



中国光电高峰论坛 (CIOEC)

2011年光通信技术和发展论坛

2011年9月6日—7日
深圳会展中心五楼牡丹厅



FTTH在国内外的 发展和挑战

武汉邮电科学研究院

毛 谦

www.wri.com.cn

2011年9月1日

内 容 提 要

- 概述
- 国际FTTH发展现状
- 国内FTTH发展状况
- 发展FTTH技术面临的挑战
- 结语

概 述

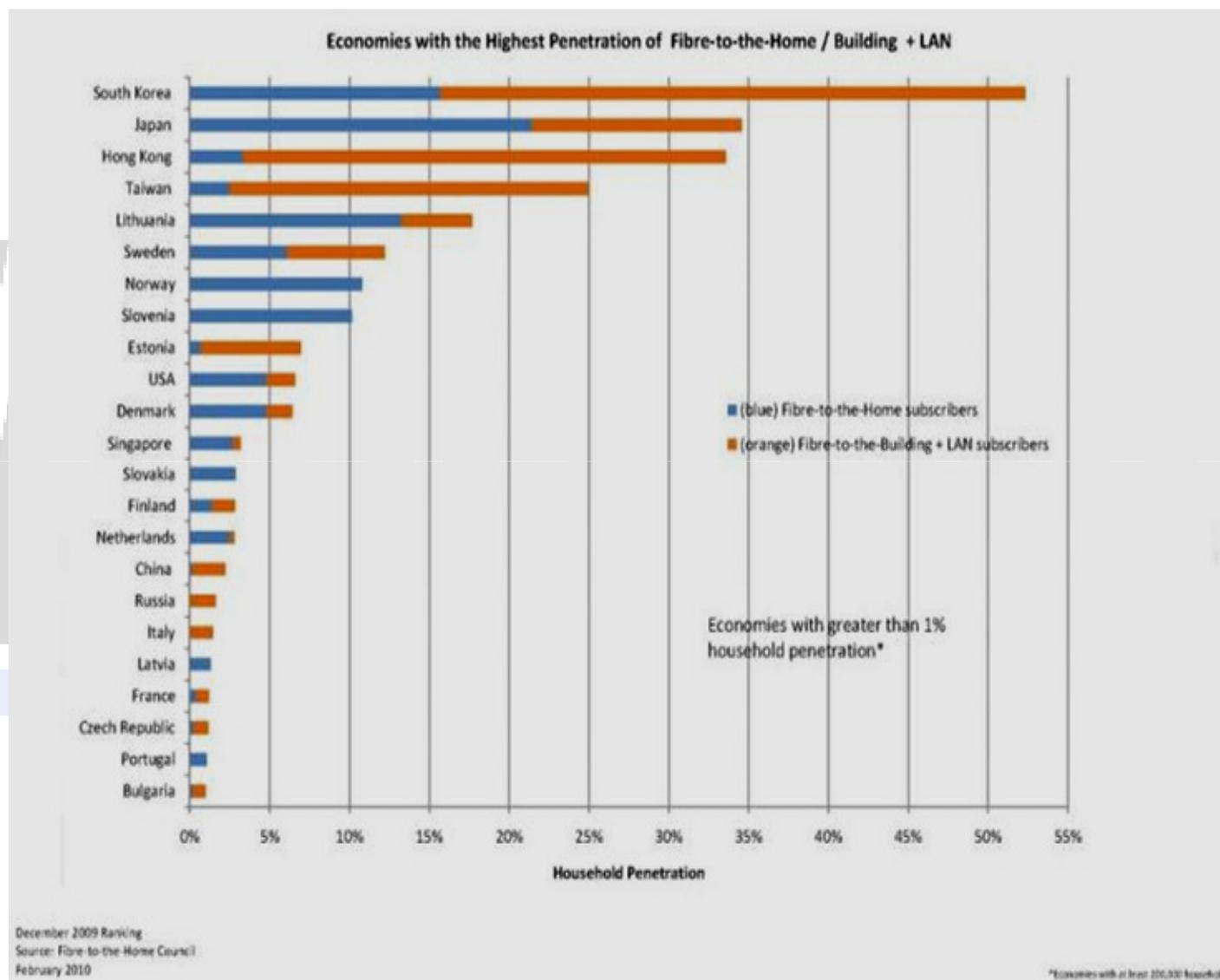
- FTTH发展依然活跃
- 全球FTTH发展处于快速增长期
- 国内FTTH发展正在提速
- 10GxPON之后的走向
- 元器件是最大的挑战

内容提要

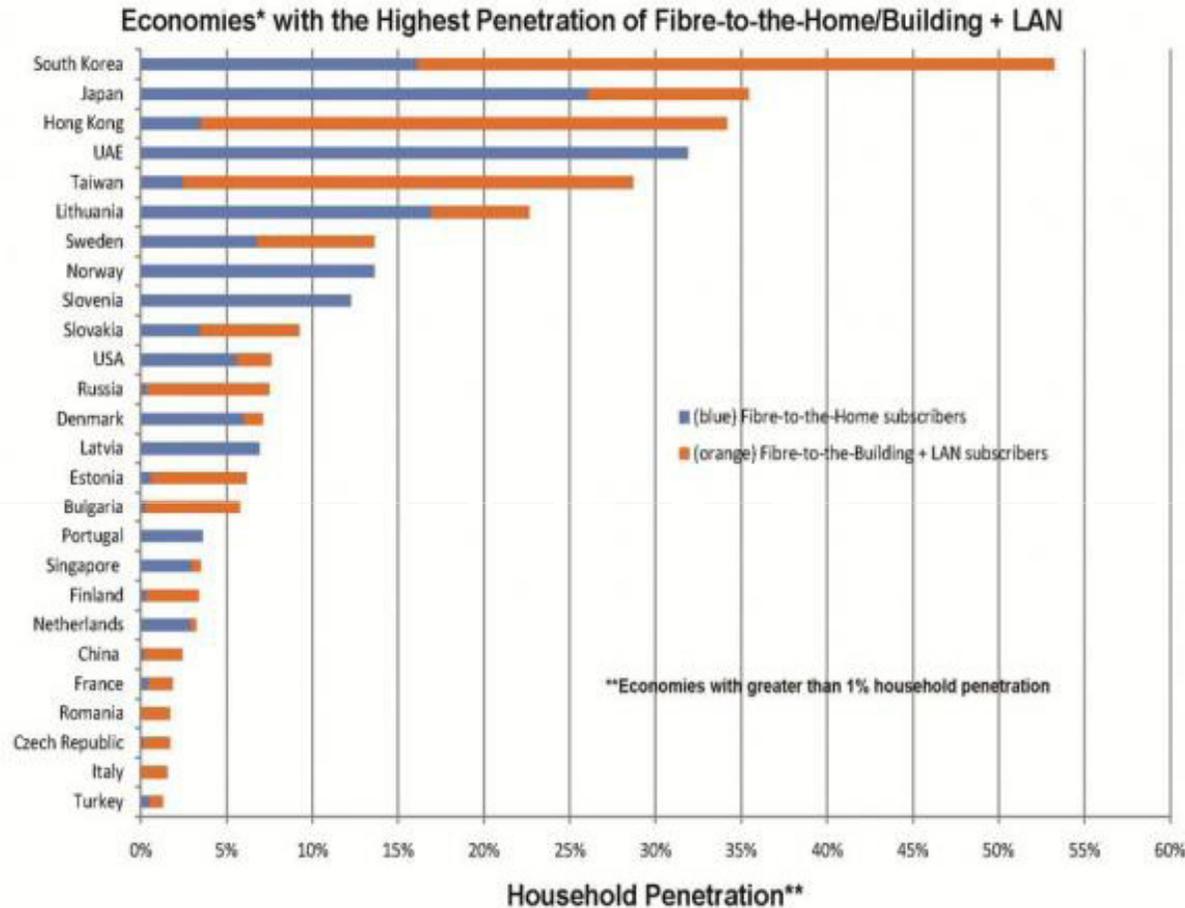
- 概述
- 国际**FTTH**发展现状
- 国内**FTTH**发展状况
- 发展**FTTH**技术面临的挑战
- 结语

- **2010**欧洲发展很快，但仍有很大潜力。
- 用户数最多的**5**个经济体是：中国大陆、日本、韩国、美国和台湾，这**5**个经济体的用户数占全球总数的**90%**。
- **G20**实体从**7**个经济体成长为**8**个，排世界**FTTH**发展的前列。

FTTH普及率排名2009Q4



FTTH普及率排名2010Q4



| | 2009 | 2010 |
|-------|-------|-------------|
| 国家数 | 23 | 26 |
| 中国排位 | 16 | 21 |
| 韩国普及率 | 52.5% | 53.5% |
| 中国普及率 | 2.1% | 2.5% |
| UAE | 第10 | 跃居第4 |
| 俄罗斯 | 第17 | 第12 几乎超美 |
| 葡萄牙 | 22 | 17 |

