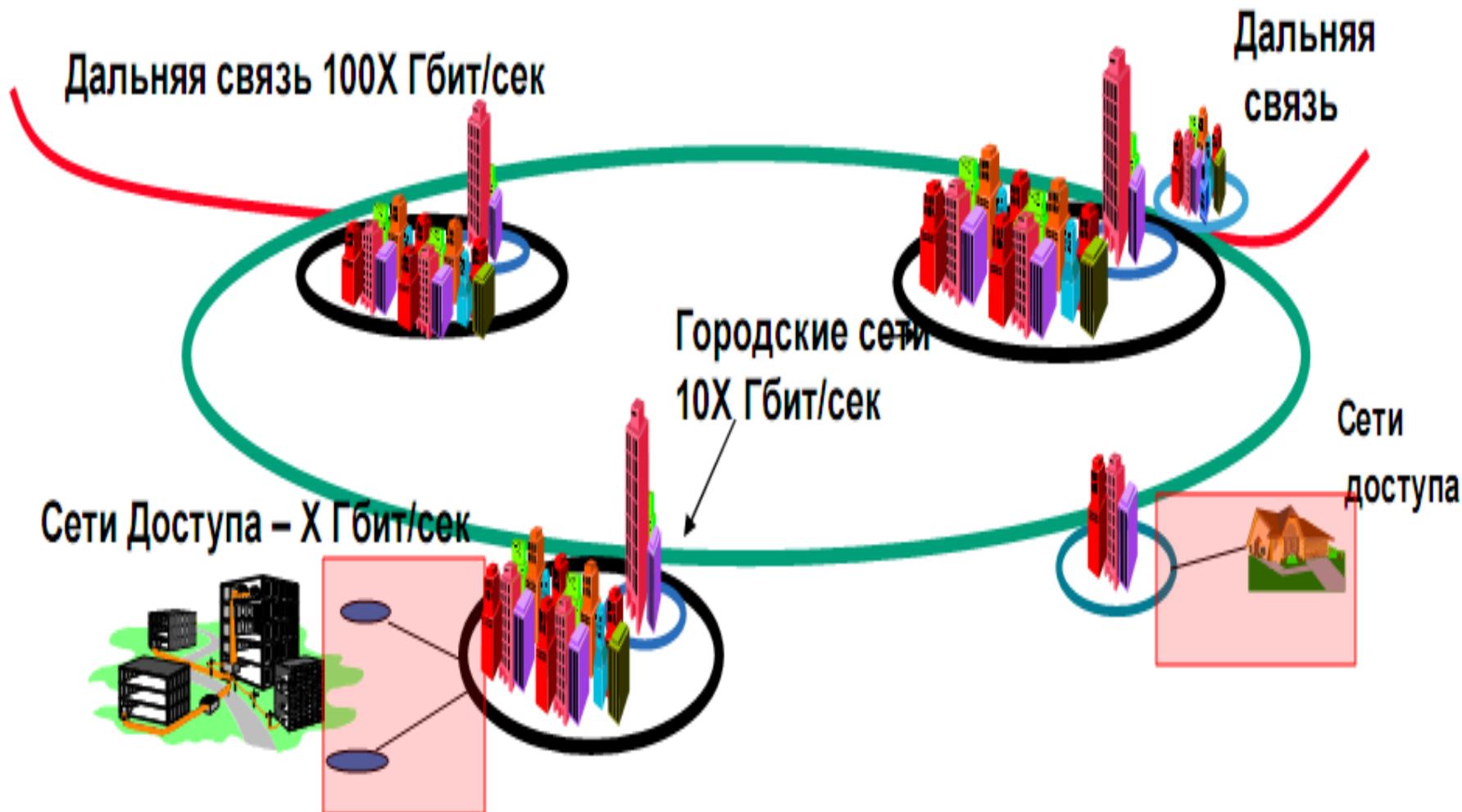
По прогнозам J'son & Partners Consulting, в период 2012 - 2016 гг. будет наблюдаться рост подключений по технологиям GPON и FTTB в 7,4 и 1,7 раза соответственно. Количество ADSL подключений за этот период снизится почти в 1,5 раза. По сетям кабельного ТВ число подключений сократится в 1,3 раза.

Korea Telecom WDM PON

Пассивная оптическая сеть со спектральным уплотнением

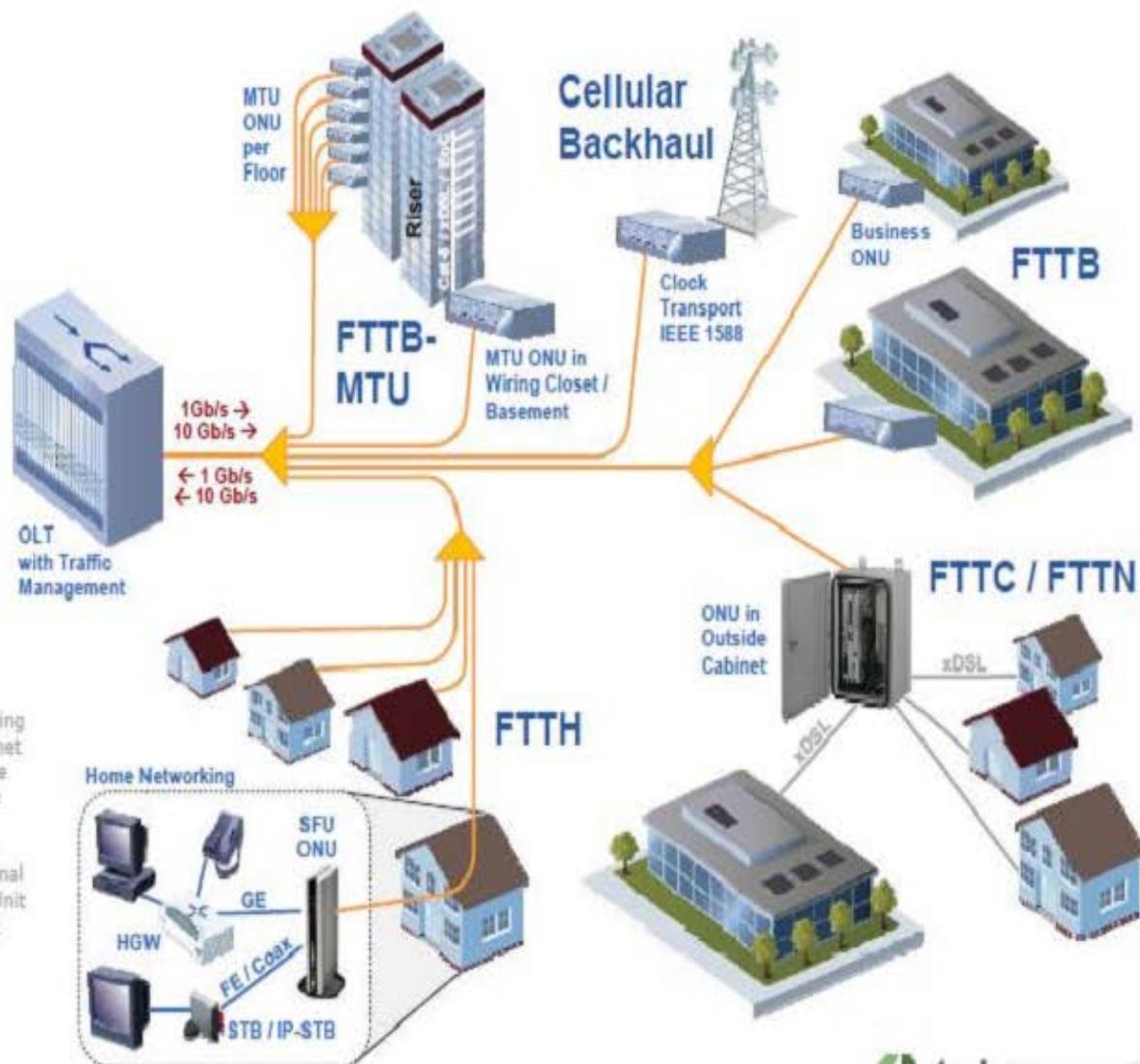


- WDM PON предоставляет оптический канал каждому абоненту
 - 100 Mb/s Ethernet для каждого абонента
 - В сущности, архитектура точка точка



- Различные типы сетей доступа продолжают развиваться (по волокну, телефонному проводу, коаксиальному кабелю и радиодоступу), увеличивая полосу пропускания

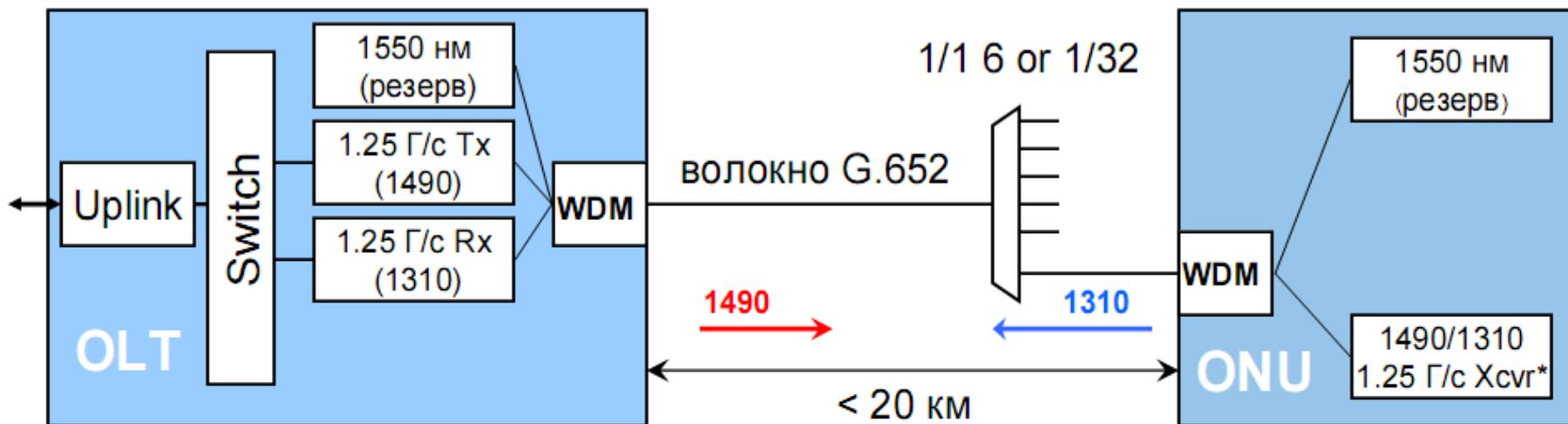
10 GERON сможет эффективно предоставлять полосу пропускания клиентам различного типа



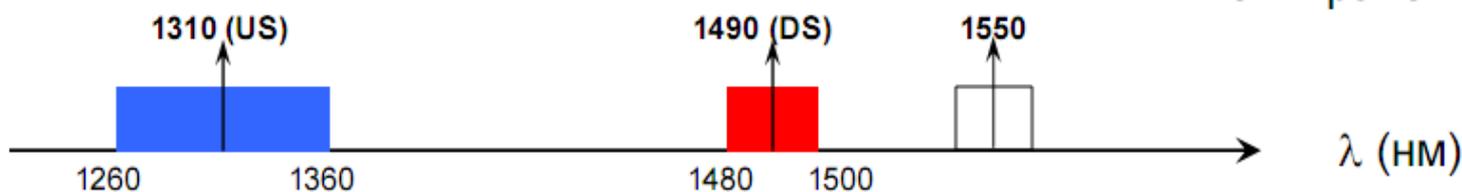
FTTB - Fiber to the Building
 FTTC - Fiber to the Cabinet
 FTTH - Fiber to the Home
 FTTN - Fiber to the Node
 HGW - Home Gateway
 MTU - Multi-Tenant Unit
 OLT - Optical Line Terminal
 ONU - Optical Network Unit
 SFU - Single-Family Unit
 STB - Set-Top Box

1 GEPON (1 Gb/s EPON – 802.3ah)

Расписание длин волн и бюджеты по мощности



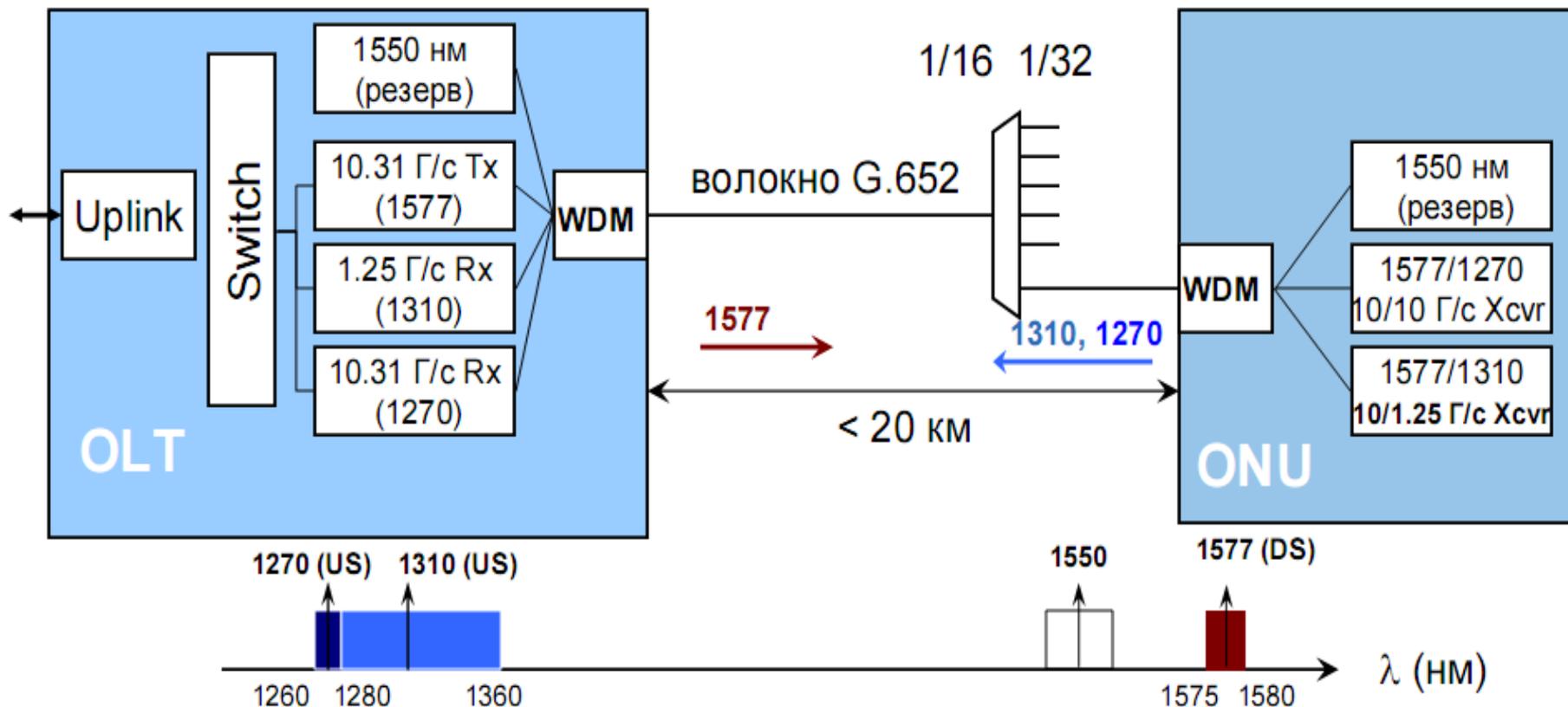
*Xcvr-трансивер



Код Бюджета	PX10	PX20
Длина (км)	0.5-10	0.5-20
Потери (дБ)	<20	<24

10 GEPON (10 Gb/s EPON – 802.3av)

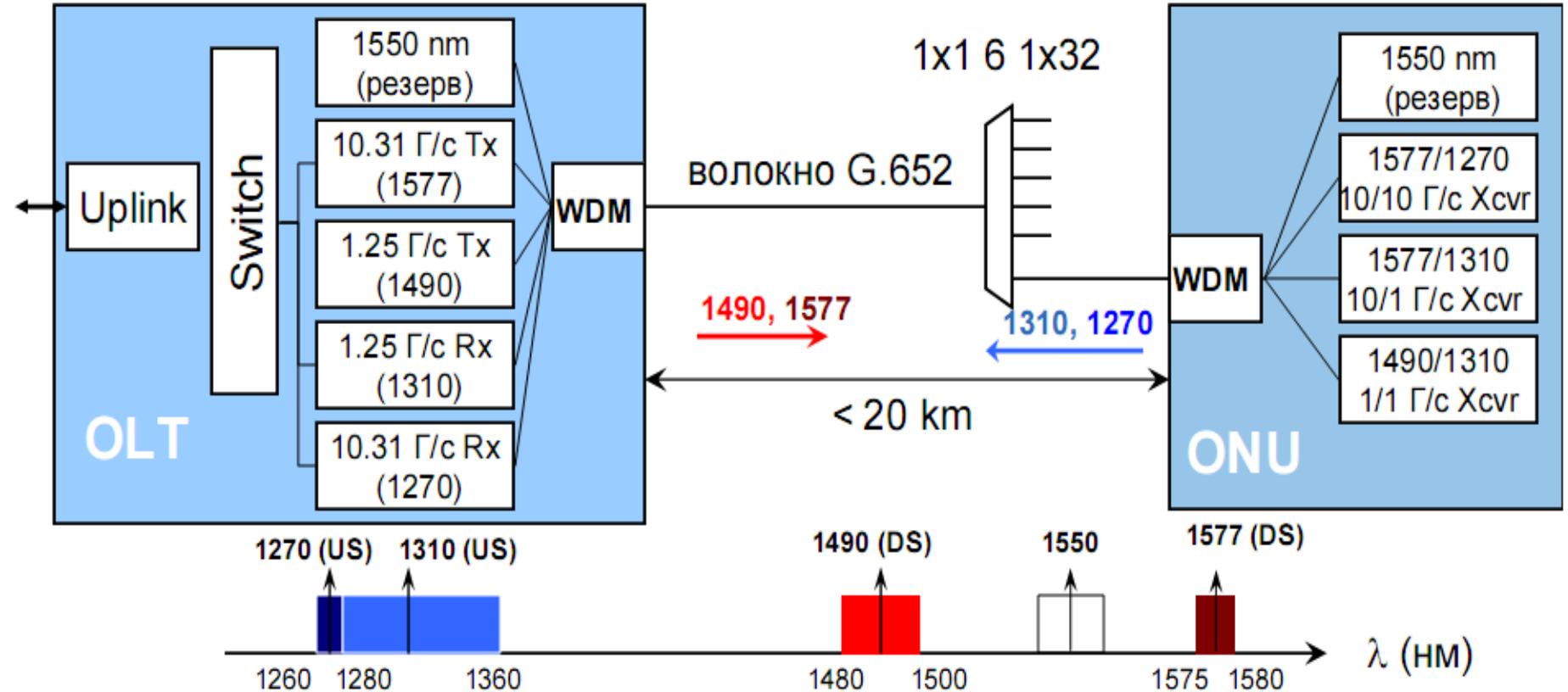
Расписание длин волн и бюджеты по мощности (10/10 и 10/1)