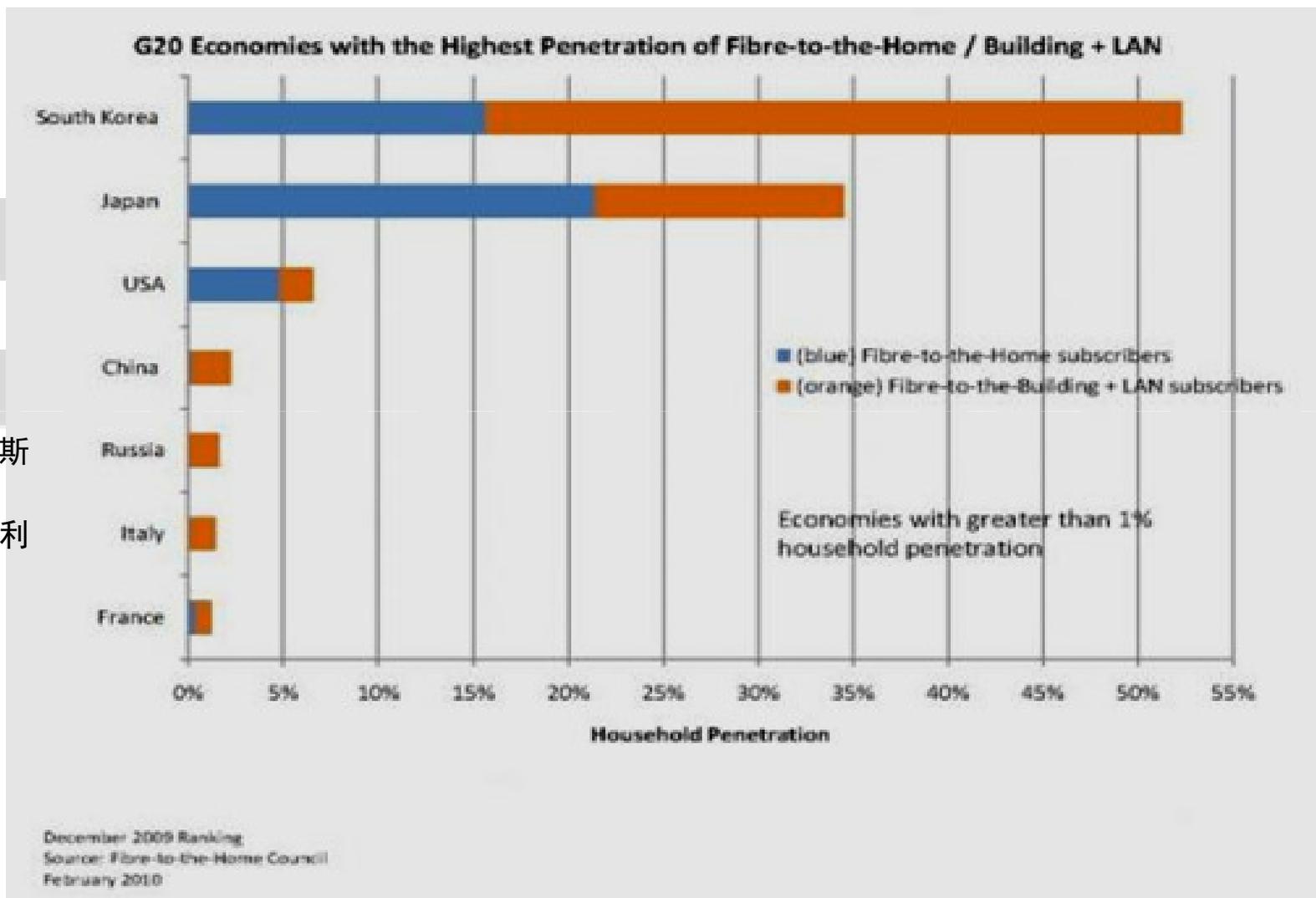
December 2010 Ranking
 Source:
 Fibre-to-the-Home Council
 February 2011

*Economies with at least
 200,000 households

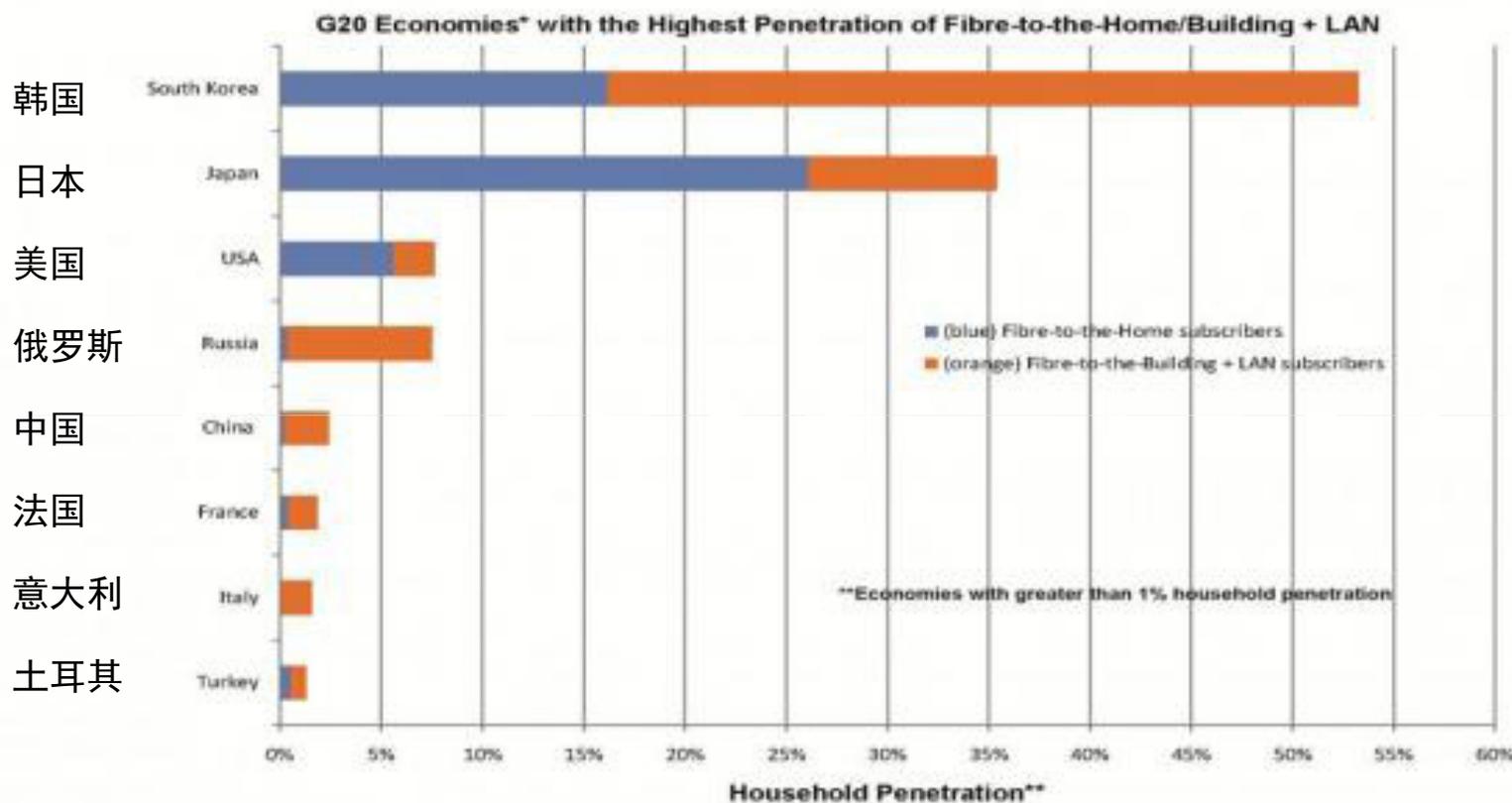
2009年G20经济体上榜名单



韩国
日本
美国
中国
俄罗斯
意大利
法国



2010年G20经济体上榜名单



增加：土耳其
中国：降为第5
法国：进一位

December 2010 Ranking
Source:
Fibre-to-the-Home Council
February 2011

*Economies with at least 200,000 households

全球FTTH用户数

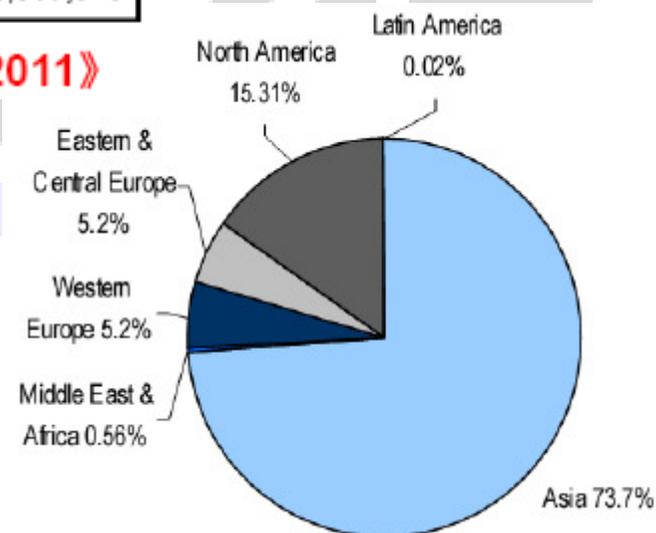


- 依据国际研究机构**Point Topic** 所公布全球宽带统计调查数据显示，至**2010**年第四季度止，**FTTx** 用户为**7,500** 万（**IDATE**的数据是**6100**万）。
- **2010**年新增约**1,800**百万用户,大部分在中国。
- **81%**的**FTTx**用户在亚洲，约**5,863**万。
- 据**GIA**预测，到**2015**年全球**FTTH**用户将达到**1.839**亿户（**IDATE**的数据是**2.27**亿）。

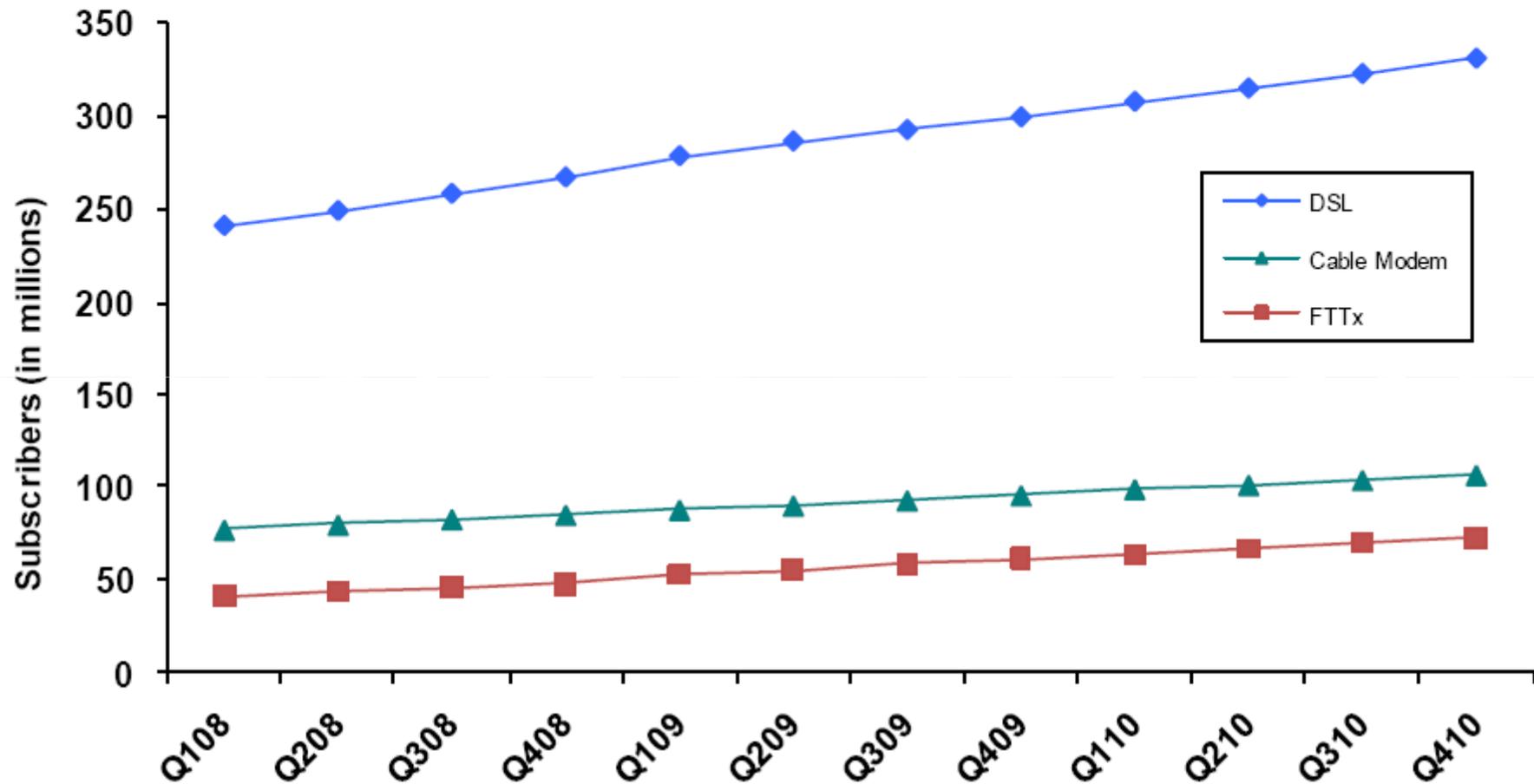
全球FTTH用户数

| | FTTH/B | VDSL | FTTLA | FTTx + LAN | Total FTTx |
|------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Western Europe (1) | 2,302,956 | 2,021,133 | 200,500 | 175,000 | 4,699,589 |
| Eastern & Central Europe (1) | 2,283,885 | 79,300 | 2,160,000 | 354,327 | 4,877,512 |
| North America (2) | 6,721,500 | 4,100,000 | - | 0 | 10,821,500 |
| Latin America | 7,500 | 0 | - | 0 | 7,500 |
| Asia | 32,350,564 | 3,500 | 0 | 17,300,000 | 49,654,064 |
| Middle East & Africa | 244,181 | 85,000 | 0 | 0 | 329,181 |
| TOTAL World | 43,910,586 | 6,288,933 | 2,360,500 | 17,829,327 | 70,389,346 |

数据来源: 《IDATE:FTTx 2011》



全球FTTH的发展



日本FTTH用户数



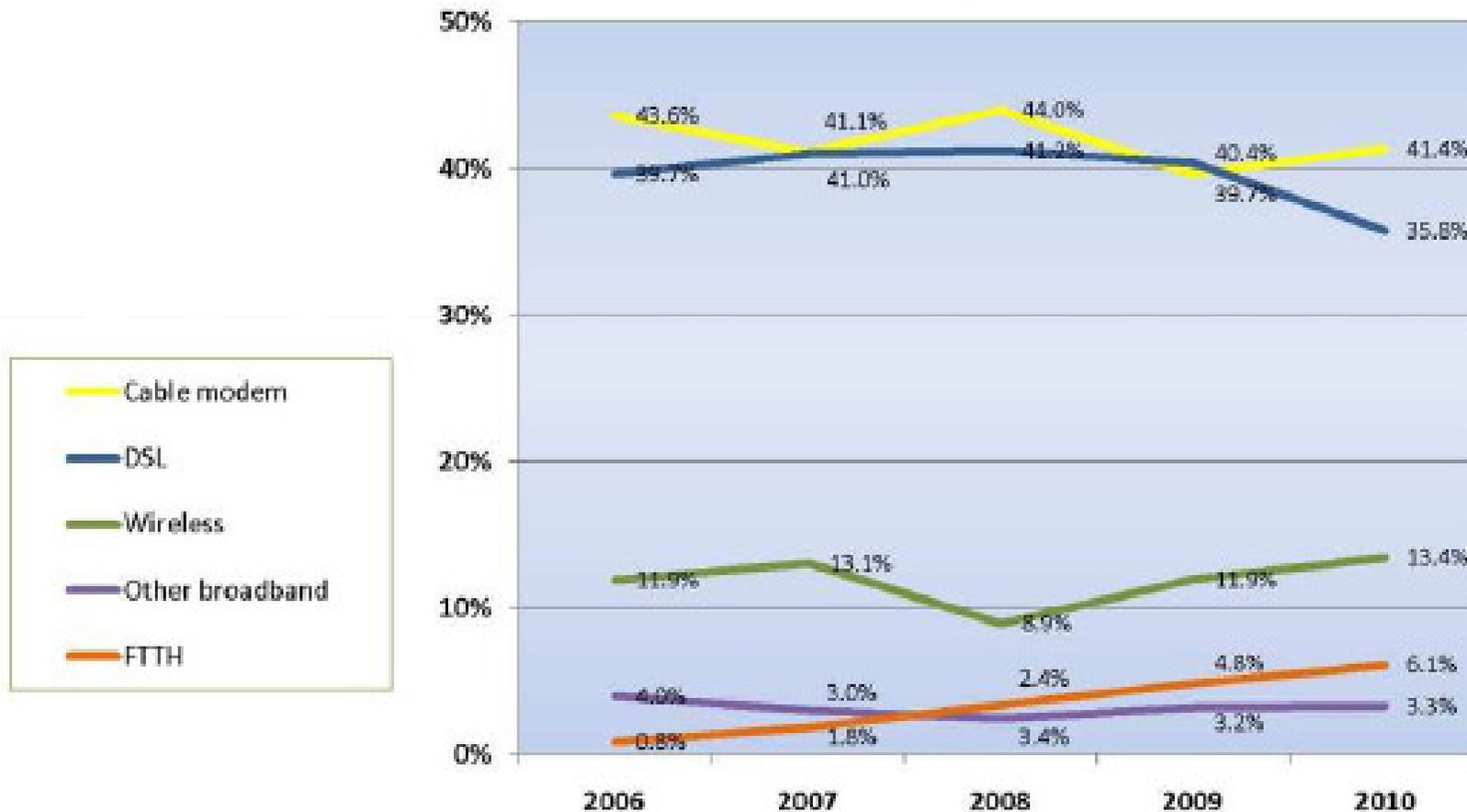
| End of calendar year or month | Telecommunications | | | | | | Number of Internet service subscribers and users | | | | |
|-------------------------------|--|------------|---|--------|--------|----------------------------------|--|-------------------|--------|--------|-----------------|
| | Number of fixed phone line subscribers | | Number of mobile phone line subscribers | | | International telephone calls(M) | Broadband communications subscribers | | | | |
| | Phone lines | ISDN lines | Mobile phones | 3G | PHS | | | Cable TV Internet | DSL | FTTH | Mobile Internet |
| | (0010) | (0020) | (0030) | (0040) | (0050) | (0060) | (0070) | (0080) | (0090) | (0100) | (0110) |
| 2004 | 5,163 | 798 | 8,700 | 3,035 | 448 | *1,103.7 | 1,955 | 296 | 1,368 | 289 | 7,655 |
| 2005 | 5,056 | 749 | 9,179 | 4,833 | 469 | 1,220.4 | 2,329 | 331 | 1,452 | 545 | 8,178 |
| 2006 | 4,817 | 700 | 9,672 | 6,991 | 498 | 1,430.0 | 2,643 | 361 | 1,401 | 880 | 8,713 |
| 2007 | 4,478 | 645 | *10,272 | *8,810 | 461 | 1,293.1 | 2,875 | 387 | 1,271 | 1,215 | 9,102 |
| 2008.03 | - | - | 10,272 | 8,806 | 462 | - | 2,875 | 387 | 1,271 | 1,215 | 9,102 |
| 2008.06 | - | - | 10,365 | 9,083 | 461 | - | 2,935 | 396 | 1,229 | 1,309 | 9,170 |
| 2008.09 | - | - | 10,483 | 9,365 | 459 | - | 2,976 | 402 | 1,197 | 1,376 | 9,216 |
| 2008.12 | - | - | 10,583 | 9,607 | 457 | - | 3,012 | 408 | 1,160 | 1,442 | 9,265 |
| 2009.03 | - | - | 10,749 | 9,963 | 456 | - | 3,033 | 411 | 1,118 | 1,502 | 9,368 |
| 2009.06 | - | - | 10,849 | 10,207 | 454 | - | 3,093 | 418 | 1,084 | 1,589 | 9,411 |
| 2009.09 | - | - | 10,963 | 10,434 | 443 | - | 3,131 | 424 | 1,051 | 1,653 | 9,449 |
| 2009.12 | - | - | 11,062 | 10,617 | 430 | - | 3,172 | 430 | 1,013 | 1,721 | 9,470 |
| 2010.03 | - | - | 11,218 | 10,906 | 411 | - | 3,302 | 531 | 974 | 1,780 | 9,550 |
| 2010.06 | - | - | 11,372 | 11,115 | 388 | - | 3,355 | 539 | 936 | 1,857 | 9,610 |
| 2010.09 | - | - | 11,540 | 11,326 | 378 | - | 3,402 | 555 | 899 | 1,912 | 9,680 |
| 2010.12 | - | - | 11,706 | 11,526 | 365 | - | ... | ... | 859 | 1,977 | ... |
| 2011.03 | - | - | 11,954 | 11,813 | 375 | - | 3,493 | 567 | 820 | 2,024 | 10,013 |

- 日本是全球**FTTH** 发展最早和最快的国家。
- 根据日本总务省发布的信息，日本光纤（**FTTH**）用户数**2010** 年底约达**1,977**万户。
- 季度增长数约**65**万户 (**3.0%**)。
- **NTT East** 和 **West** 占**74.5%** 。
- 日本电力占**9.1%** 。
- **KDDI's** 占**8.6%** 。