Код Бюджета	PRX10	PRX20	PRX30
Длина (км)	0.5-10	0.5-20	0.5-20
Потери (дБ)	<20	<24	<29

10 GEPON (10 Gb/s EPON – 802.3av)

Работа в параллельном режиме



Код Бюджета	PRX10	PRX20	PRX30
Длина (км)	0.5-10	0.5-20	0.5-20
Потери (дБ)	<20	<24	<29

Какое изменение является самым важным в 10 GEPON?

Добавление бюджета по мощности до 29 дБ

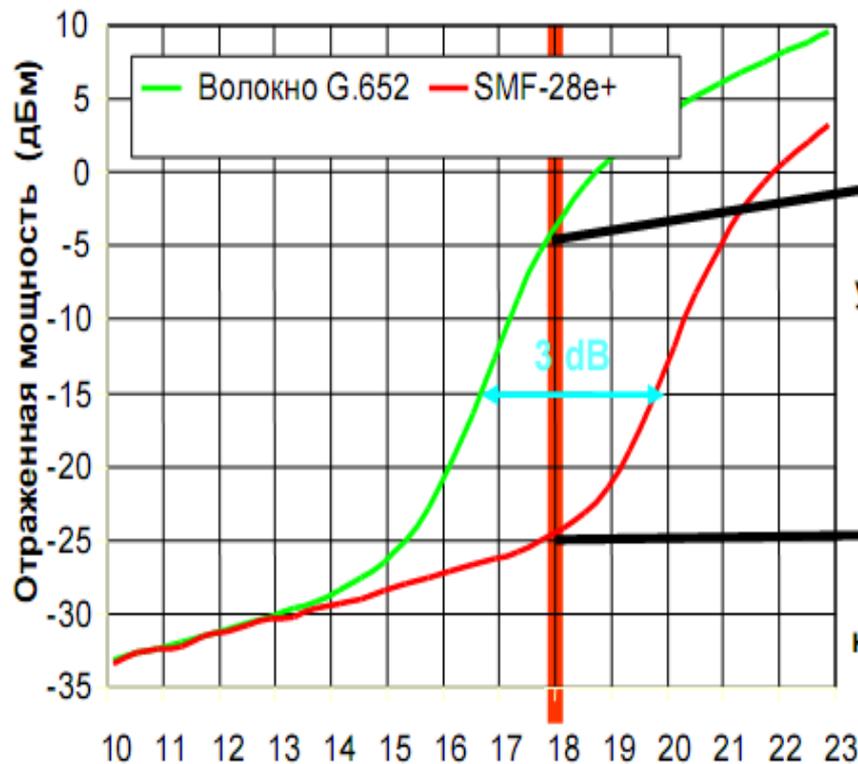
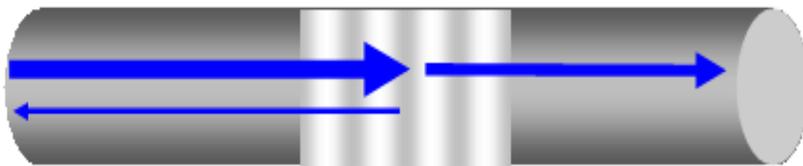
Description	Low Power Budget		Medium Power Budget		High Power Budget		Units
	PRX10	PR10	PRX20	PR20	PRX30	PR30	
Number of fibers	1						-
Nominal downstream line rate	10.3125						GBd
Nominal upstream line rate	1.25	10.3125	1.25	10.3125	1.25	10.3125	GBd
Nominal downstream wavelength	1577						nm
Downstream wavelength tolerance	-2, +3						nm
Nominal upstream wavelength	1310	1270	1310	1270	1310	1270	nm
Upstream wavelength tolerance	±50	±10	±50	±10	±50	±10	nm
Maximum reach ^a	≥10		≥20		≥20		km
Maximum channel insertion loss	20		24		29		dB
Minimum channel insertion loss	5		10		15		dB

- Три бюджета по мощности “Low” (10 км + 1/16), “Medium” (20 км + 1/16) и “High” (20 км + 1/32). Такие же бюджеты, как и в GPON
- Длина волны 1550 нм зарезервирована для аналогового видео либо других скоростей передачи
- *29 дБ бюджет может создать проблемы для аналоговой передачи (рассеяние Мандельштама Бриллюэна (SRS))*

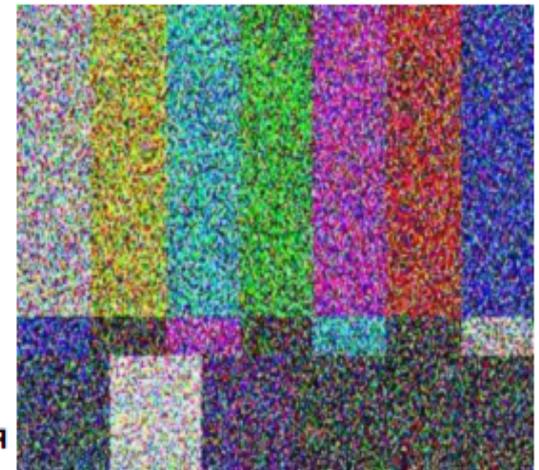
SBS является проблемой для PON с большими потерями

Волокно SMF-28e+ имеет более высокий порог SBS

- Пример: чувствительность аналогового приемника -8 дБм, потери PON 26 дБ, следовательно, входная мощность 18 дБм
- SMF-28e+ отодвигает порог по SBS на 3 дБ



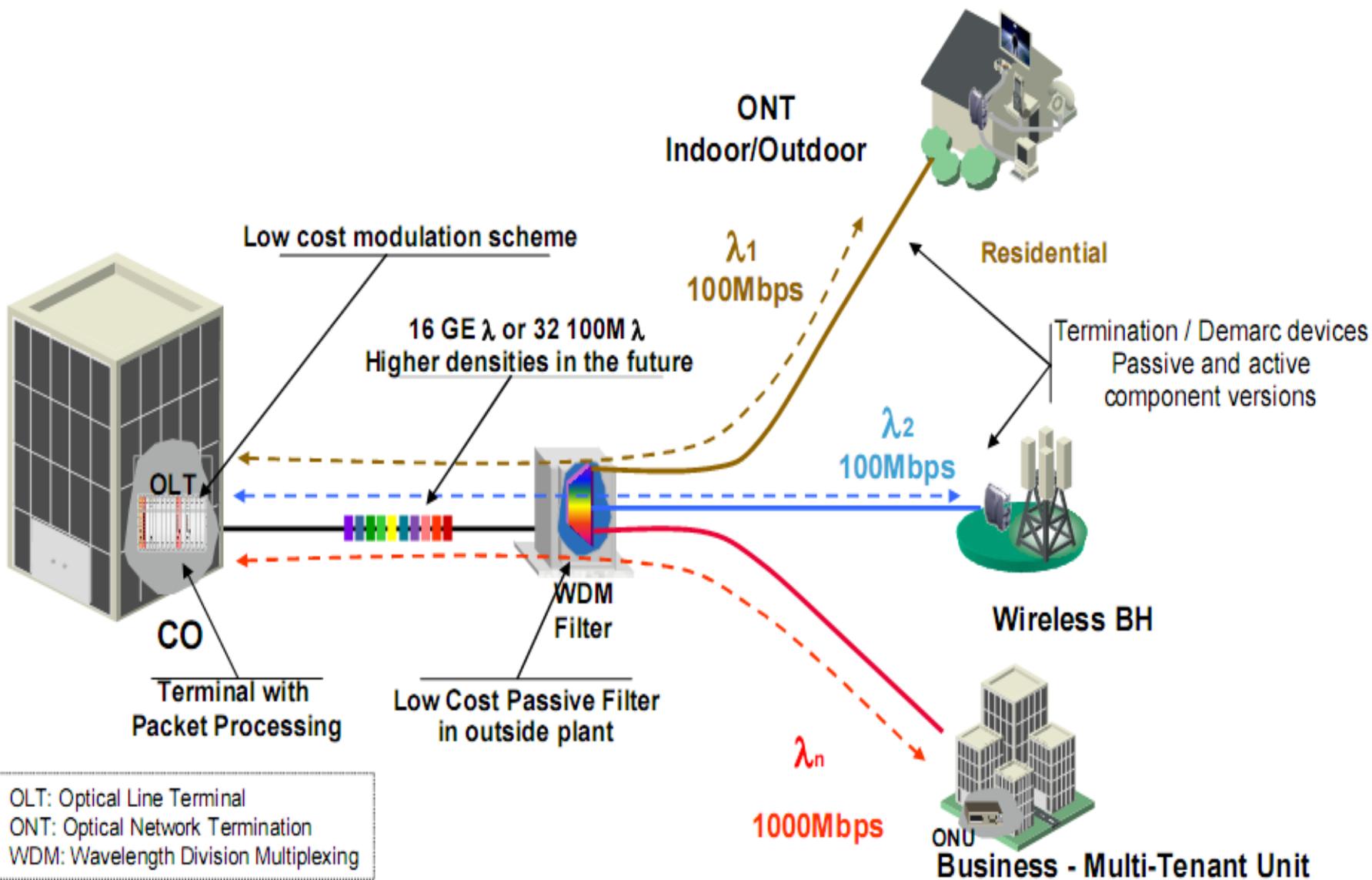
Качество изображения ухудшается при переходе порога по SBS



SMF-28e+ улучшает качество, повышая порог SBS

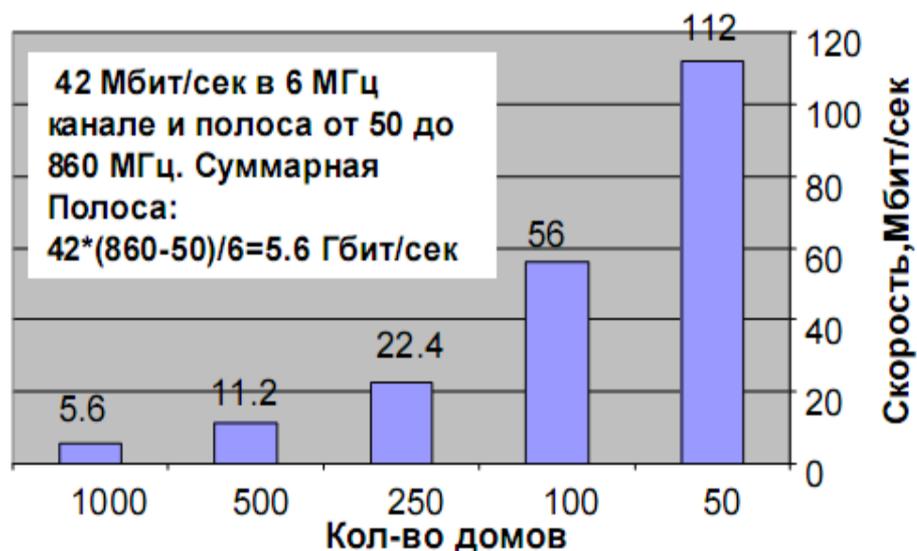
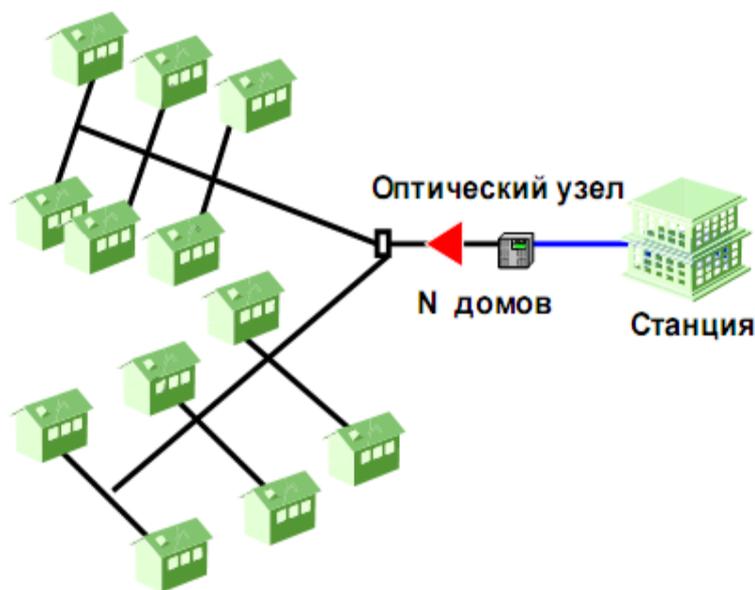
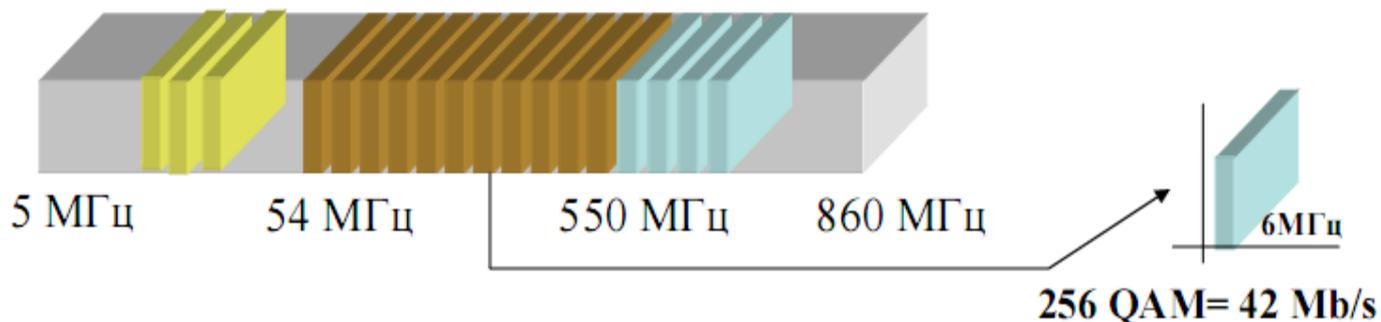


Архитектура сети WDM PON

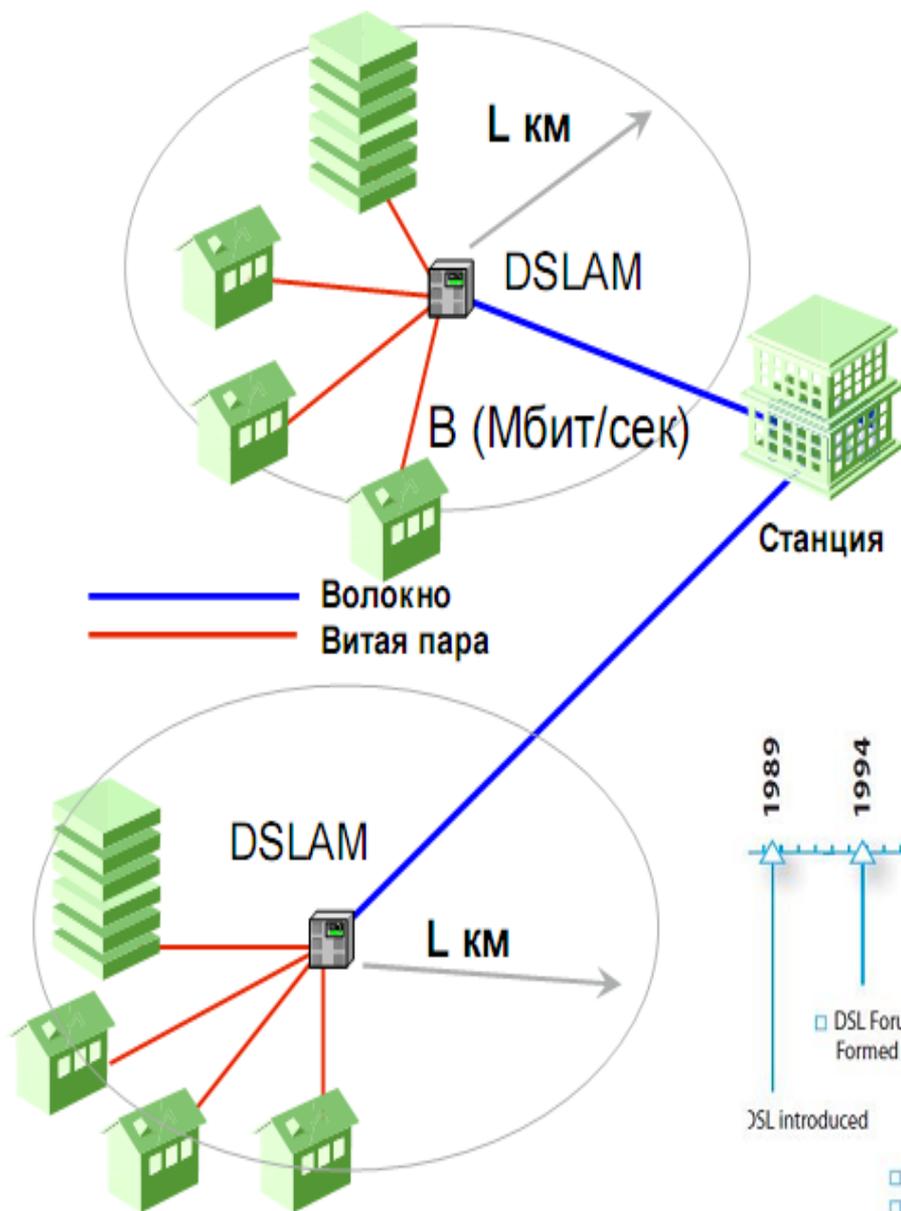


Сети кабельного телевидения: теоретическая полоса пропускания в предположениях стандарта (DOCSIS 3.0)

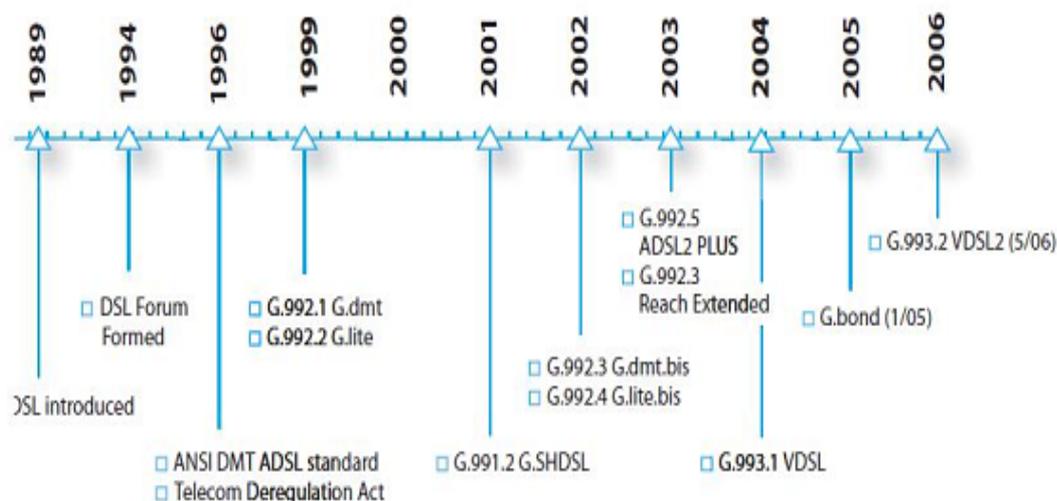
Спектр коаксиального кабеля



Digital Subscriber Line (xDSL)



- xDSL представляет семейство стандартов по предоставлению широкополосной связи по телефонному проводу
- Основная тенденция – увеличение скорости передачи за счет укорочения длины передачи

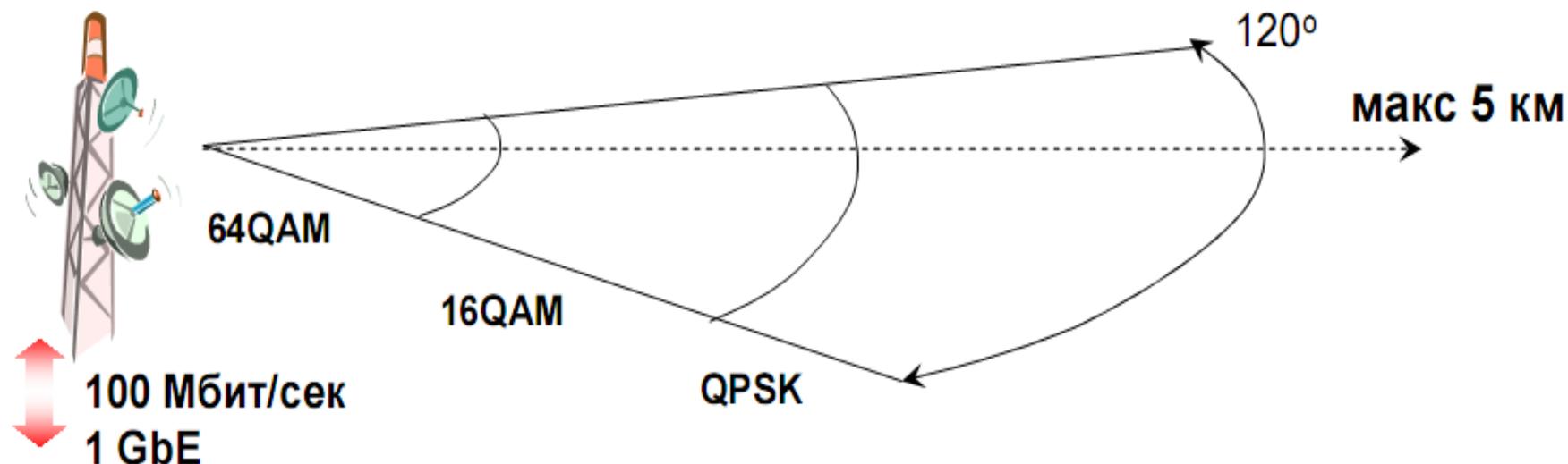


Ширина полосы на абонента при использовании xDSL

xDSL	Полоса частот	Расстояние	Скорость передачи (DS/US)
VDSL2	<30 МГц	0.1 км	50-100/50-100 Мбит/сек
VDSL	<12 МГц	0.3 км	52/6 Мбит/сек 26/26 Мбит/сек
		1 км	26/3 Мбит/сек 13/13 Мбит/сек
ADSL2+	<2.2 МГц	1 км 2.5 км	24/1 Мбит/сек 20/0.7 Мбит/сек

- Скорости передачи, достигаемые в действительности, зависят от плана частот и физического состояния телефонного провода

WiMax (802.16e 2005) – Стандарт радиодоступа

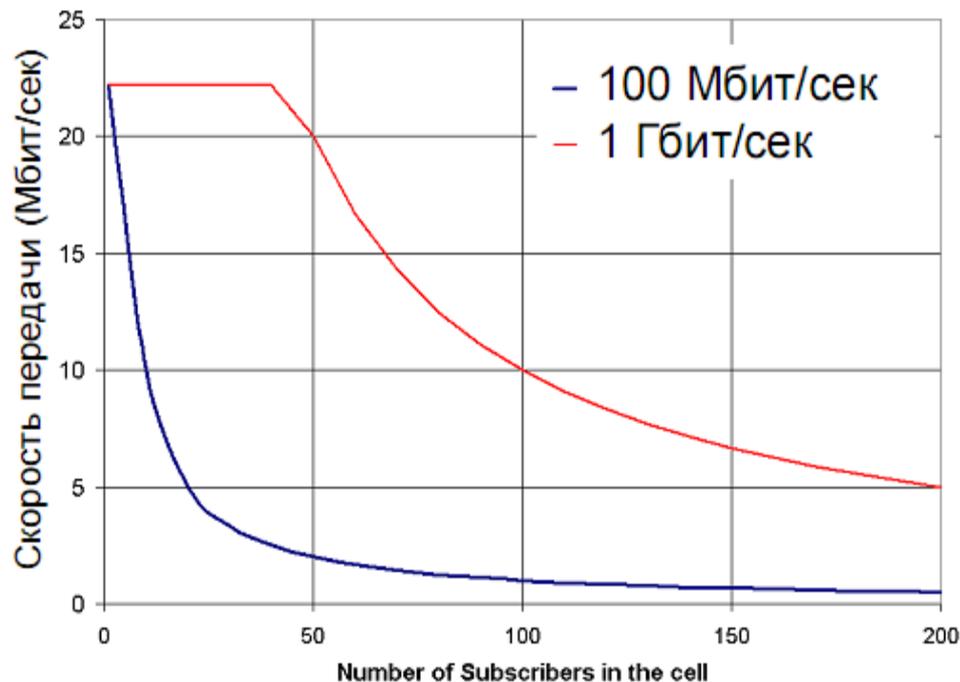


WiMax скорости для канала 10 МГц

Модуляция	FEC	Макс скорость
64 QAM	3/4, 1/2	22.7 Мбит/сек
16 QAM	3/4, 1/2	15.1 22.7 Мбит/сек
QPSK	3/4, 1/2	7.6 22.7 Мбит/сек

- Скорость передачи WiMax зависит от расстояния между базовой станцией и абонентом
- Сумма скоростей передачи ко всем абонентам не может превысить скорость передачи к базовой станции (обычно 100 Мбит/сек или 1 Гбит/сек)

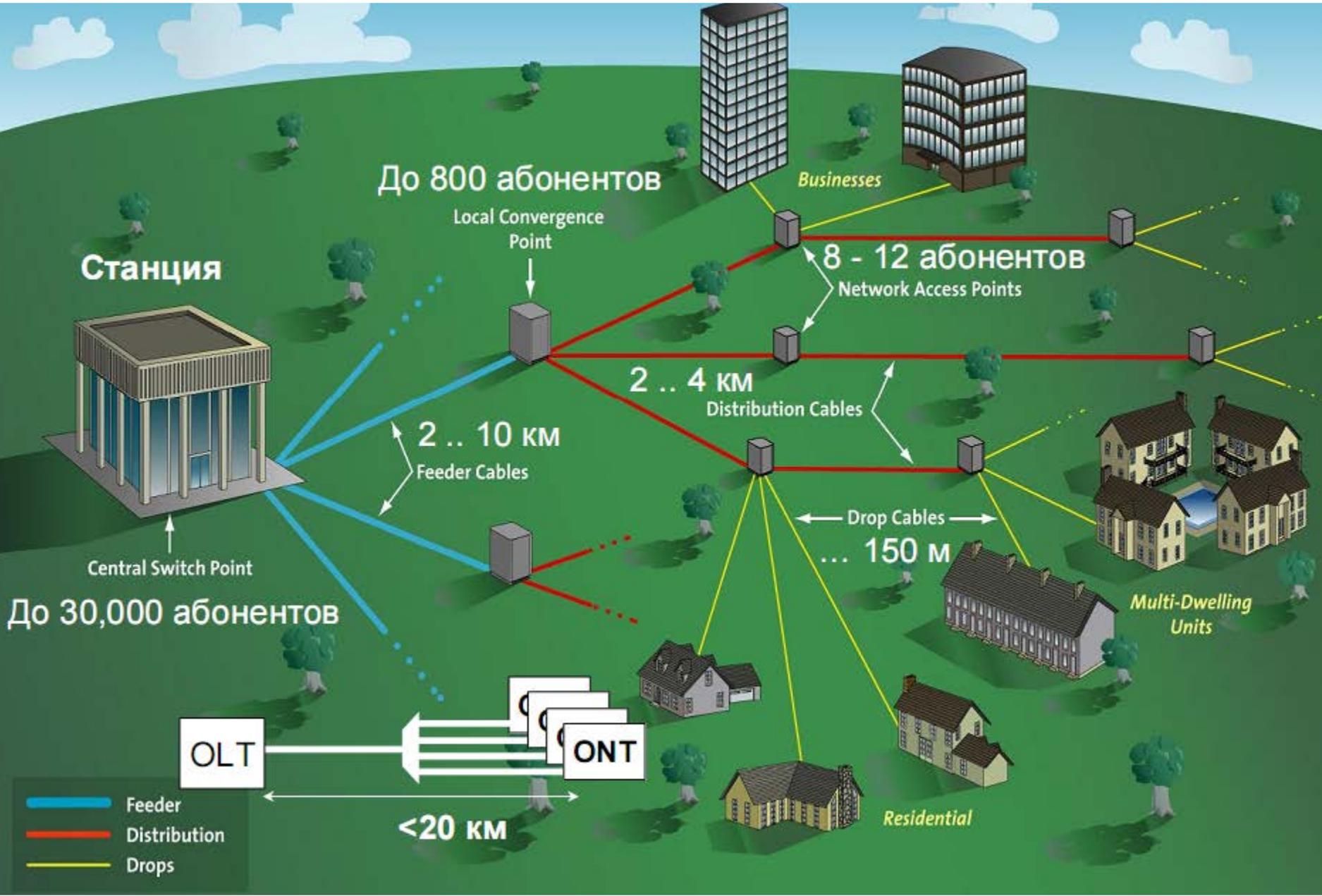
Средняя скорость передачи на абонента



- Даже с GbE скоростью передачи к базовой станции средняя скорость передачи на абонента будет меньше 10 Мбит/сек, если число абонентов превысит 100.
- *Количество абонентов в секторе не контролируется !*

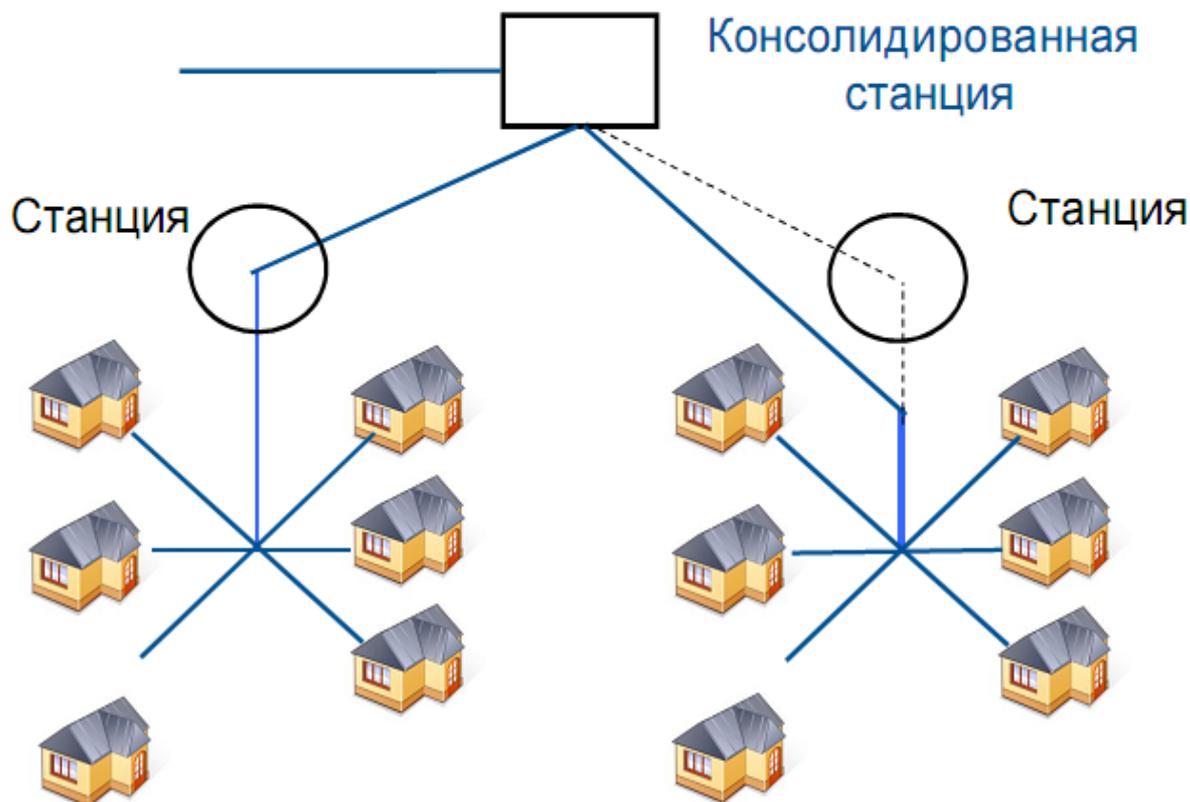
Выводы: сети доступа на оптическом волокне продолжают лидировать по скорости и дальности передачи