- 韩国政府在**2003**年开始制定“**IT839**战略规划”，计划逐步发展**FTTx**替代原有的**DSL**网络，最终实现**u-Korea**的目标。**2004**年韩国提出了为期**6**年的**BCN(BroadbandConvergenceNetwork)**计划，该计划将投入**804**亿美元，建设遍及全国的通信网络，其中最后一公里将全面走向**FTTH**。
- **2010**年**FTTX**普及率超过**53.5%**，世界排名第一
- **2010**年底**FTTX**用户数达**980**万，世界排名第三。

北美FTTH的发展

Broadband Type Primarily Used At Home USA By Year



北美FTTH的发展



- 北美的FTTH 依然在不断发展
- 至**2010**年**12**月已经有**2064**万个家庭通达光纤，占北美家庭数的**20%**
- 超过**700** 万的家庭用光纤连接到互联网、电话和**CATV**等业务
- **2010**年底北美的FTTH用户数超过**700**万
- **2010**年北美宽带用户的下行速率平均增长了**34%**

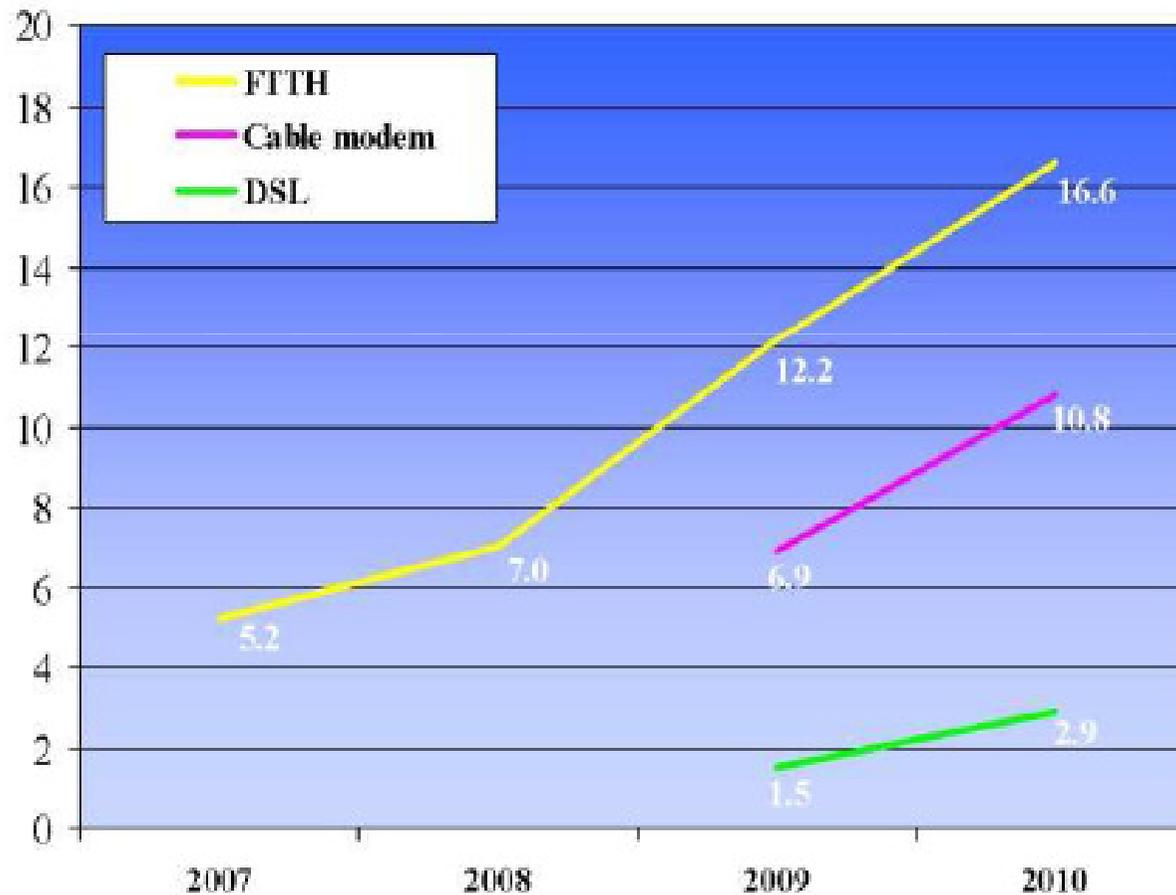
北美FTTH的发展



| | <u>2001</u> | <u>2011</u> |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Homes Passed by FTTH Network | 19,400 | 20 million |
| Homes Connected to FTTH Networks | 5,500 | 6.45 million |
| Broadband Market Penetration of FTTH | (Negligible) | 18 percent |
| Number of FTTH Service Providers | Fewer than two dozen | More than 750 |

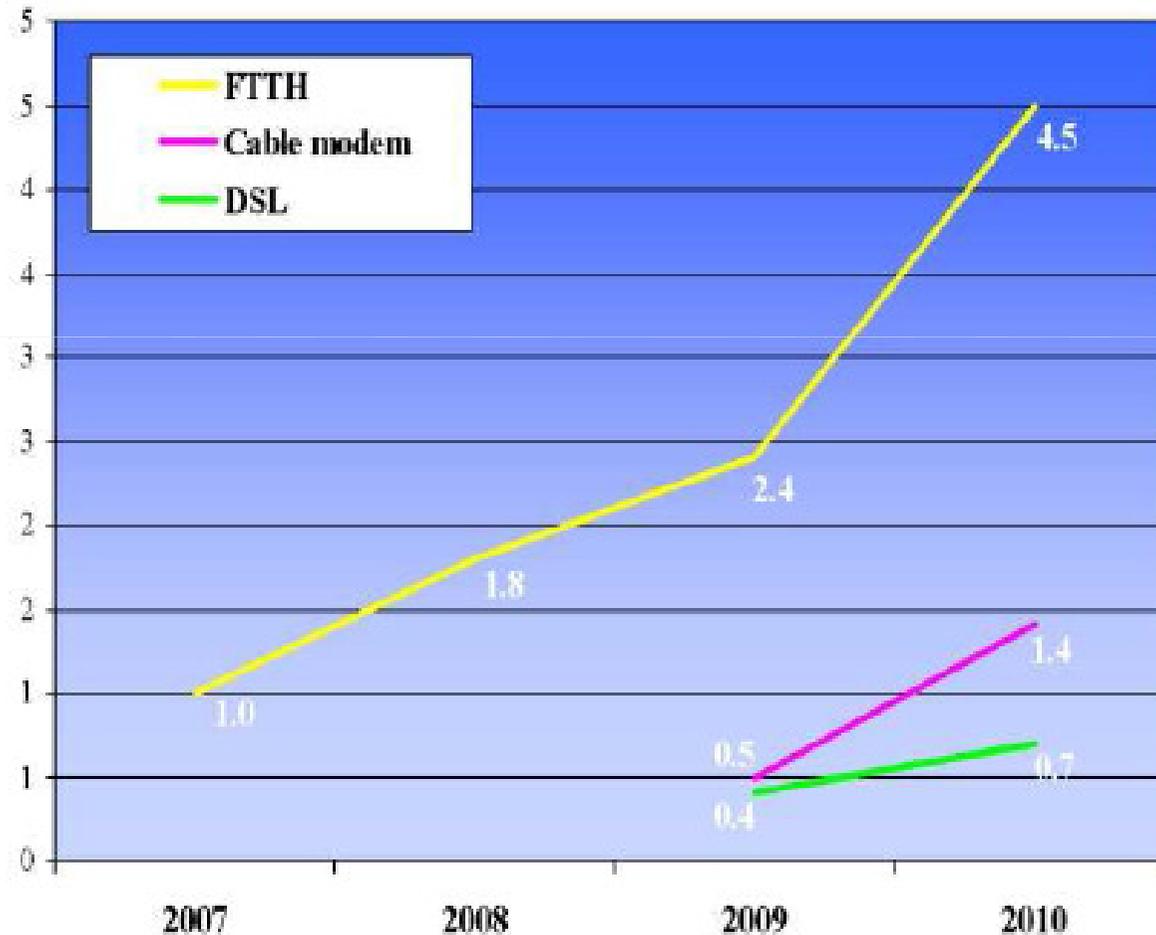
北美FTTH的发展

Tested Download Performance Of Broadband Median Mbps By Year



北美FTTH的发展

Tested Upload Performance Of Broadband Median Mbps By Year



- 2010年，欧洲FTTH用户及FTTH家庭覆盖增速上升。
- 欧洲老牌运营商（**European incumbents**）正越来越多的参与FTTH建设，几乎都已经推出或计划部署大规模的FTTH网络。
- 欧盟36个国家（包括俄罗斯）有近**810万**FTTH/B用户。
- FTTH/B家庭/建筑物覆盖数近**3300万**。
- 如果不包括俄罗斯在内，FTTH/B用户数为**390万**，FTTH/B家庭/建筑物覆盖数为**2230万**。