	ITU-T G.984 (GPON)	IEEE 802.av (10 GEPON)	IEEE 802.16e (WiMax 2005)	VDSL2 (G.993.1)	Cable HFC (DOCSIS 3.0)
Скорость «вниз» (DS)	2.488 или 1.244 Гб/с	10.31 Гб/с	22.7 Мб/с (16QAM)	100 Мб/с	5.6 Гб/с
Скорость «вверх» (US)	1.244 Гб/с или 622 Мб/с	10.31/1.25 Гб/с	22.7 Мб/с (16QAM)	100 Мб/с	0.35 Гб/с
Макс. расстояние	20 км	20 км	5 км	0.3	<1 км
Разветвление (split ratio)	1/32 или 1/64	1/16 или 1/32	Теоретически 512. Varies	1	Количество домов на узел.
Скорость к абоненту	~ 72 Mb/s	~280 Mb/s	22.7 Mb/s (Max)	~100 Mb/s	~100 Mb/s (50 домов на узел)



Объединение телефонных станций

- Расстояния сетей PON (до 20 км) намного превышают расстояния распространения телефонного сигнала и позволяет консолидировать телефонные станции приблизительно в 10 раз



Стандарты сетей доступа

 - существующие
 -возникающие

	ITU-T G.983 (BPON)	ITU-T G.984 (GPON)	ITU-T G.987 (10GPON)	IEEE 802.3ah (GEPON)	IEEE 802.3av (10 GEPON)	Active Ethernet (802.3)	WDM PON**
Rate DOWN	155, 622 or 1244 Mb/s	2.488 or 1.244 Gb/s	10 Gb/s	1.244 Gb/s	12.44 Gb/s	100 Mb/s or 1 Gb/s	100 Mb/s or 1 Gb/s
Rate UP	155 or 622 Mb/s	155 or 622 Mb/s	2.5 Gb/s	1.244 Gb/s	12.44/ 1.244 Gb/s	100 Mb/s or 1 Gb/s	100 Mb/s or 1 Gb/s
Distance	20 km	20 km (60 km)***	60 km	10 km, 20 km	10 km, 20 km	10* km	20 km
Split Ratio	1/16, 1/32	1/16, 1/32 or 1/64	1/32, 1/64, 1/128 or 1/256	1/16	1/16, 1/32	None	1/32****
Bandw per sub	~18 Mb/s	36 or 72 Mb/s	~280 Mb/s	~28 Mb/s	~280 Mb/s	100 Mb/s or 1 Gb/s	100 Mb/s or 1 Gb/s

*IEEE 802.3 Standard longer distances available

*** Logical reach

**No standards activities, commercially available, ITU activity expected

**** Implemented with a grating/combiner, not a power splitter

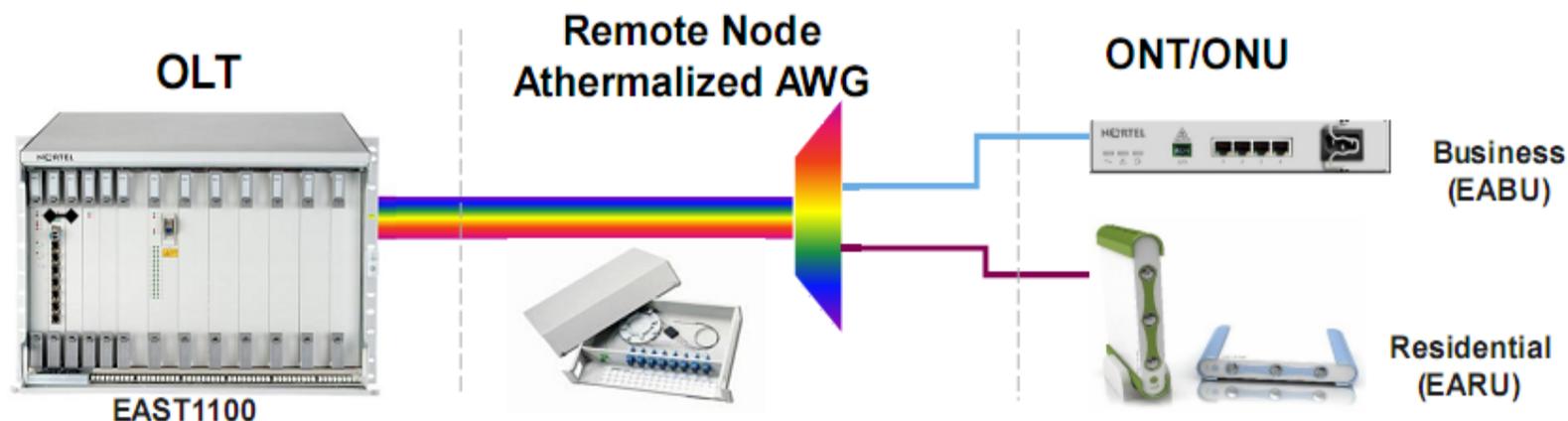
Развитие стандартов сетей доступа

Развитие и расширение стандартов

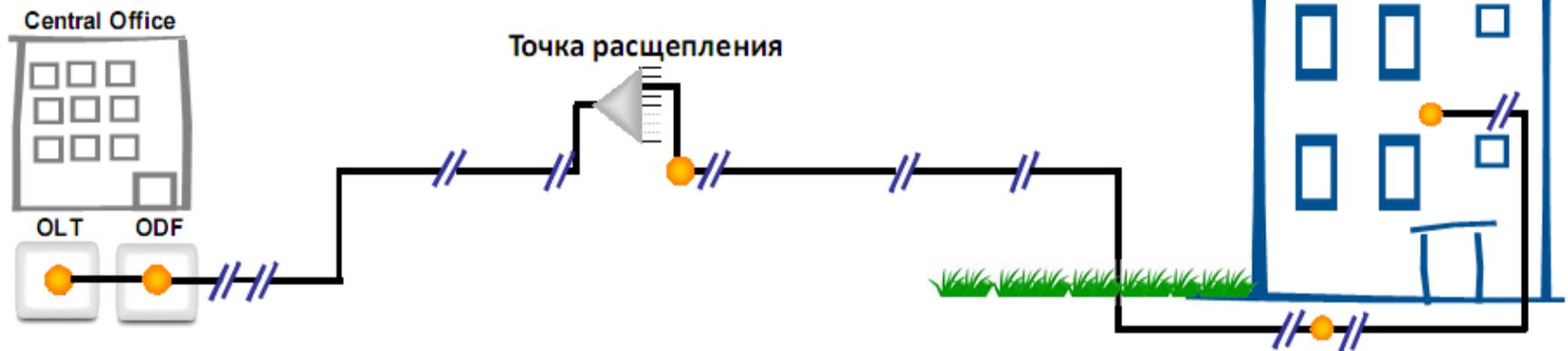
- Согласование стандартов ITU и IEEE по решениям 10 G PON
- Применение сетей PON для обслуживания базовых станций
- Увеличение зоны обслуживания сетью PON
- Увеличение бюджета допустимых оптических потерь в IEEE 802.3 GEPON
- Снижение потребляемой мощности введением «спящего режима» в ONU

Новые Технологии

- Wavelength Division Multiplexing (WDM) PON. ITU Study group 15 Q2 начала работу по стандартизации WDM PON



Сеть доступа должна удовлетворять бюджету по потерям вне и внутри дома



28 dB GPON Budget



Стандартизация оптических потерь внутри дома

Germany



1.2 dB max

France



1.5 – 2dB max

Switzerland



0.9 dB max

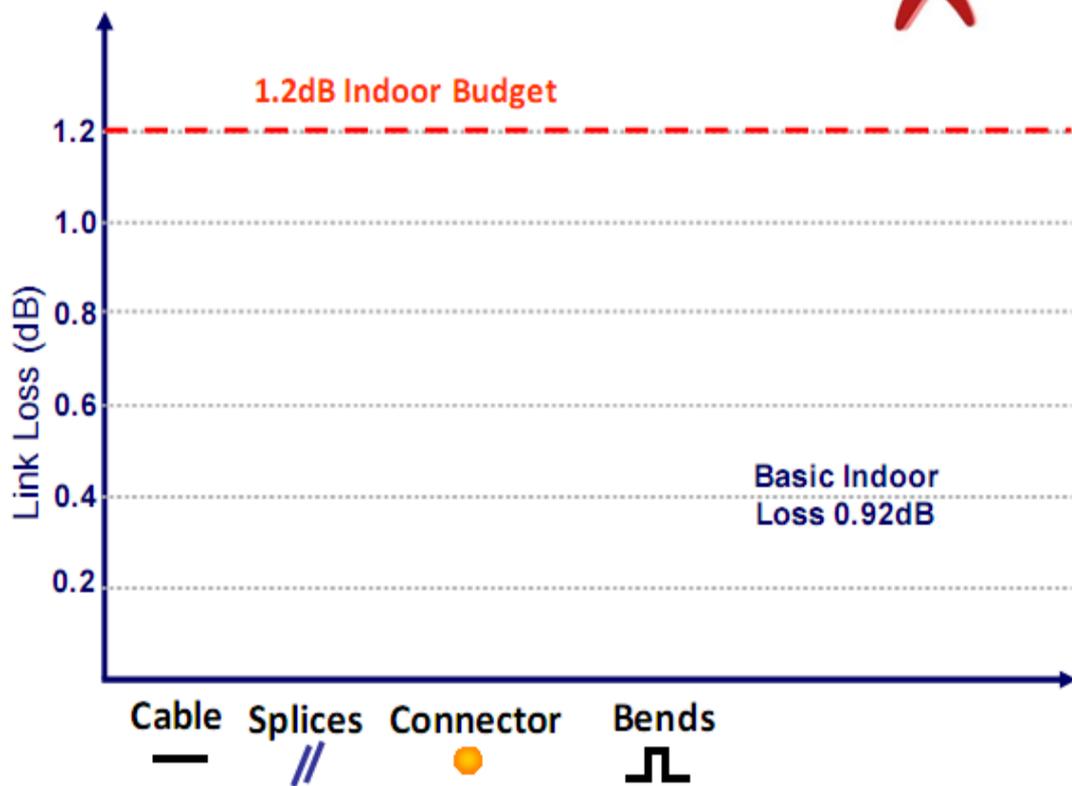
Europe (proposed)



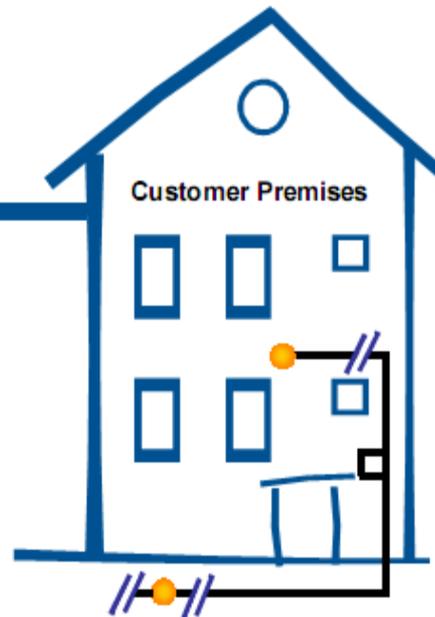
1.2 dB max



Как стандартизация влияет на выбор волокна?



- Cable
- // Splices
- Connector
- ┌┐ Bends



Используя волокно G.652...



Вывод

Нужны низкие
потери на изгибах

Согласно рекомендации G 671 МСЭ 1996 г., к пассивным оптическим компонентам относятся:

- мультиплексоры и демультимплексоры, включая WDM устройства;
- разветвители, ответвители, разделители (сплиттеры);
- аттенюаторы;
- изоляторы;
- переключатели, коммутаторы;
- пассивные компенсаторы дисперсии;
- коннекторы и другие соединители;
- оконцеватели для подавления отражений;
- адаптеры;
- волоконно-оптические циркуляторы;
- соединительные муфты;
- ремонтные вставки.

Каждый тип сети требует использования определенного числа как общих, так и специальных типов пассивных устройств.

Каждое устройство, используемое в схеме передачи светового сигнала, является источником вносимых потерь. Так, например, сами оптические волокна вносят затухание 1,5-2,0 дБ-многомодовое ОВ на длине волны 0,85 мкм, 0,35 -0,4 дБ – на дине волны 1,3 мкм, 0,19-0,25 дБ на длине волны 1,55 мкм,- одномодовое волокно, 0,4-0,5 дБ -соединительОВ (коннектор), сварное соединение ОВ- 0,05- 0,2 дБ, разветвитель (2:1) - -3 дБ, сплиттер(1:2) – 3,2дБ, сплиттер 1:4 -7,6дБ, сплиттер 1:8 -11дБ, сплиттер 1:16 -14,2дБ,сплиттер (1:32)-17дБ,сплиттер 1:64 -21дБ, фильтр – 3 дБ[1]. Оно также будет источником отражений, обычно характеризующихся потерями на отражение. Эти потери обычно измеряются в децибелах. Несомненно, основной средой передачи сигналов является в настоящее время оптическое волокно, помещенное в различные кабельные конструкции.

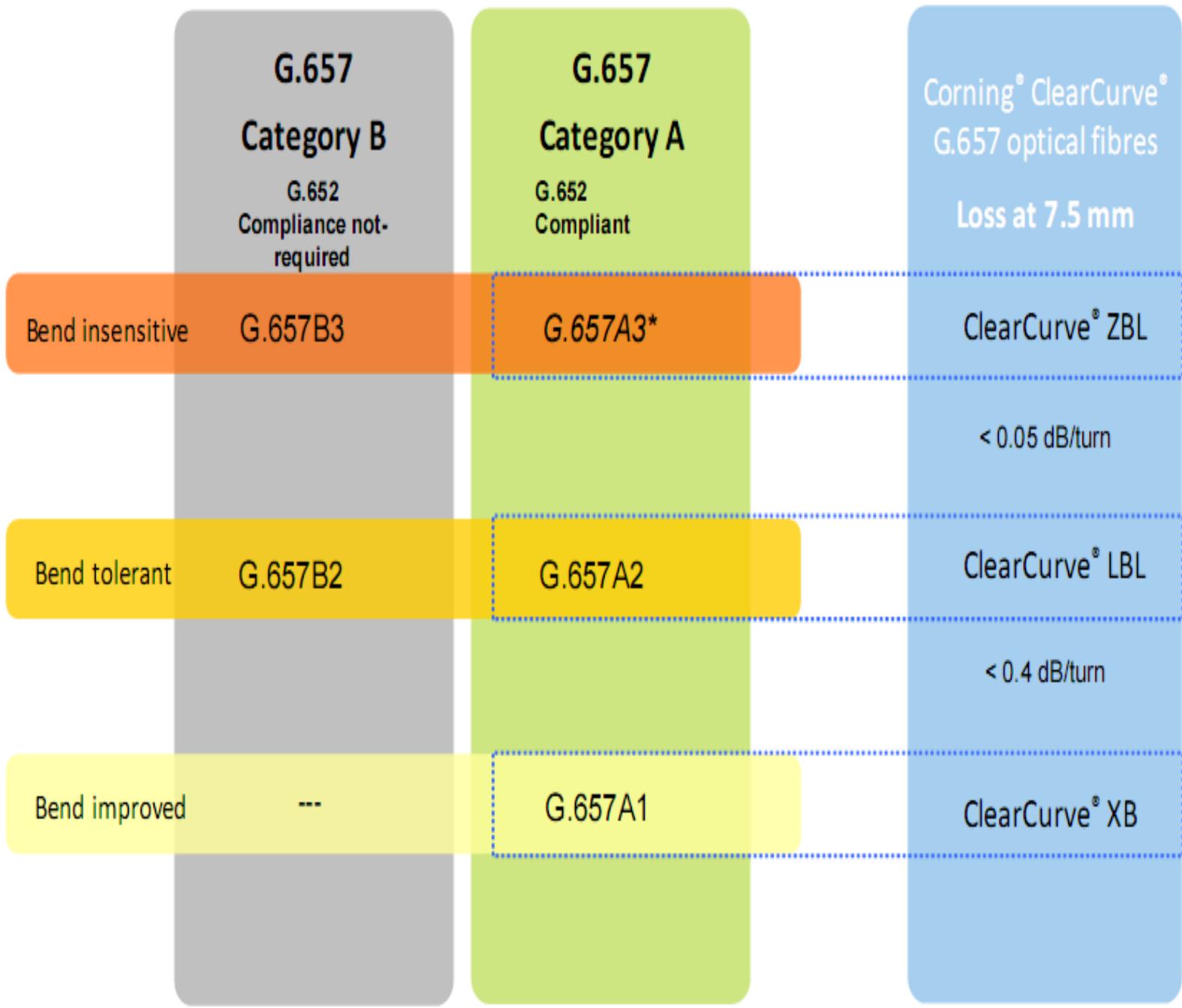
	ПОТЕРИ, дБ	ДЛИНА/КОЛ-ВО	ОБЩИЕ ПОТЕРИ, дБ
РАЗВЕТВИТЕЛЬ (1:2)	3	1	3
РАЗВЕТВИТЕЛЬ (1:32)	16-17	1	17
МУЛЬТИПЛЕКСОР WDM	0,7-1,0	1	1
СВАРКА	0,05-0,1	3	0,3
МЕХ.СОЕДИНЕНИЕ	0,25	1	0,25
КОННЕКТОР	0,2	7	1,4
ОВ G652C-1310 нм	0,35дБ/км	5	1,75
ИТОГО ПОТЕРИ НА СЕТИ от OLT до ONT, дБ			24,7

	ORL, дБ	ПО	T	E	P	И, дБ
		классА	классВ	классС	IEEE802.3а h 1000BASE- PX	
	Мин/макс	Мин/макс с	Мин/макс	Мин/макс	10км Мин/макс	20км мин/макс
GPON	32	5 20	10/25	15/30		
BPON	32	5/20	10/25	15/30		
EPON D/U	20	15			5/19,5 20/20	10/23,5 24/24

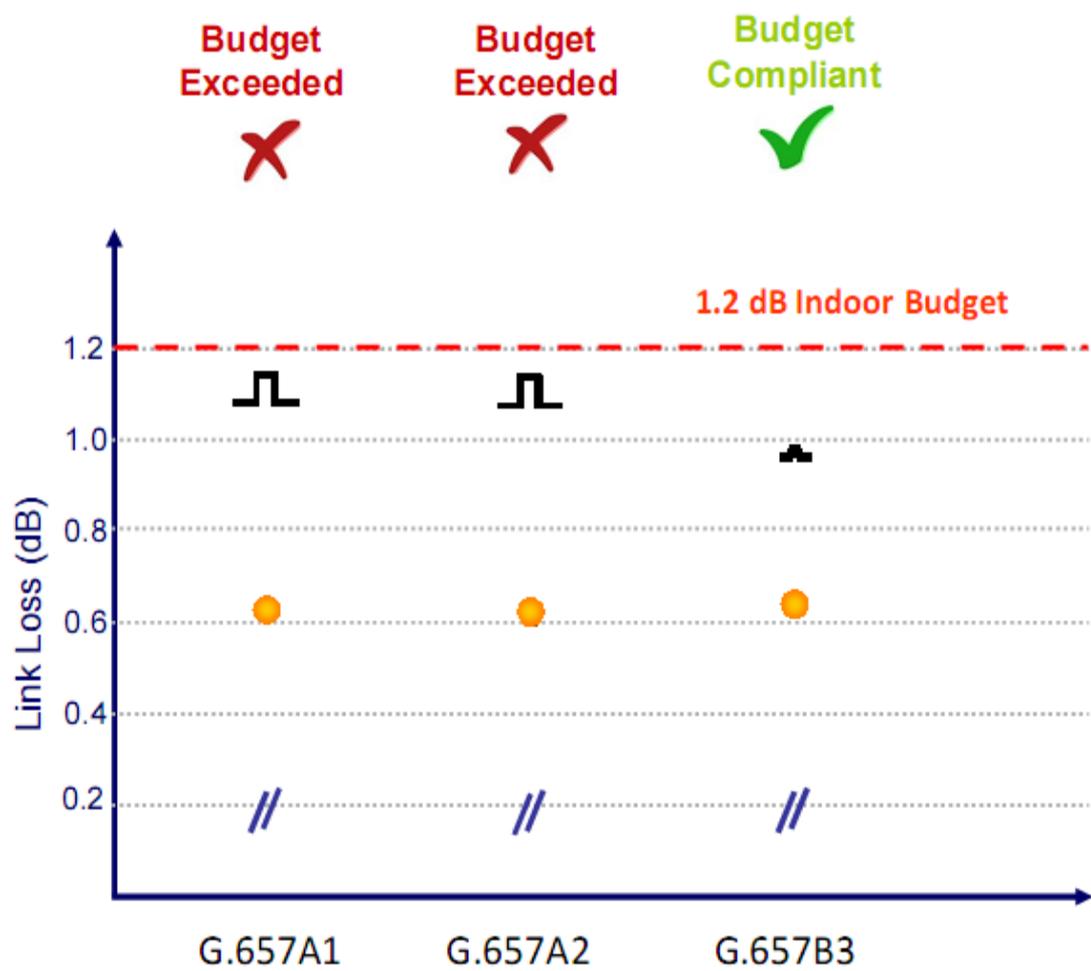
Рекомендации ITU-T G.657 и волокна Corning® ClearCurve®

Параметр	Детальная характеристика	G.652.D	G.657.A1	G.657.A2	G.657.B2	G.657.B3
ДМП@1310 нм , мкм	-	8,6...9,5 (+/- 0,4 мкм)			6,3...9,5(+/- 0,4 мкм)	
Потери при изгибе, дБ	Мин. радиус, мм	32	10	7,5	7,5	5
	Число витков	100	1	1	1	1
	Прирост @1550нм	0,1	0,75	0,5	0,5	0,15

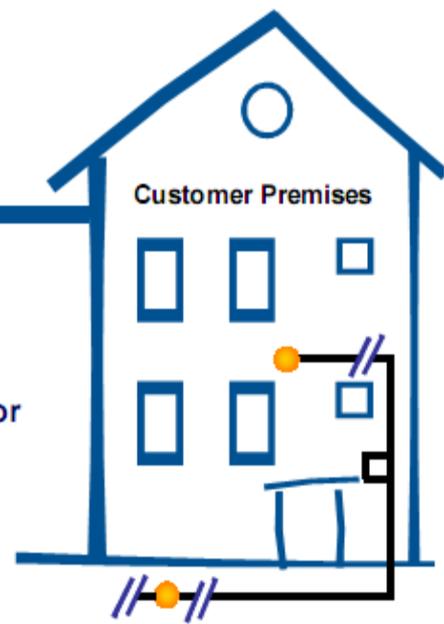
Волокно Corning	Радиус	Прирост затухания/виток	G.652.D	G.657.A1	G.657.A2	G.657.B2	G.657.B3
ClearCurve® ZBL	5 мм	≤ 0.1 дБ/виток	✓	✓	✓	✓	✓
ClearCurve® LBL	7.5 мм	≤ 0.4 дБ/виток	✓	✓	✓	✓	
ClearCurve® XB	10 мм	≤ 0.5 дБ/виток	✓	✓			



Какое же волокно выбрать для прокладки внутри дома?



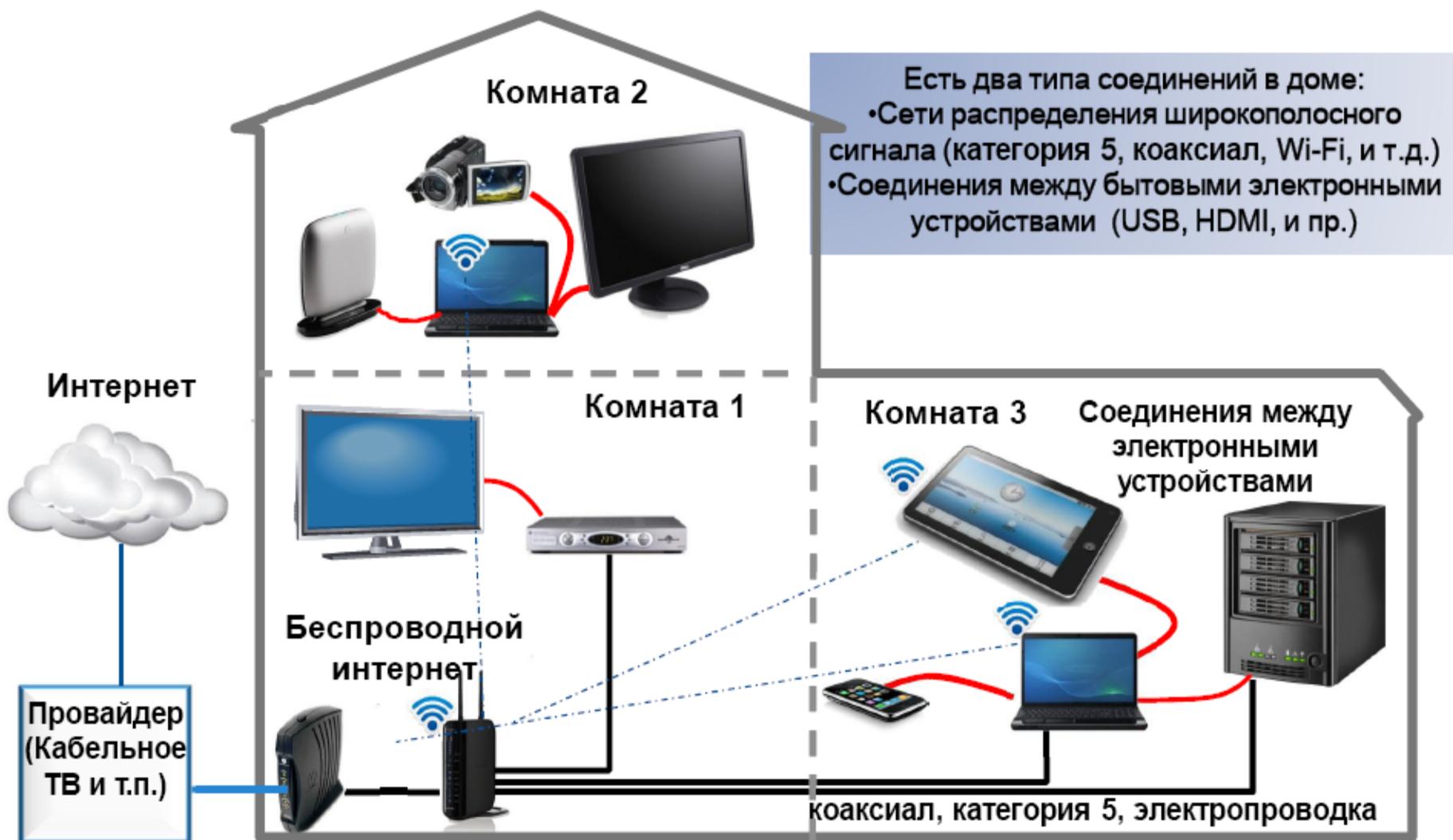
- Cable
- // Splices
- Connector
- ┌ Bends



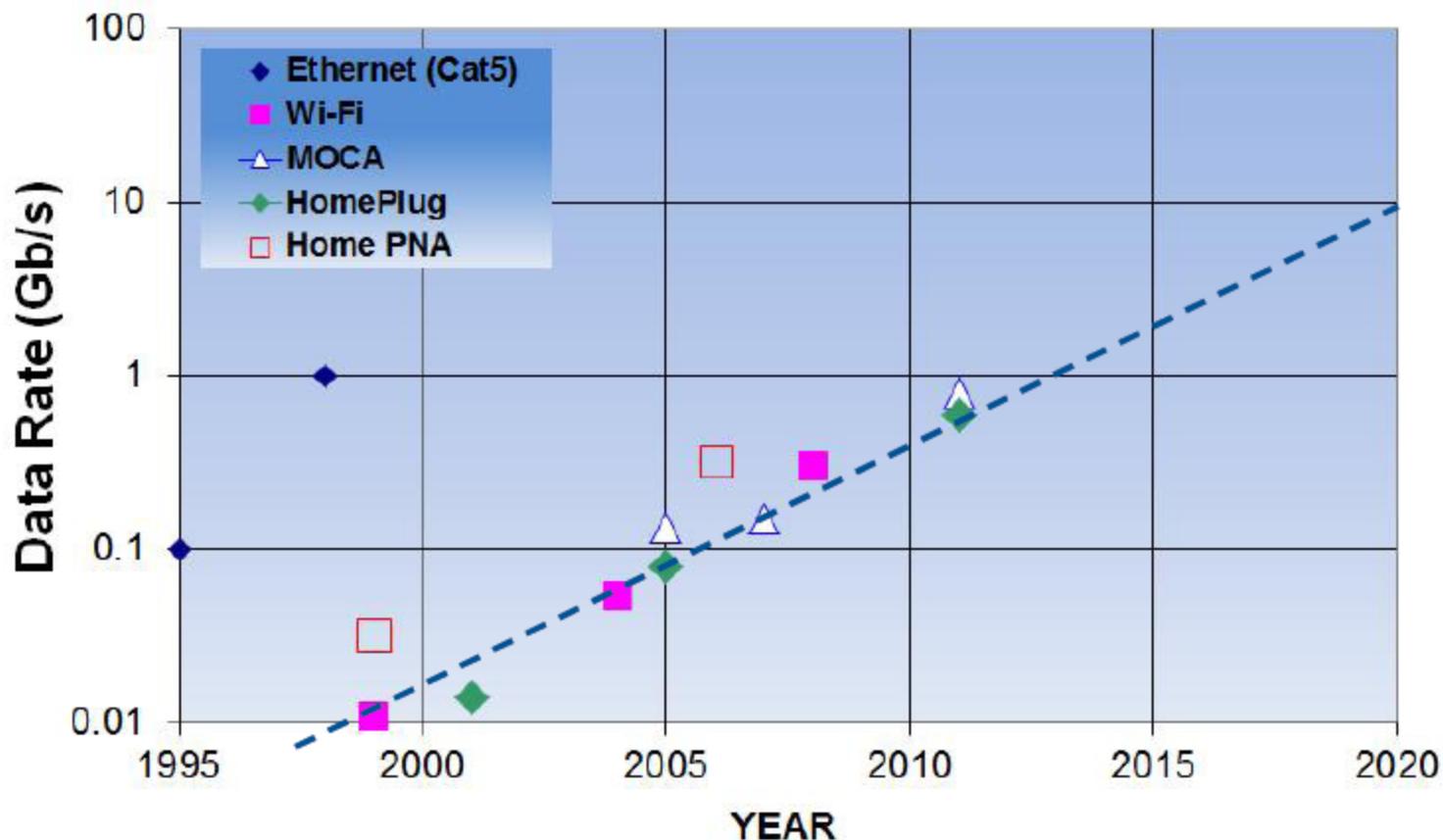
Вывод

Только категория В3 гарантирует выполнения требований бюджета по потерям

Сегодня внутридомовые (внутриквартирные) сети (ВДС) не используют оптическое волокно

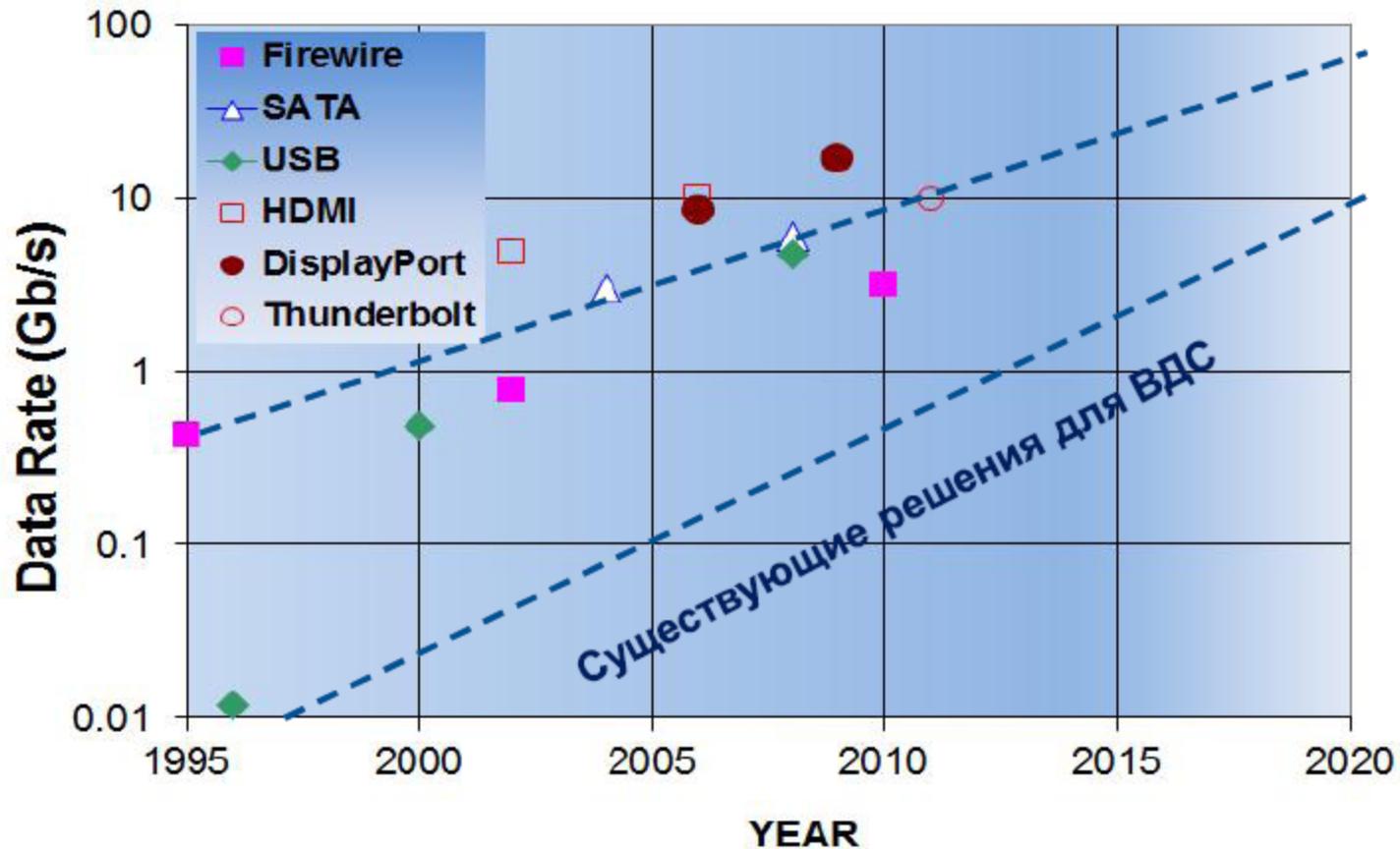


Существующие решения ВДС для распределения внешнего сигнала работают на скоростях ниже 1 Гбит/с