欧洲FTTH的发展

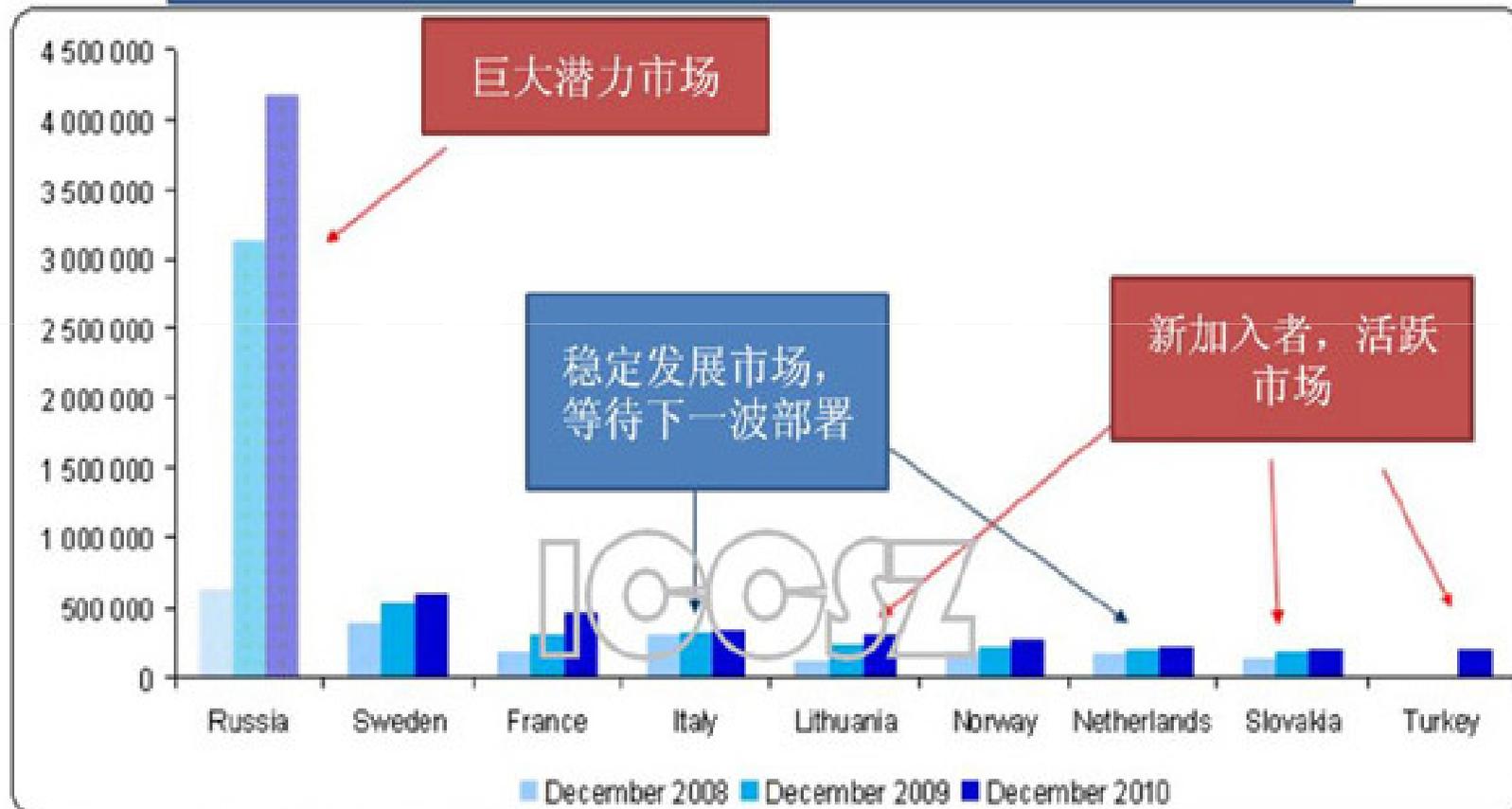


欧洲FTTH的发展

| 欧洲FTTH/B技术选择 | | | |
|--------------|----------|---------|----------|
| 主要部署架构（家庭覆盖） | 2010年12月 | 2010年6月 | 2009年12月 |
| FTTH | 37% | 34% | 33% |
| FTTB | 63% | 66% | 67% |
| 主要部署技术（家庭覆盖） | 2010年12月 | 2010年6月 | 2009年12月 |
| PON | 27% | 26% | 24% |
| 以太网 | 73% | 74% | 76% |

欧洲FTTH的发展

截止2010年底FTTH/B用户数超过20万的欧洲国家



Source: IDATE for FTTH Council Europe

内容提要

- 概述
- 国际FTTH发展现状
- 国内FTTH发展状况
- 发展FTTH技术面临的挑战
- 结语

我国FTTH的发展



- 2010年我国是全球FTTx用户数增长最多的国家。
- 在2009年FTTx快速发展的基础上，2010年各电信运营商继续加大了FTTx的投入，除中国电信250万线的EPON集采和中国联通的1100万线EPON集采外，中国移动也积极推行FTTx，解决行业用户、高ARPU值用户、移动营业厅、高档商业楼等的光纤接入问题。
- 中国电信“十一五”期间积极推进“光进铜退”，共退出铜缆6500万线对公里，光纤网络实现规模部署。无源光网络（PON）宽带端口数占比24%，光纤入户（FTTH即接入带宽达到100M以上），覆盖家庭数1000万。
- 中国电信的光纤在商务楼宇基本实现全覆盖；南方农村行政村通光缆比例接近70%，乡镇已经基本实现光缆全覆盖。
- 根据业内人士估计，2010年我国FTTx用户已超过3300万户，继续超越日本居世界第一位。
- 现网PON的应用规模已超过1亿线。

十二个五年规划纲要

十二五期间，我国将构建下一代信息基础设施。统筹布局新一代移动通信网、下一代互联网、数字广播电视网、卫星通信等设施建设，形成超高速、大容量、高智能国家干线传输网络。引导建设宽带无线城市，**推进城市光纤入户**，加快农村地区宽带网络建设，**全面提高宽带普及率和接入带宽**。

工信部相关负责人透露，“十二五”期间，我国将加快光纤宽带网络建设，投行预计未来三年国内三网融合及宽带光纤接入的投资将达**6000-7000**亿元。

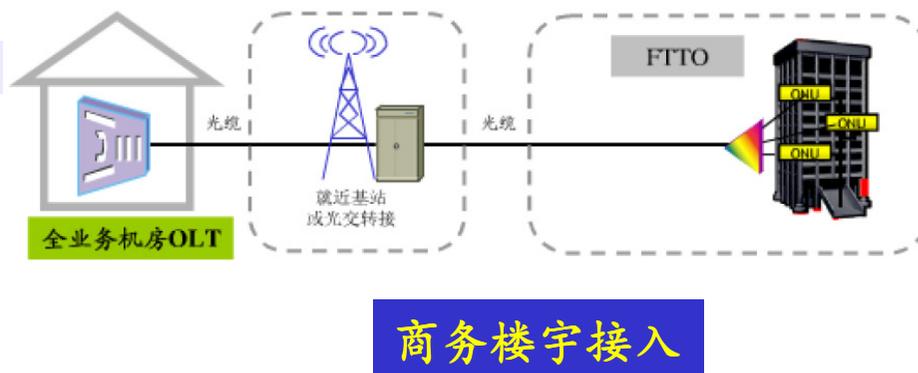
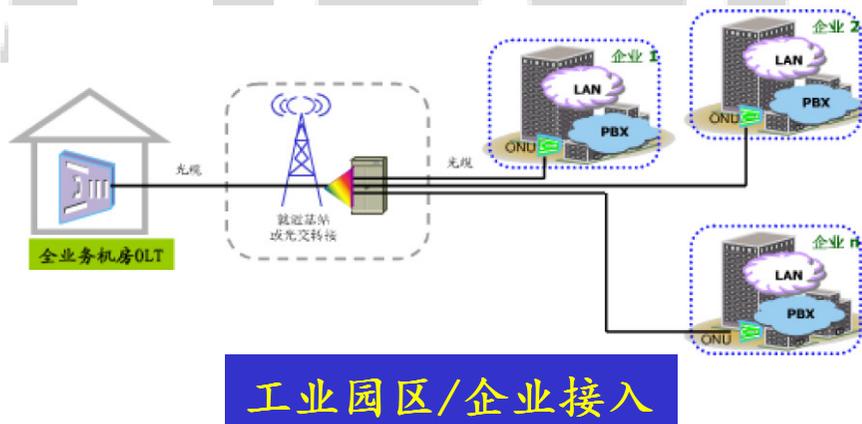
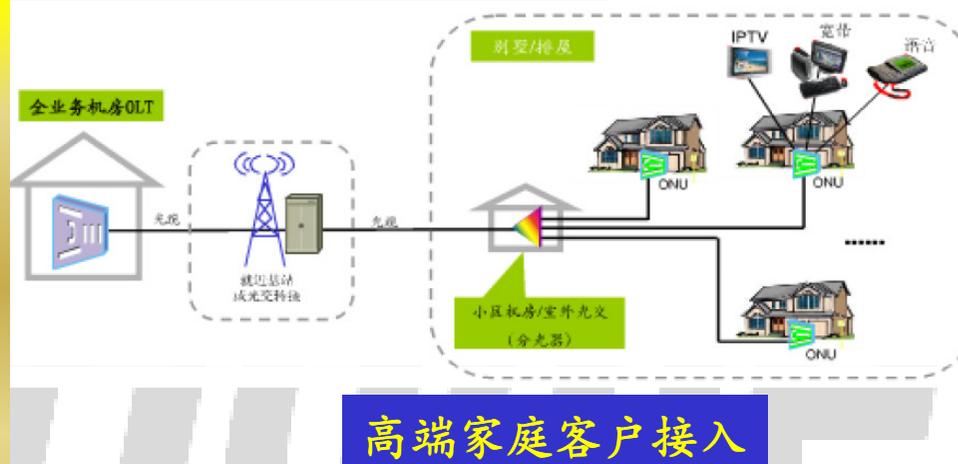
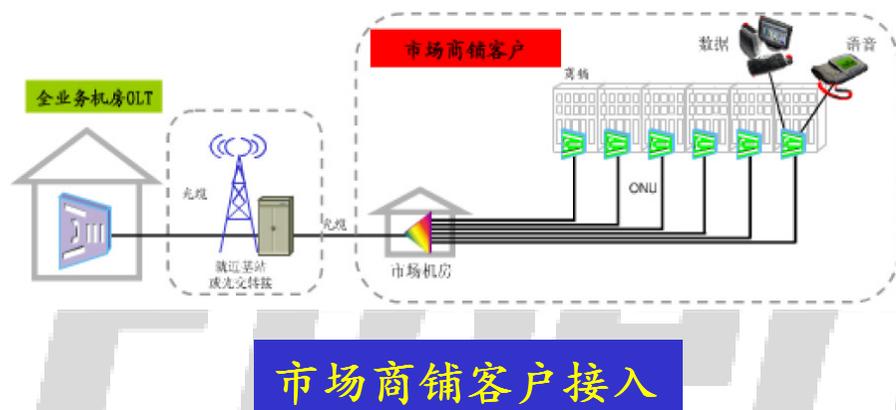
“宽带中国·光网城市”工程

- 中国电信将用三年时间实现所有城市光纤化。城市地区，2011年计划新增光纤入户（FTTH，即接入带宽达到100M以上）达到**3000万**个家庭，累计覆盖**4000万**家庭；南方城市（含县城）实现**8M**接入带宽全覆盖，**20M**覆盖率达到**70%**；东部发达城市和中西部省会城市**20M**覆盖率达到**80%**以上。2013年对南方城市（含县城）的所有家庭客户均可提供**20M**接入，光纤入户（FTTH，即接入带宽达到100M以上），覆盖达到**8000万**户。“十二五”末，南方城市地区实现家庭和政企用户光网全覆盖，光纤入户（FTTH，即接入带宽达到100M以上）超过**1亿**。
- 2011年中国电信PON设备招标**1900万**线。
- 中国电信现网PON端口数已超过**6000万**线。
- FTTH用户覆盖数**957万**户，实装数**79万**