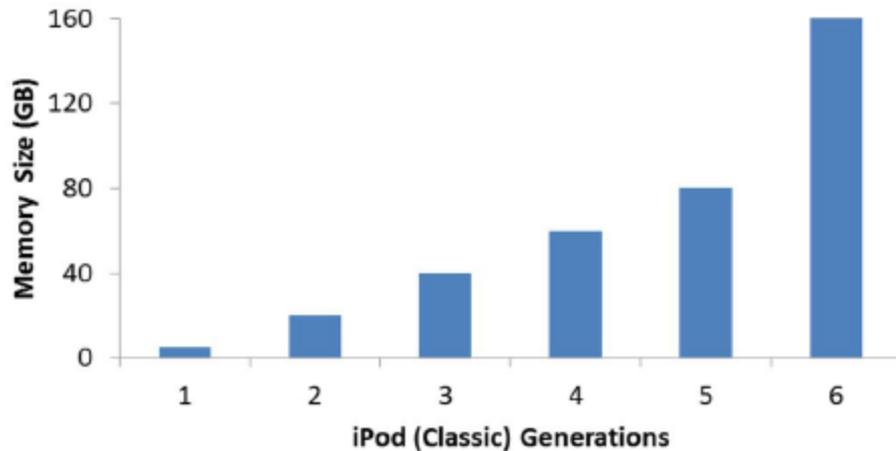
Экстраполяция исторической тенденции приводит к выводу о достижении 10 Гбит/с в конце десятилетия

Интерфейсы бытовых электронных устройств (БЭУ) уже достигли диапазона 10 Гбит/с



Есть две движущие силы для внедрения высокоскоростных соединений: 1) видео и 2) обмен большими файлами

Размер памяти медийных устройств и накопителей также требует роста скорости соединений



<http://www.wired.com/gadgetlab/>



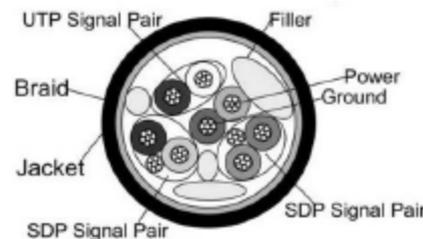
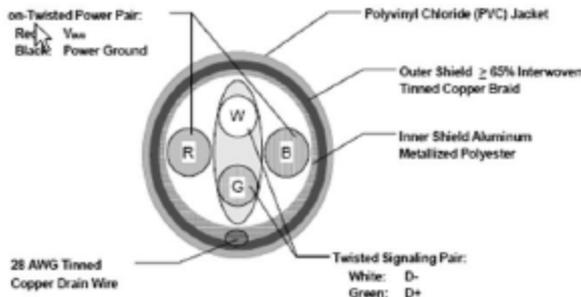
Thunderbolt™/LightPeak (10 Гбит/с / канал)
Active Electrical (Apple)/Optical (Sony)

USB 1.0 ('96)
1.5 / 12 Мбит/с
2 провода
данных

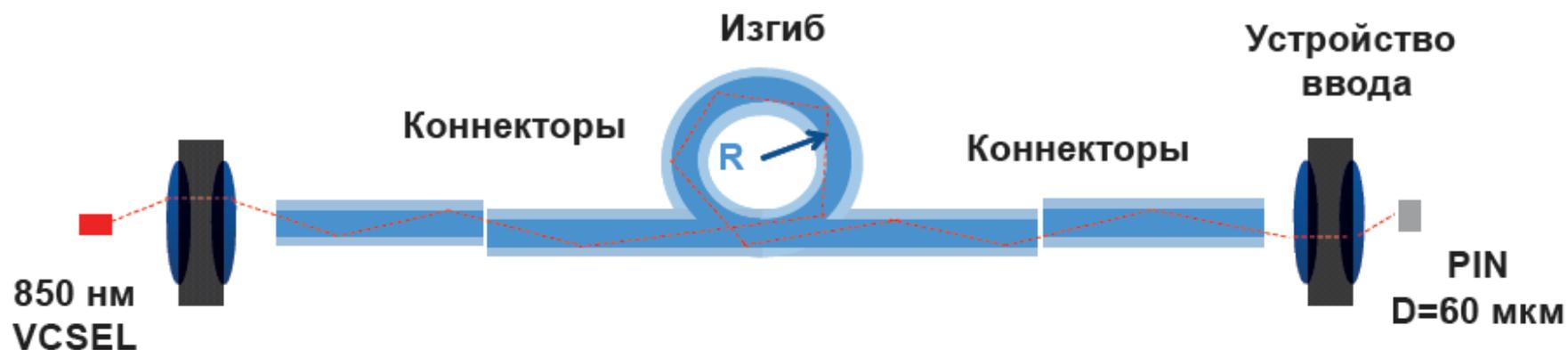
USB 2.0 ('00)
480 Мбит/с
2 провода
данных

USB 3.0 ('08)
5 Гбит/с
6 проводов
данных

USB 4.0?
25 Гбит/с?
Оптика?



Требования к оптическому волокну для домашних сетей



Полоса и расстояние	≥ 10 Гбит/с на расстояниях, характерных для ВДС
Простое соединение с лазером Tx и Rx PIN	Предпочтение большой сердцевине и NA Предпочтение малой сердцевине для подключения приемника
Надежная конструкция коннектора	Предпочтение большой сердцевине и NA
Простота установки	Предпочтение низким потерям и механической стойкости при малом радиусе изгиба
Цена	Дешевые компоненты (VCSEL, литая оптика, свободные допуски на точность юстировки)

Видение дома будущего:

Сочетание беспроводных и волоконных технологий



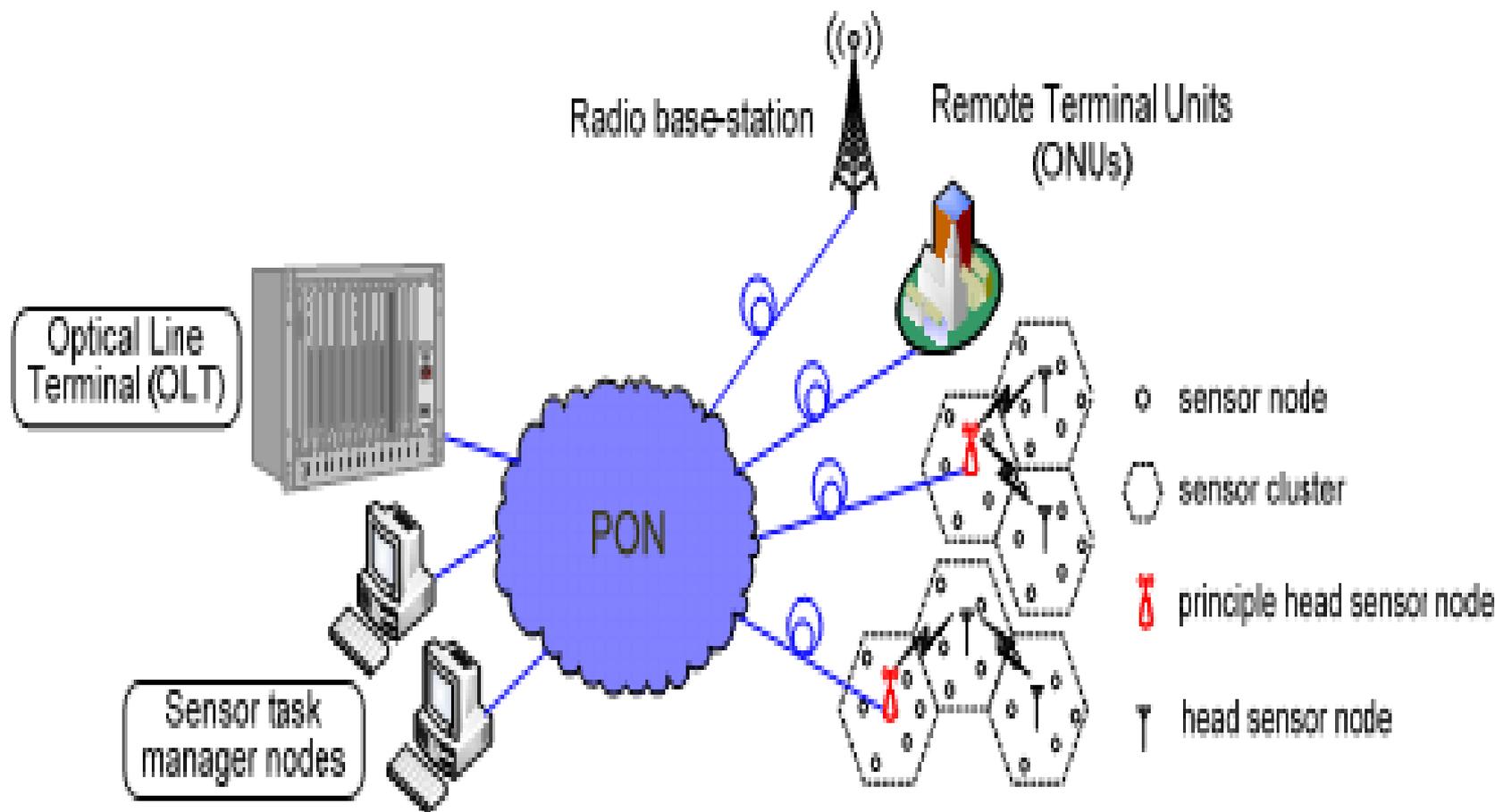
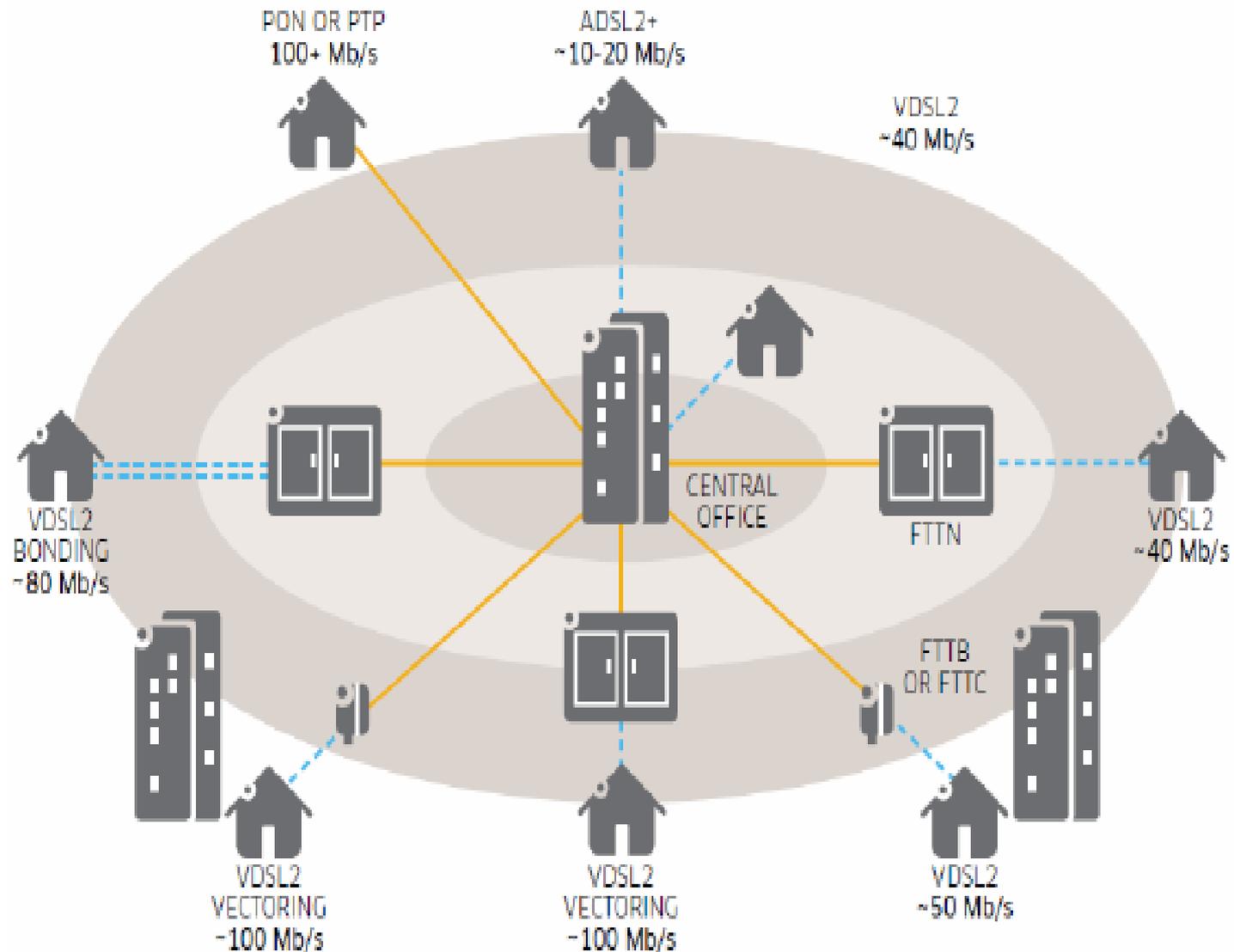
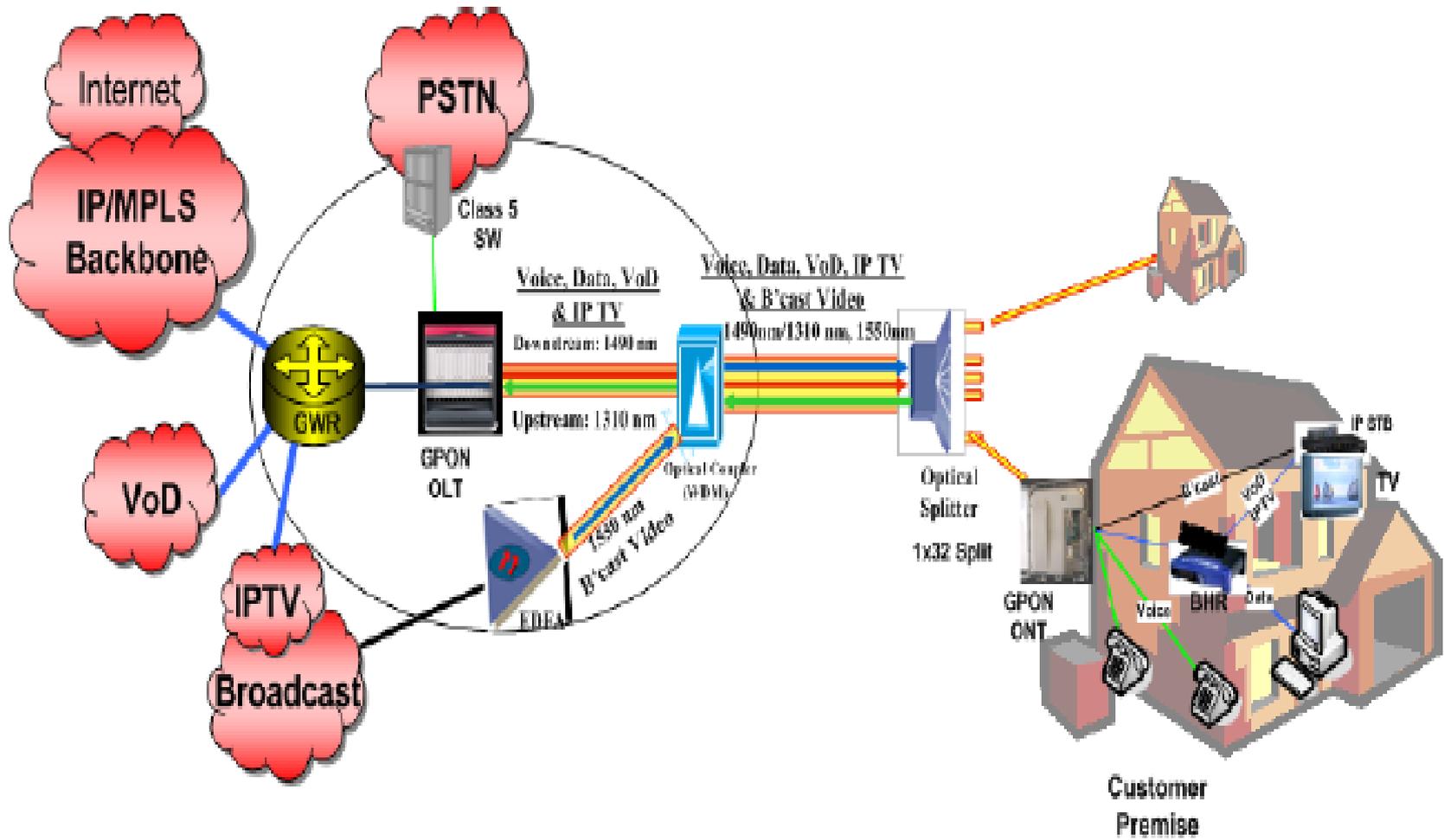


Fig. 1. A hybrid fiber-wireless sensor network based on the existing converged wired/wireless PON.