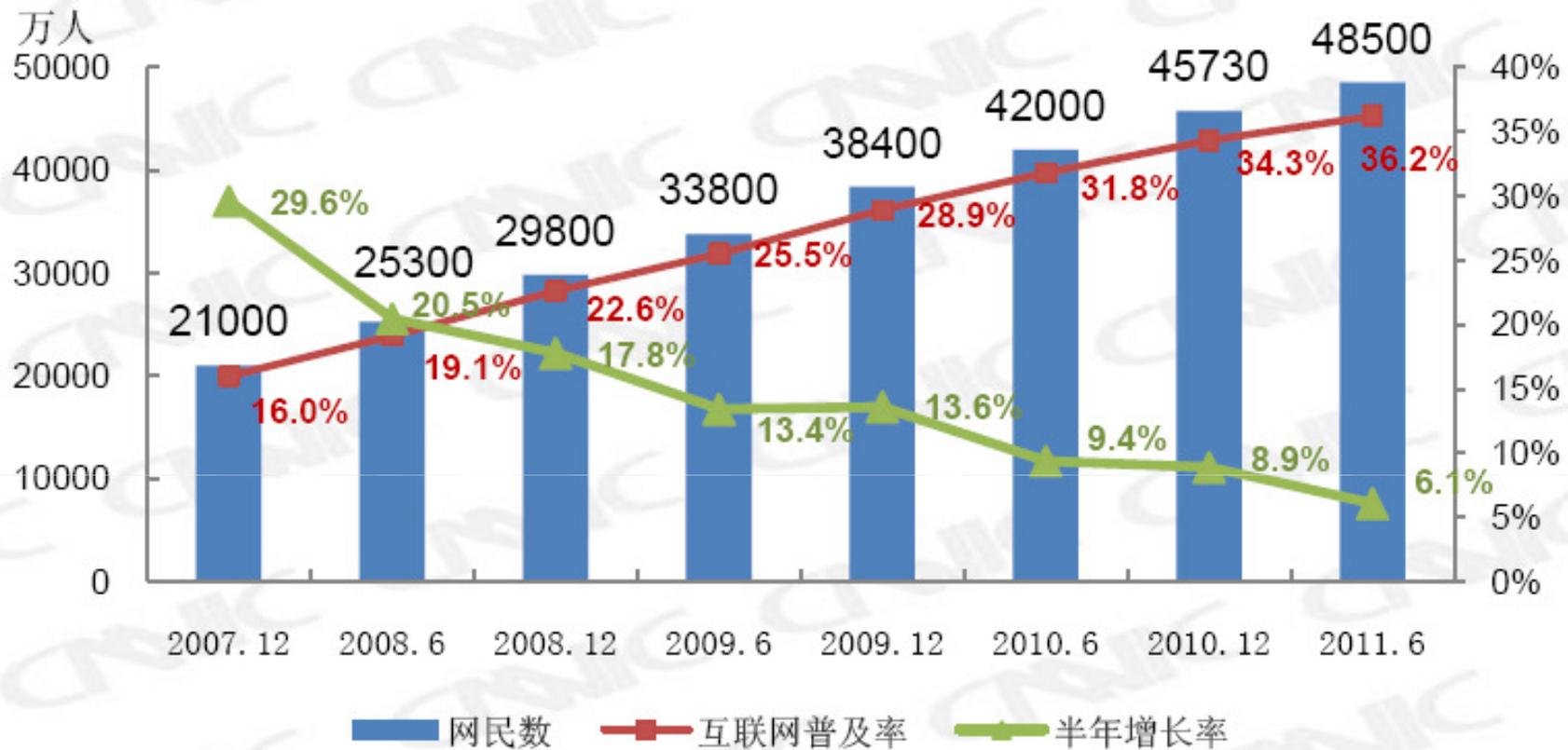
- 中国联通继**2009**年集采PON设备**1130**万线之后，又于**2010**年**9**月集采**1500**万线。
- 现网的PON端口数已超过**3500**万线。
- **2011**年联通宽带及数据网络计划投资**187.5**亿元，占全部投资的**25%**，足可见固定宽带网络对联通的战略重要性。