Типы FTTH-сетей для районов индивидуального жилья

- **Воздушные**
 - Вертикальное расположение множества кабелей
 - Горизонтальное, на траверсах расположение множества кабелей
 - Компактное расположение кабелей
- **Подземные**
 - В традиционной канализации
 - В микроканализации
 - В микроканализации в традиционной канализации
- **Гибридные**
 - Воздушные и подземные сегменты

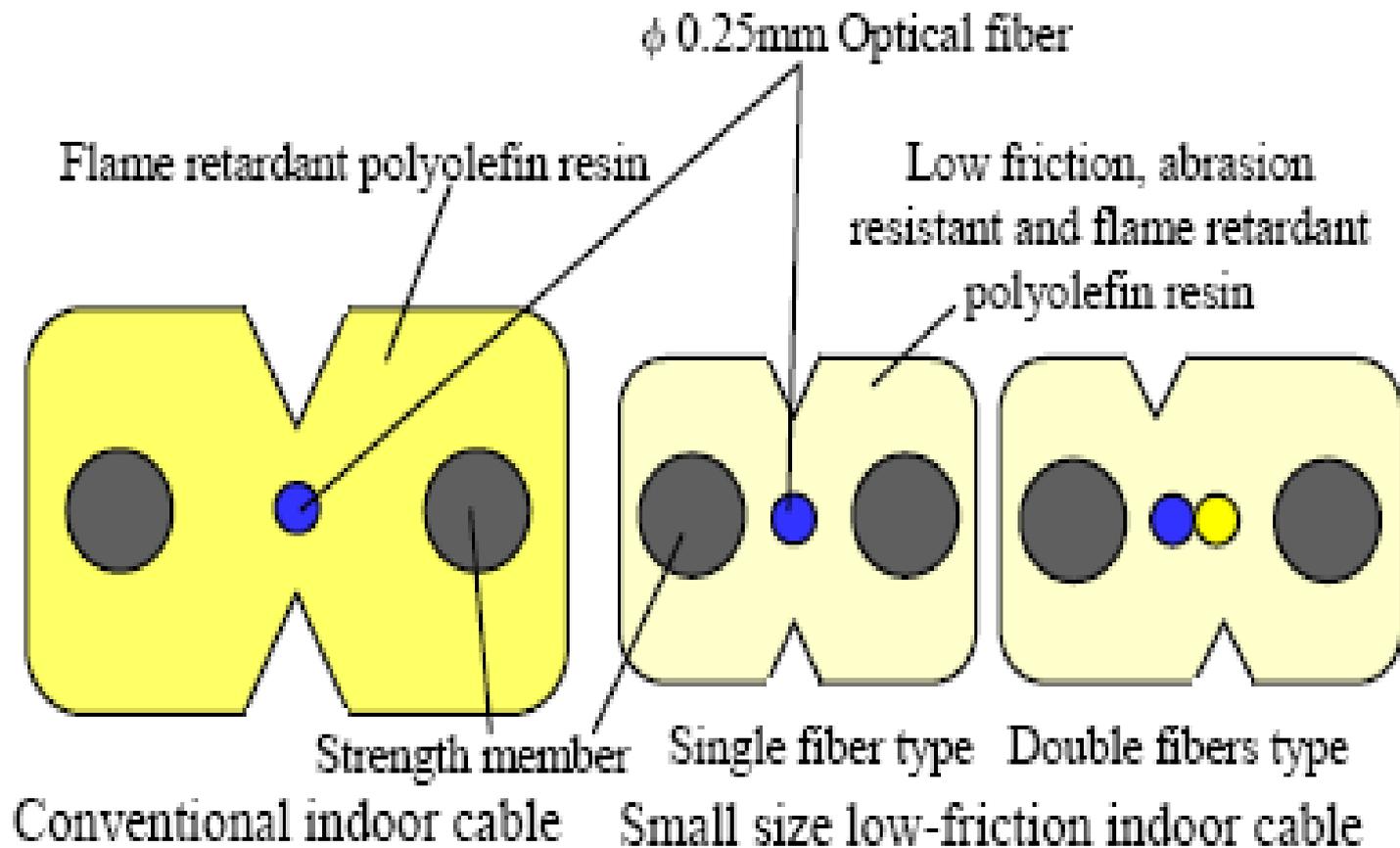
Воздушные значительно более экономичны в строительстве, но требуется аренда опор.

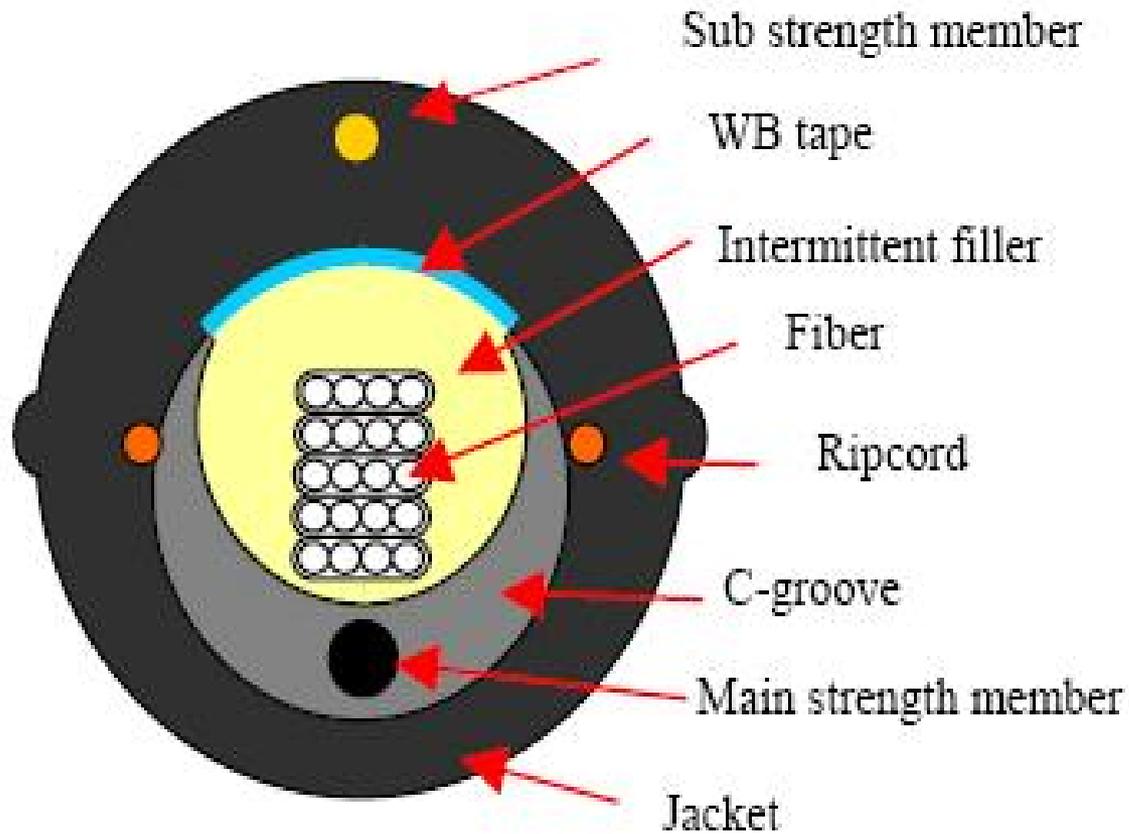
Способы построения

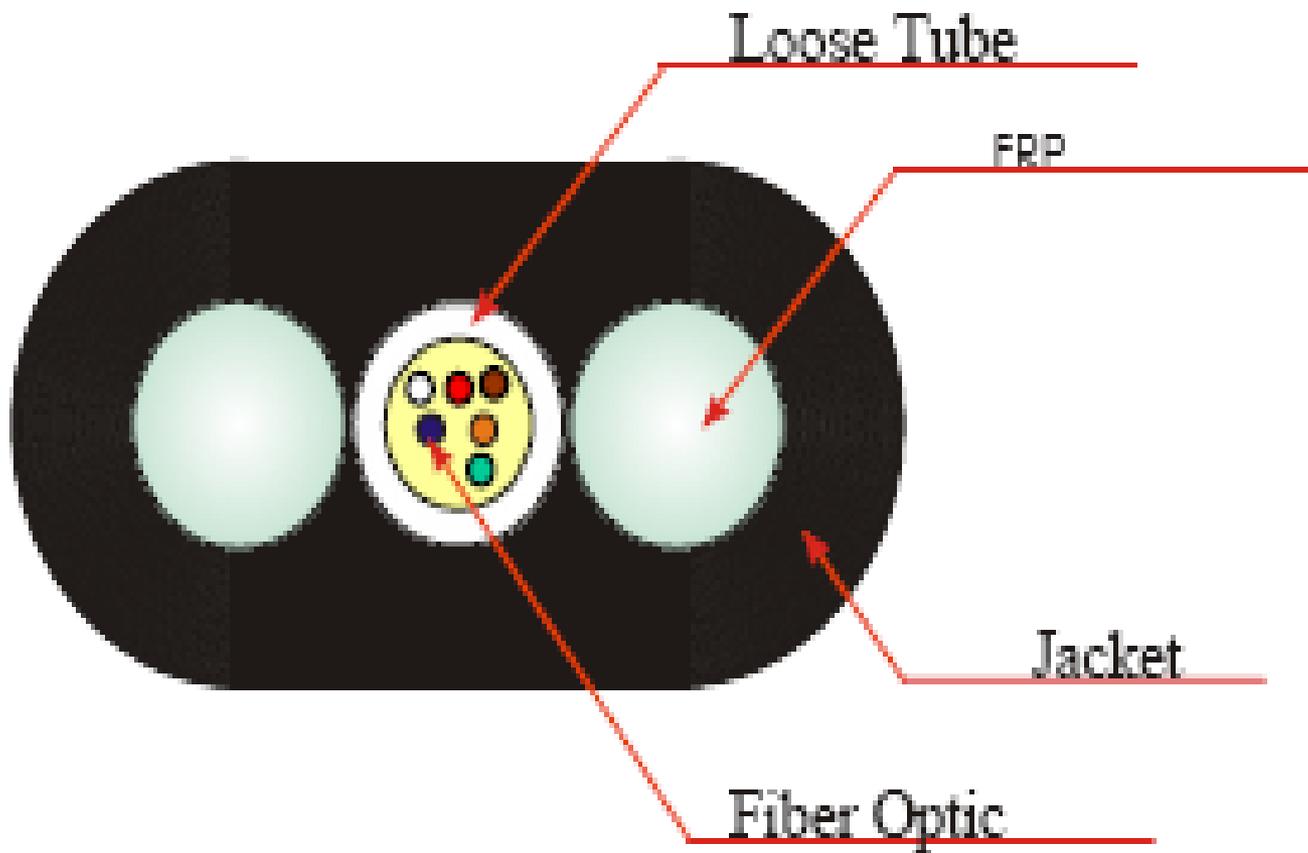
- За счет **увеличения количества** узловых элементов (особенно это касается **дроп муфт**) и комбинирования в одном кабеле фидерных и распределительных волокон **ограничить число кабелей в пролете до 2-х**.
- **Микротрубочная воздушная канализация**, аналог микротрубочной подземной, но в виде кабелей с вынесенным несущим элементом для подвеса на опорах.
- **Подвесные кабели со свободной укладкой волокон/модулей**, выделением их через боковой разрез. Аналог технологии, широко применяемой для сетей FTTH многоэтажных домов.
- Приматывать кабели в пролетах к несущему тросу проволокой. Петли технологического запаса и узловые элементы (муфты) подвешиваются на трос (strand mounted). Эта технология известна как обмоточная или **лэш-технология**, так как использует кабельные обмоточные машины (cable lasher).
- **Навививная технология с возможностью последовательной множественной навивки оптических микро кабелей**. Идеологически похожа на микротрубочную по п.3, но микрокабели навиваются на внешний силовой элемент, играющий роль канализации, а не задуваются. Внешним силовым элементом может быть самонесущий оптический кабель.

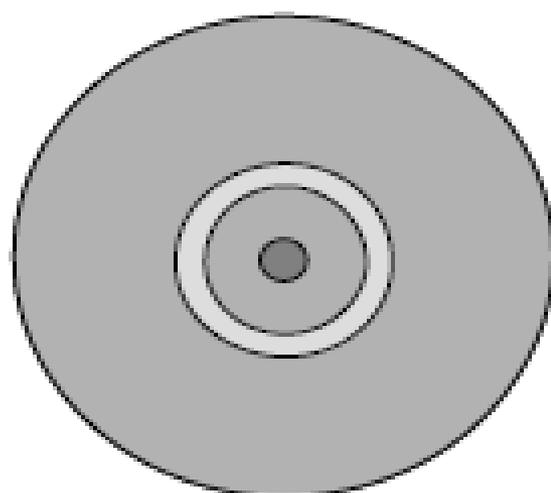
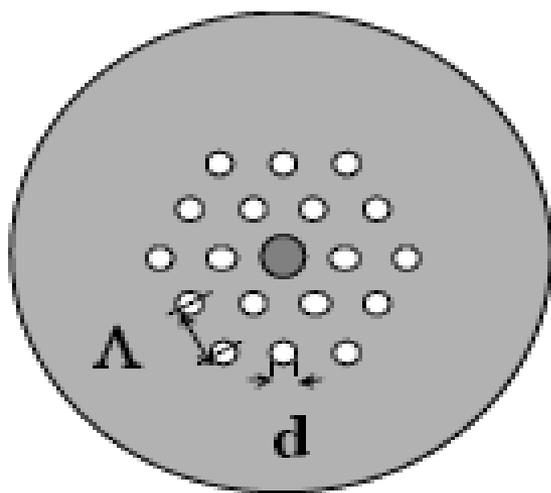
Воздушная компактная кабельная система: Требования

- **Минимальное количество кабелей или плотных пучков кабелей – один или два в большинстве пролетов**
- **Отсутствие петель технологического запаса кабелей на опорах в виде бухт**
- **Компактные оптические муфты, занимающие место на опоре не более 50 см по вертикали или подвес муфт на трос в пролете**
- **Проводка кабелей по опоре от муфты до верха (низа) опоры в защите**
- **Отвод дроп-кабелей по возможности в пролете от кабеля/пучка вблизи опоры**
- **Расположение элементов кабельной системы на опоре так, чтобы оставалась возможность подъема монтеров на опору с использованием монтерских «кошек» (муфт, защиты кабелей, кронштейнов)**



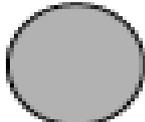






A

B

-  Standard step index core
-  Hole
-  Depressed-index cladding (trench)
-  Cladding

- **Подвесные кабели**

1. Подвесные кабели «8».



2. Подвесные кабели круглые ОКСН (1 обол. сухие).



3. Подвесные плоские кабели (популярны).

4. Подвесные микротрубчатые.