中国移动毫不示弱

- 中国移动2010年PON的建设量为**600万线**
- 主要利用基站回传的光纤实现各种场景的应用



中国网民规模仍在快速增长

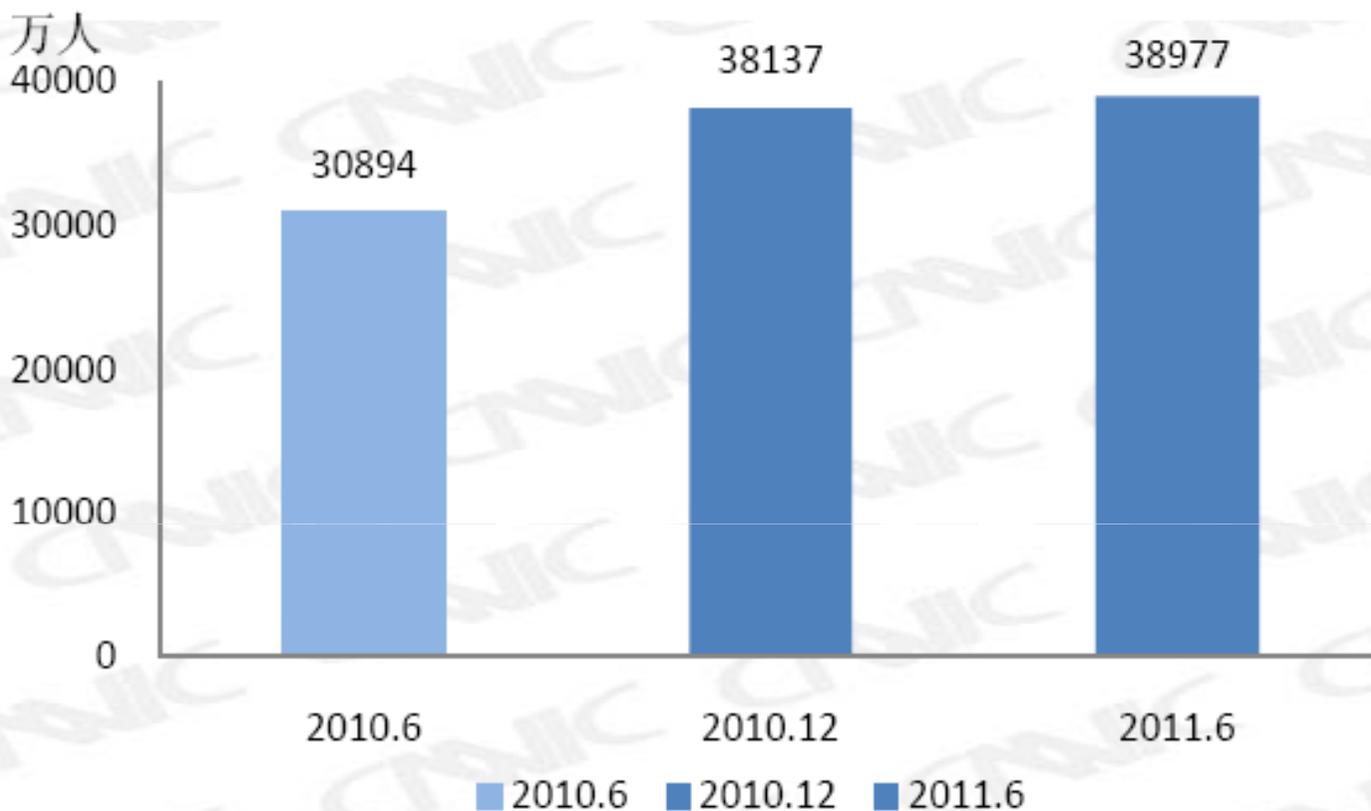


Source: 第28次《中国互联网络发展状况统计报告》

近5亿网民是FTTH的重要潜在客户

“上网费贵”等制约非网民上网因素的影响力在下降

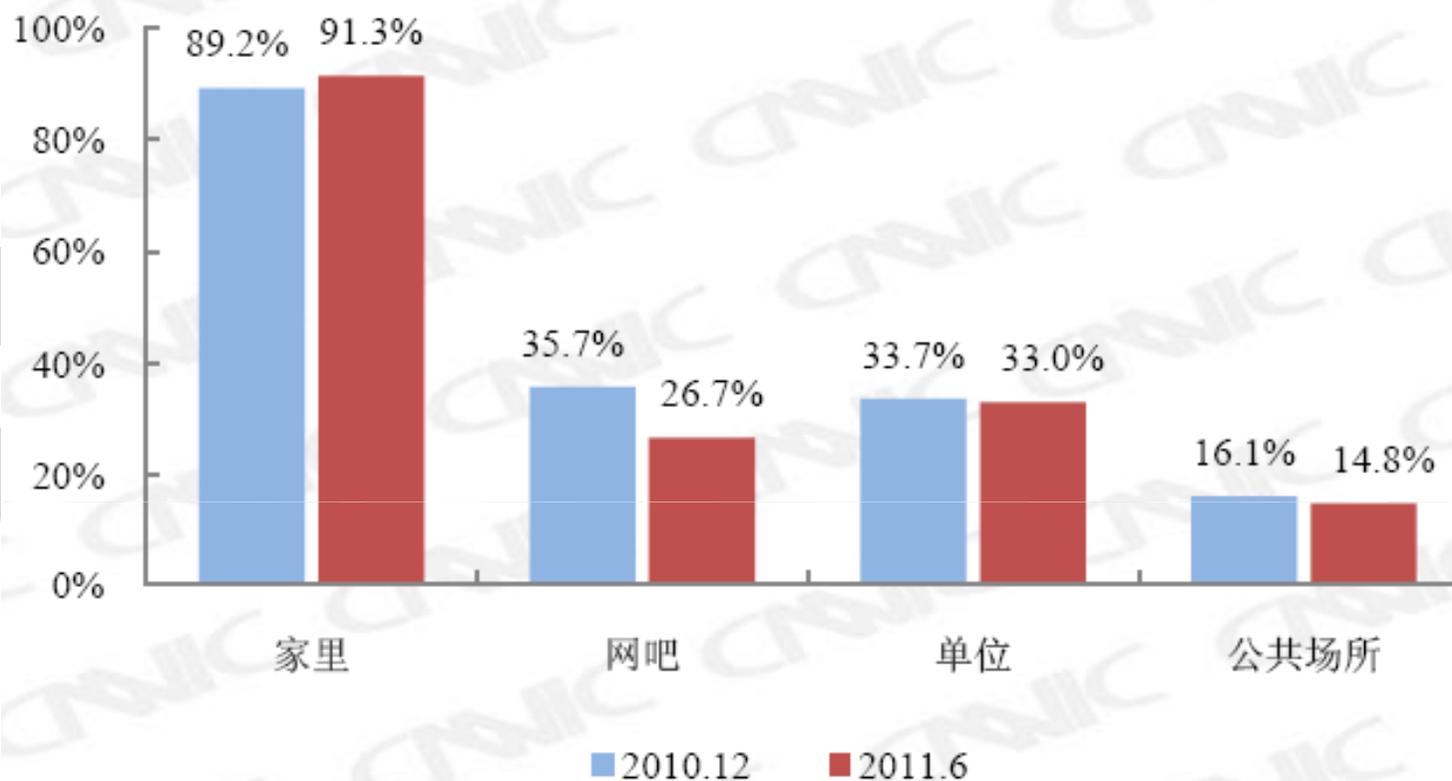
家庭上网用户近4亿



Source: 第28次《中国互联网络发展状况统计报告》

近4亿家庭上网的大多数网民将是FTTH的主要客户

上网习惯促进FTTH发展



Source: 第28次《中国互联网络发展状况统计报告》

在家里上网的网民会对FTTH感兴趣

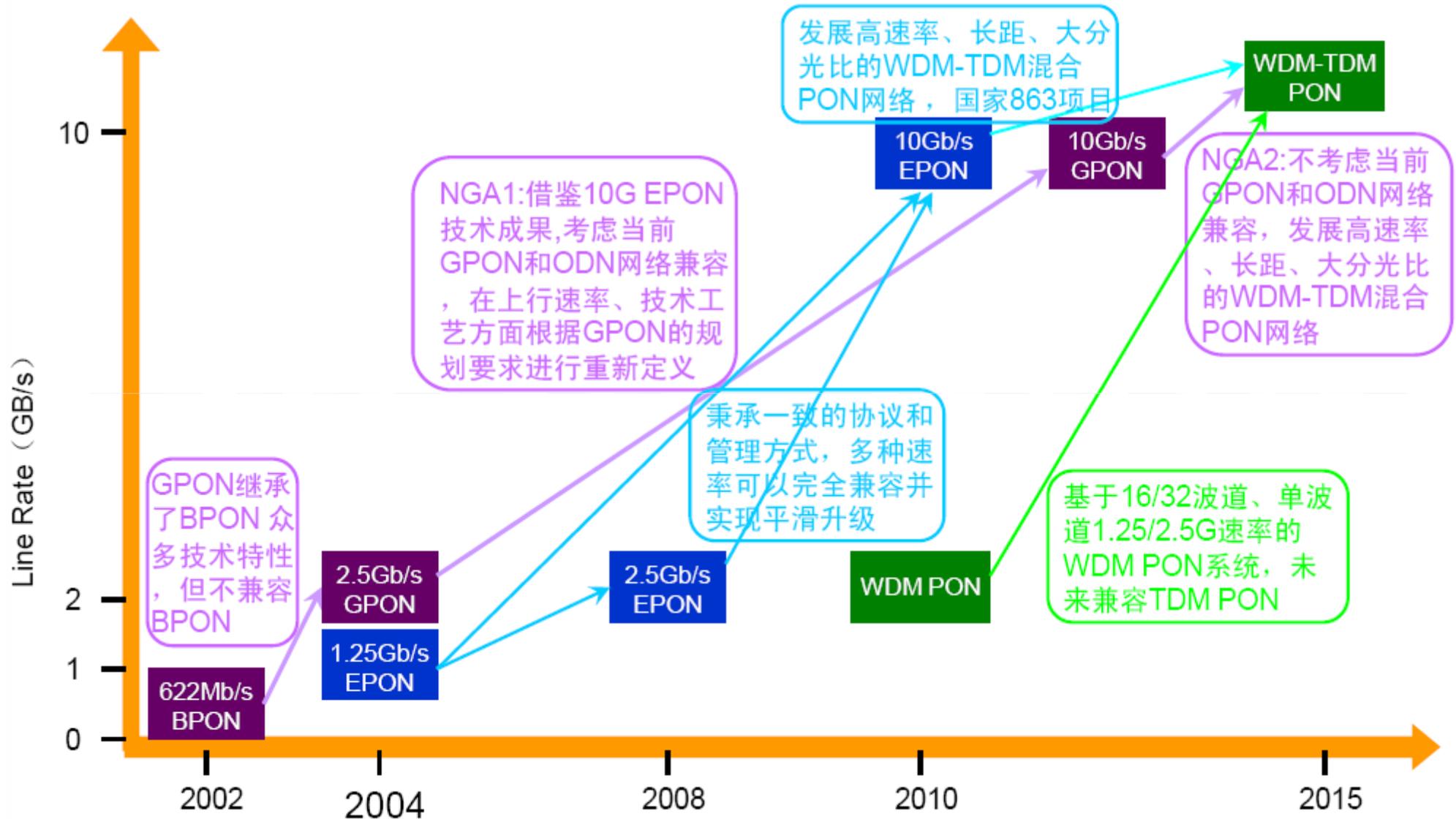
- 据知情人士透露，工信部为了响应和支持去年国务院13号文件精神，最近拟定出台关于进一步鼓励民营资本进入基础电信运营市场的方案。该方案中称，将由三家运营商和广电方面共同出资**51%**的股份，民营股份**49%**，共同成立“驻地网建设有限责任公司”。
- 据《北京晨报》报道，**12**个三网融合试点地区的有线电视网络运营商与电信运营商的“双向进入”交叉申报已进入最后审批程序。国务院三网融合工作协调小组办公室将在今年下半年确定下一阶段试点推广方案，有望在今年年底或明年年初将试点范围扩大到全国**31**省（自治区、直辖市）省会城市。
- 电信网、广电网、互联网、电力网共促**FTTH**发展。

根据OVUM欧文的研究，中国是当今最大的FTTx设备消费者，而且现况还会继续维持下去。中国在2011年之后将继续主宰全球FTTx市场。并预测：预测，中国FTTx用户数将会在2016年达到1亿，数量超过当时全世界用户的50%。