5. Подвесные со свободными волокнами/ модулями



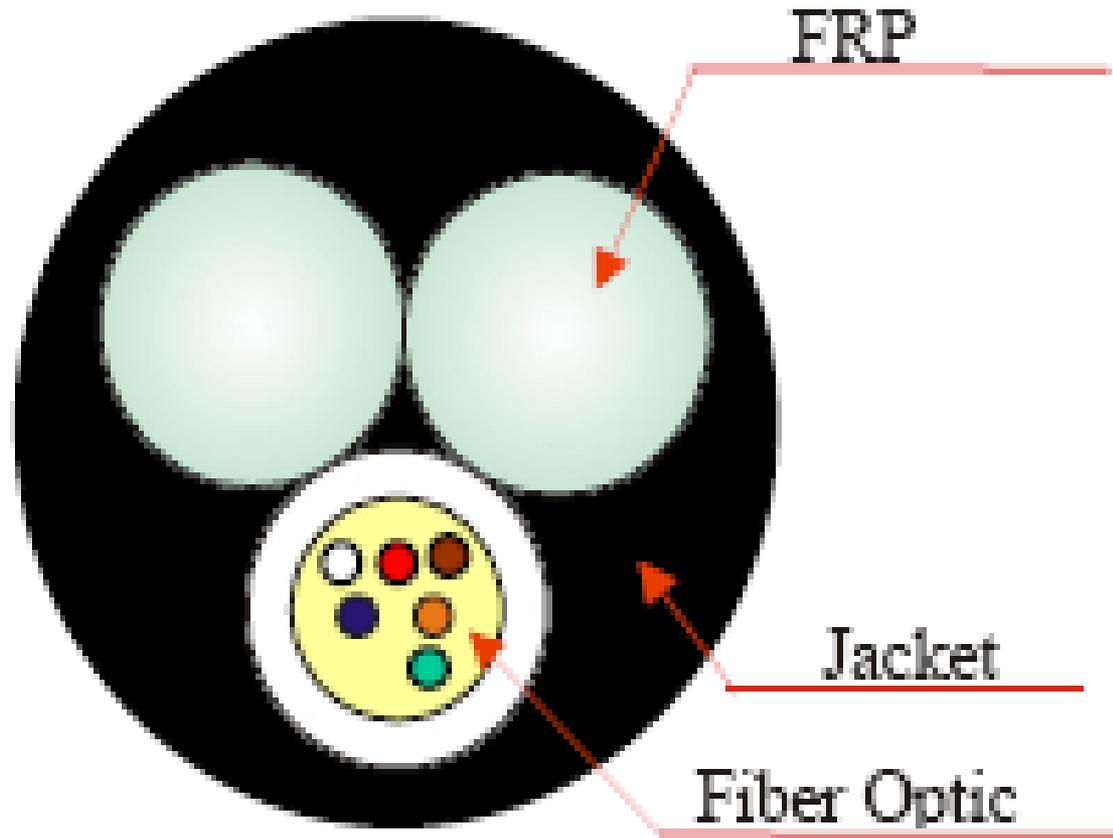
- **Подвесные микрокабели**

1. Подвесные с сечением «бабочка».



2. Навивные кабели (самонесущие тонкие)





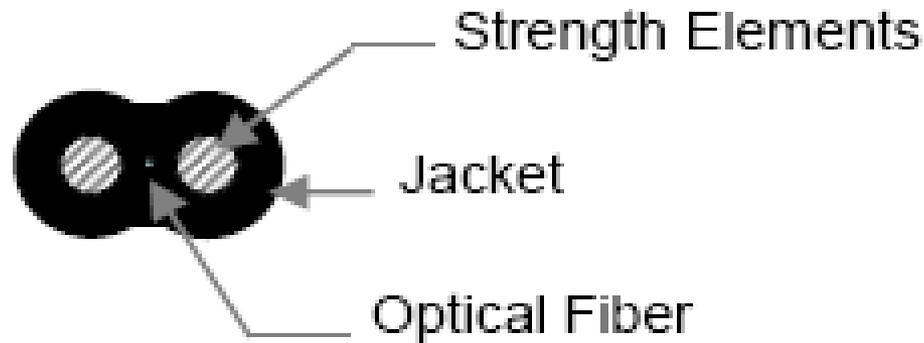


Figure 5. Improved Single-Fiber Drop Cable Dielectric Design.

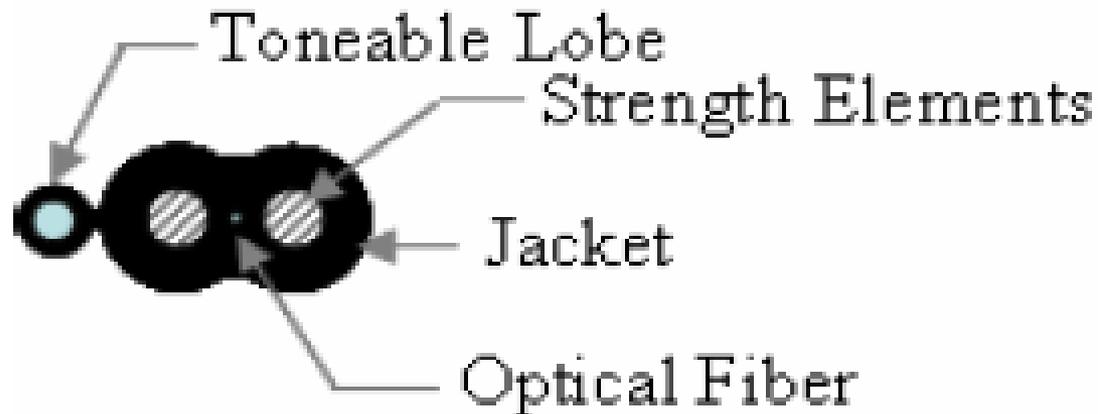


Figure 6. Improved Single-Fiber Drop Cable Toneable Design.

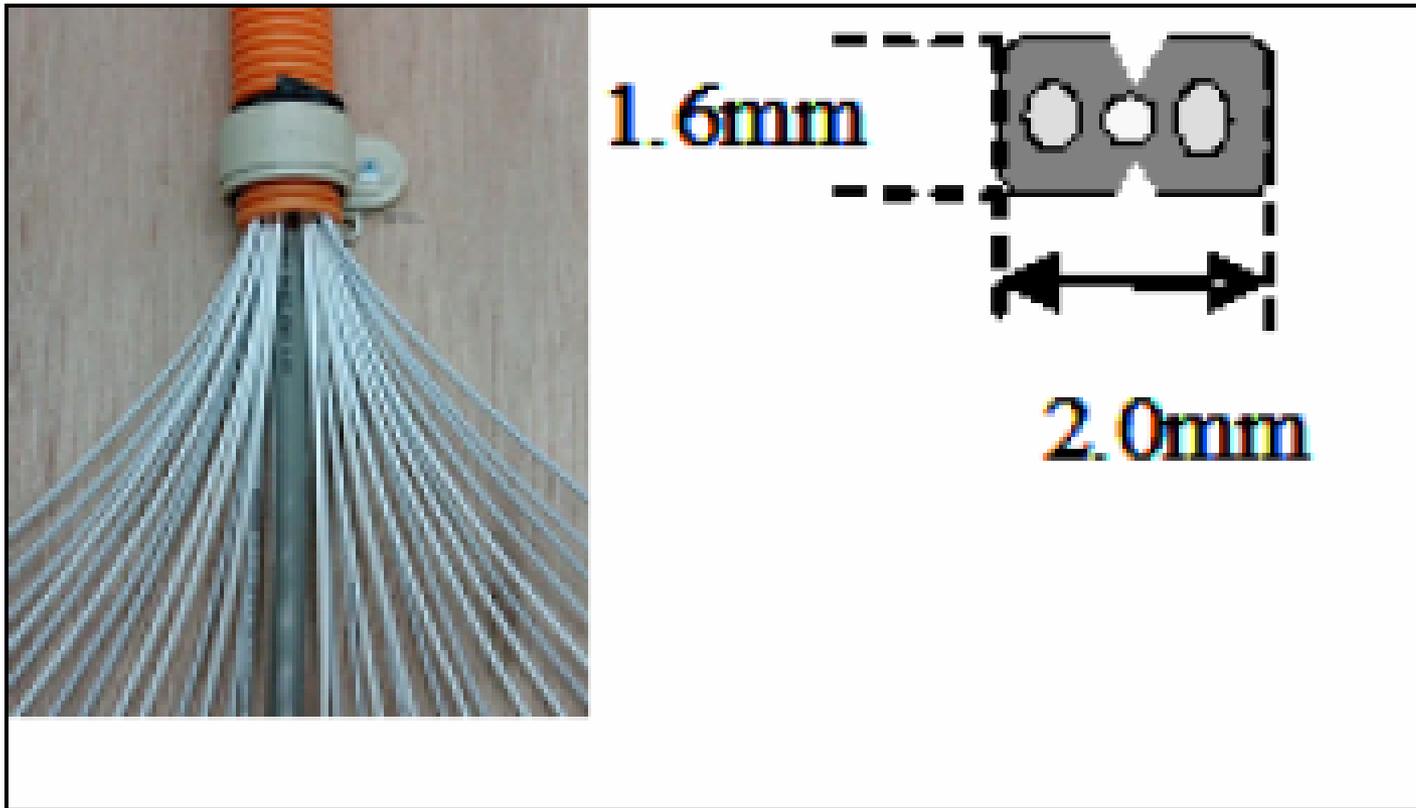


Fig. 5 Image of developmental indoor optical fiber

присоединение кабелей к несущим тросам или кабелям. Способы присоединения



ЛЭШ-технология



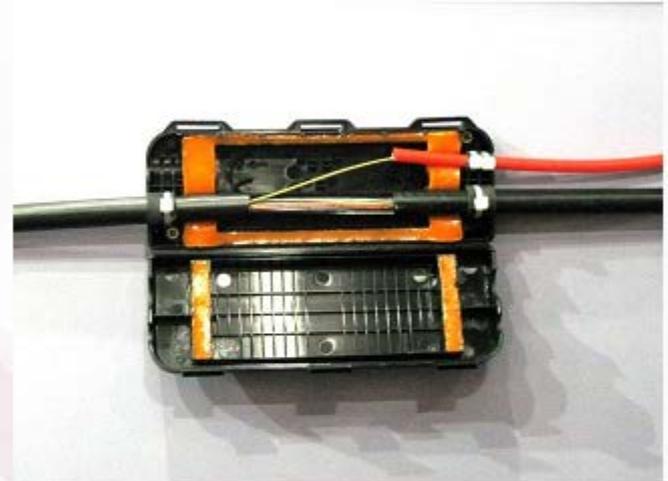
Навивная технология



Лэшер



**Воздушная компактная кабельная система:
подвесная микроканализация, подвесные кабели со свободным
боковым выделением волокон/модулей**



- **Пластиковая (для абонентских участков)**

1. ЗПТ-25, ЗПТ-32.

2. Гофротруба (двуслойная).



- **Микроканализация (Рост применения в Европе)**

1. Тонкостенные микротрубки в п/э оболочке



2. Толстостенные микротрубки



Кабели подземных FTTH сетей

- **Обычные кабели**

1. Бронированные лентой (ст.пр.повивом) для канализации.
2. Небронированные для пластиковой канализации.

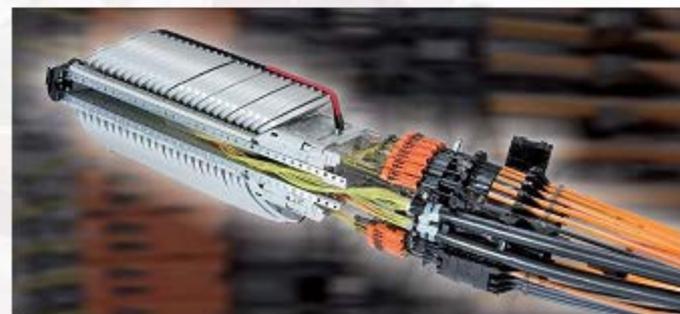


- **Микрокабели / модули**

1. Кабели в микроканализацию (центральная трубка, модули).
2. Модули в микроканализацию.

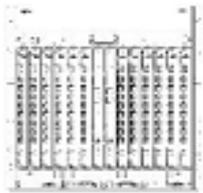


Распределительные узлы FTN сетей ЧС (примеры)



Дроп-узлы FTTH сетей ЧС (примеры)



Product Name	RFT1500	RFT1100	RFT1000
Image			
Dimensions (W x H x D)	440 x 528 x 280mm	444 x 310 x 285mm	440 x 221.5 x 255mm
Port Configuration	160x GPON/ 80XEON/ 80X XGPON,10G-EPON + 16x10GE	40x G-PON + 4x10GE + 8xGE	4x1GPON + 8GE
Service Line Card	SFU(2), IU(12)	SFU(2), SIU(10), NIU(2)	
Switching Capacity	1.92Tbps	296Gbps	48Gbps
CPU	P2020@1.2GHz Dual core	MPC8347@667MHz	MPC8245@400MHz
Flash	128MB	72MB	40MB
SDRAM	1GB DDR3	1GB DDR2	256MB SDR
LPM (IPv4)	16K (120K)	16K	12K
L2 MAC	32K (288K)	32K	16K
MCAST	8K	4K	4K
Operation Temperature	32~122°F (0~50°C)	32~122°F (0~50°C)	32~122°F (0~50°C)

GPON ONT RFT600

GPON:

- Соответствует рекомендациям ITU-T G.984 (DBA, FEC);
- Мощность передатчика (лазерный диод DFB) от 0,5 до +5 Дб (класс B+);
- Чувствительность приемника (APD) -28Дб;
- Радиус покрытия сети до 20км.
- Используемые длины волн: восходящее направление 1310±50нм, нисходящее направление 1490±10нм.

Ethernet:

- 1x10/100/1000 Base-T интерфейса (RJ-45);
- Поддержка до восьми очередей на порт с использованием механизма Class of Service (CoS), поддержка IP ToS;
- Поддержка механизмов 802.1D, 802.1W, 802.1AD;
- Поддержка механизма 802.1Q для виртуальных локальных сетей VLAN;
- Поддержка IGMP v2/v3;



➤ Оборудование GPON.

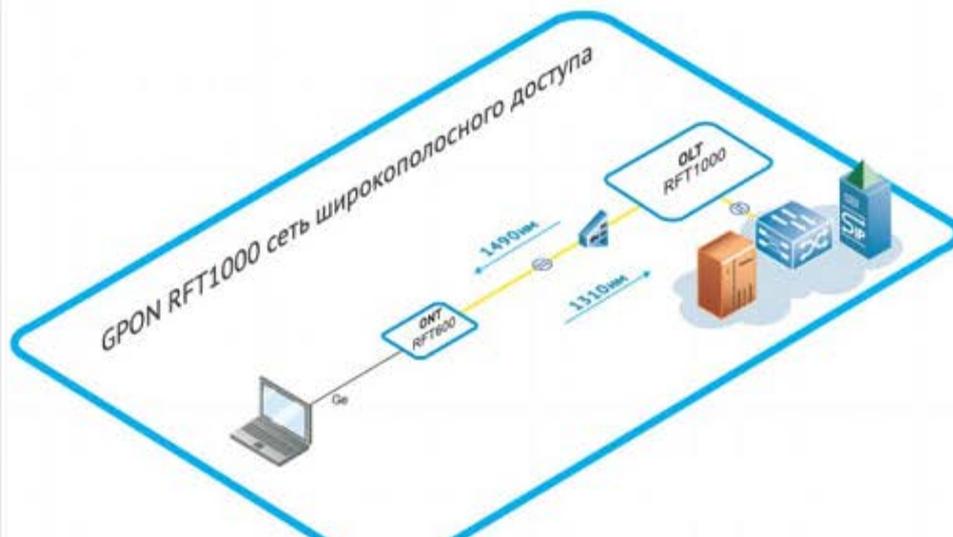
Абонентские терминалы.



GPON ONT RFT600

RFT600 поддерживает услуги:

- высокоскоростной доступ в интернет (Hight Speed Internet Access);
- цифровое телевидение с использованием технологии IPTV;
- видео по запросу (Video on Demand);
- видео высокого качества (Hight Defenition);
- видеоконференцсвязь;
- виртуальные локальные сети L2\L3 (Virtual Private Network);



ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОС

Тестирование сети подразделяется на 2 этапа

ТЕСТИРОВАНИЕ при строительстве сети:

- тестирование, проводимое в процессе строительства подрядной организацией;
- тестирование, входящее в комплекс работ по сдаче/приемке построенной сети.

ТЕСТИРОВАНИЕ при эксплуатации сети:

- тестирование при вводе в эксплуатацию активного оборудования уровня агрегации, а также подключения абонентских устройств;
- регламентные периодические работы;
- поиск, локализация и устранение неисправностей.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОС

Регламентируется проведение следующих измерений:

- измерение потерь в кабельной секции перед сваркой;
- измерение оптических возвратных потерь;
- измерение оптических потерь между двумя оконечными точками;
- рефлектометрический анализ линии.

Тестирование проводят в обоих направлениях и на трех длинах волн - 1310/1490/1550нм.

Набор измерительного оборудования включает:

- источник оптического излучения на три длины волны 1310/1490/1550нм;
- измеритель оптической мощности, оптические тестеры;
- измеритель обратного отражения;
- оптический рефлектометр с источником на три длины волны 1310/1490/1550нм.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ РАБОТАХ.

ТЕСТИРОВАНИЕ ДЕЛИТСЯ НА ТРИ ЭТАПА:

Тестирование фидерного кабеля с ОВ G.652;

Тестирование сплиттера;

Тестирование распределительного кабеля с ОВ G.657.

Затухание ОВ G.652С в диапазоне используемых в ПОС длин волн составляет:

-1310 нм - 0,33дБ/км (0,35дБ/км –наихудший случай),

-1490нм - 0,21дБ/км (0,27дБ/км –наихудший случай),

-1550нм - 0,19дБ/км(0,25 дБ/км- наихудший случай).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