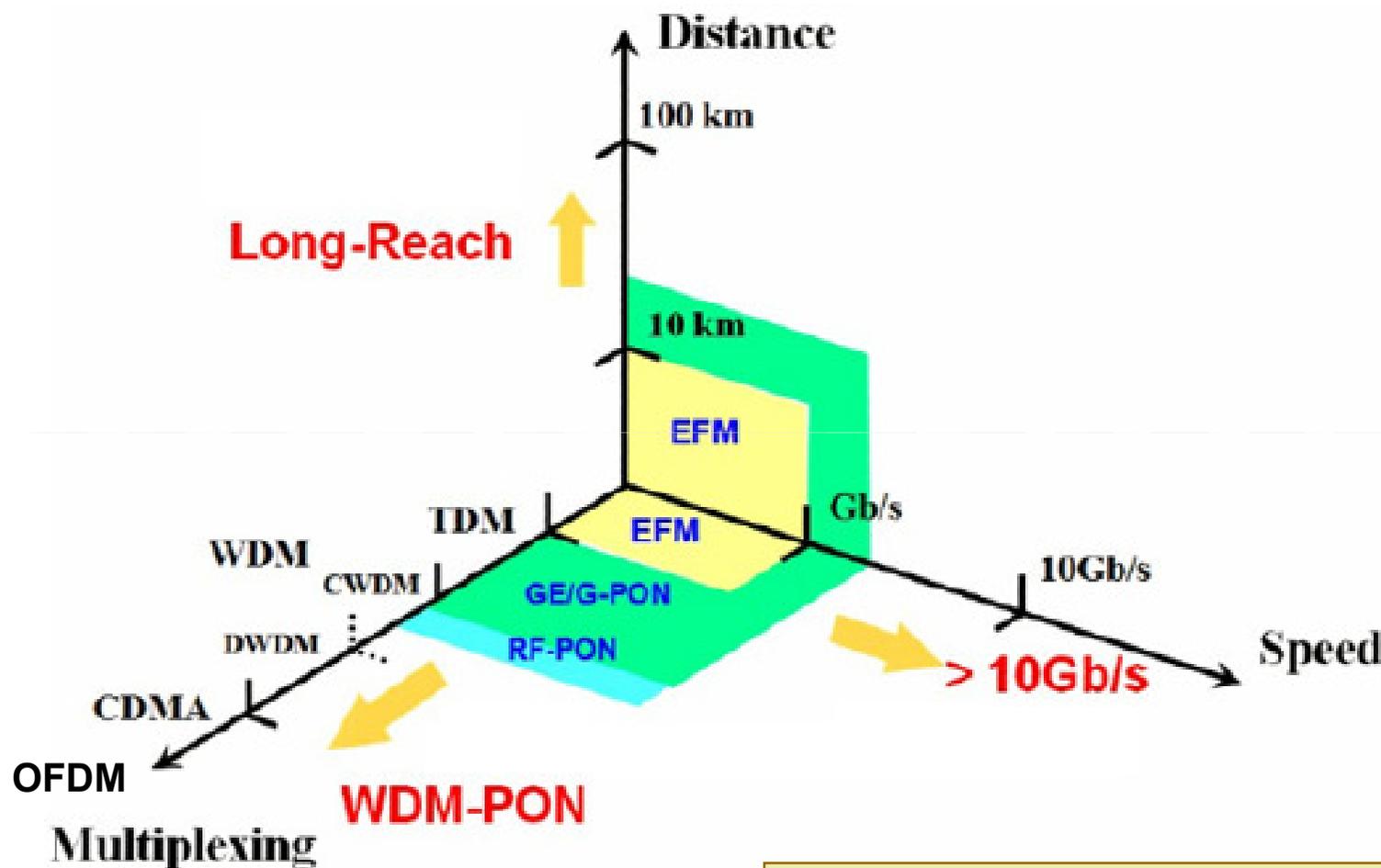
内 容 提 要

- 概述
- 国际FTTH发展现状
- 国内FTTH发展状况
- 发展FTTH技术面临的挑战
- 结语

PON的演进路标

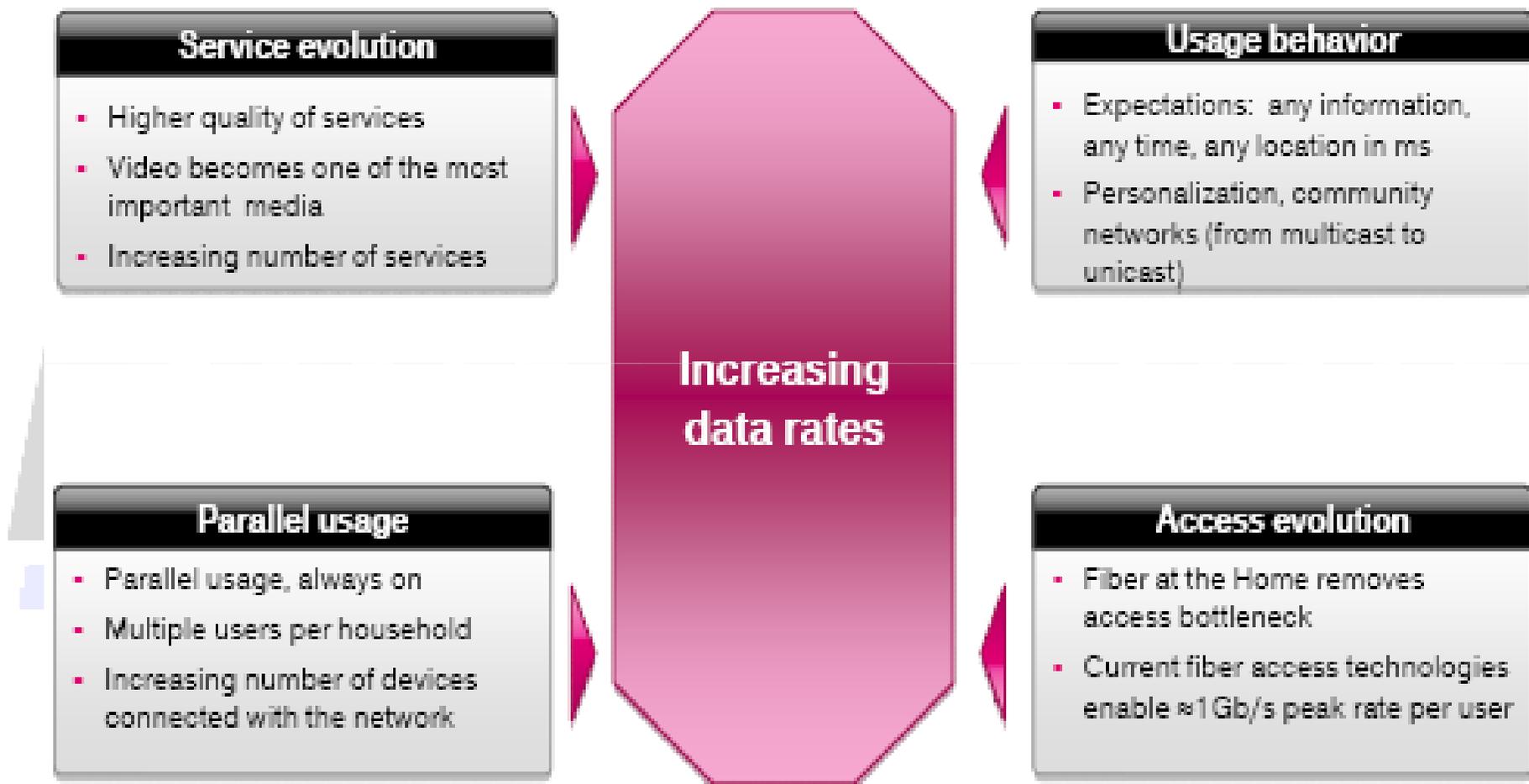


PON的三维演进图



EFM: Ethernet in the First Mile
RF-PON: HFC-PON

应用促进FTTH不断发展



10G PON 之后是什么技术?

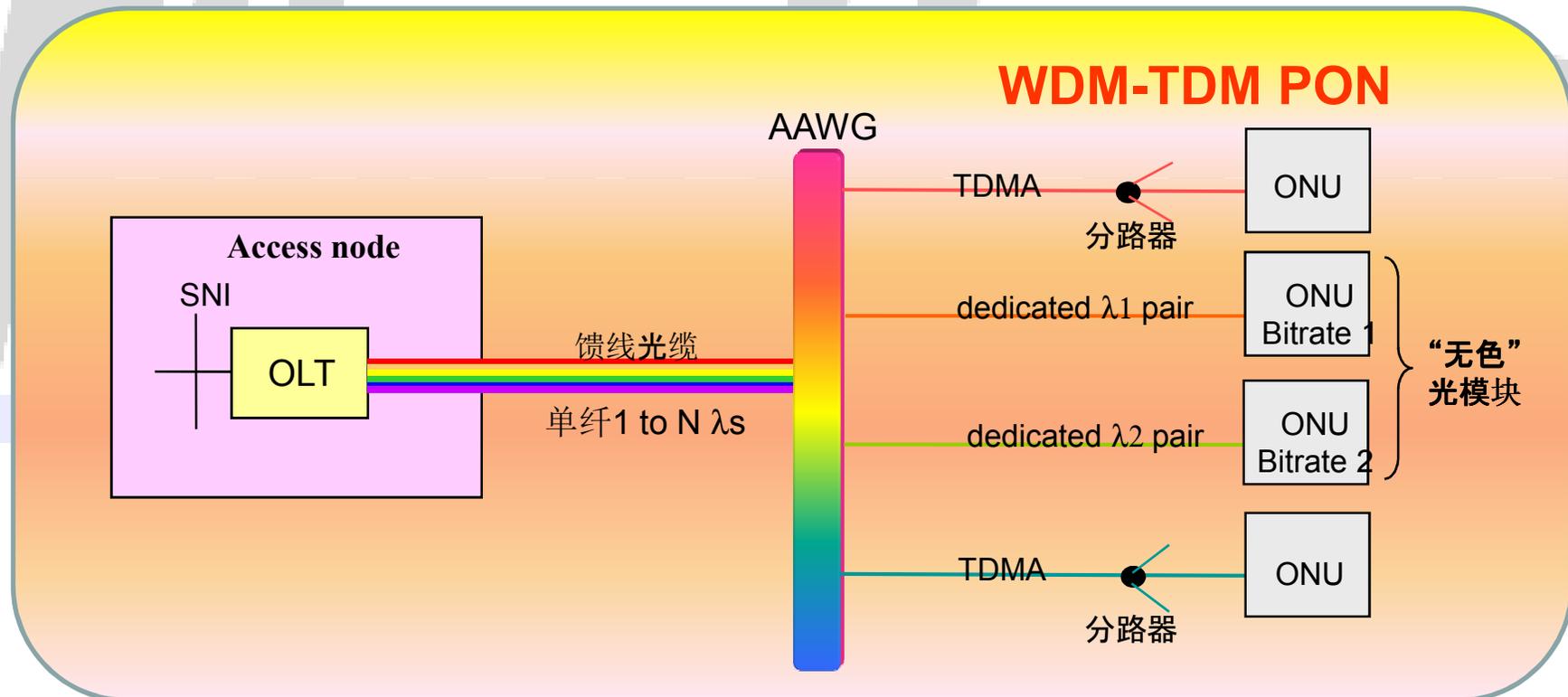
FTTH发展的基本要求

- 低成本：最基本的要求
- 技术成熟、产业链健全
- 低复杂度：适应性、易于建设和使用
- 便于维护和管理：长期运行的需要
- 丰富多彩的业务内容：用户才愿意付出
- 标准和规范：技术标准和建设标准

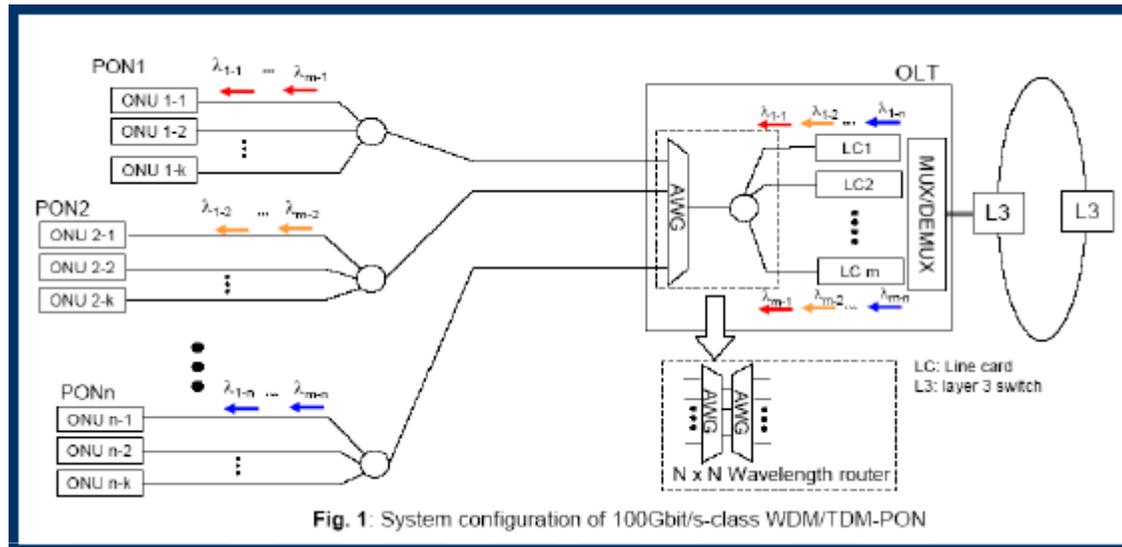
- 40GxPON或100GxPON
- 40Gb/s就需要增加6dB的光功率预算
- 色散补偿和PMD补偿问题
- 非线性问题
- 昂贵的光器件
- 成本居高不下

基于10Gb/s的WDM-PON

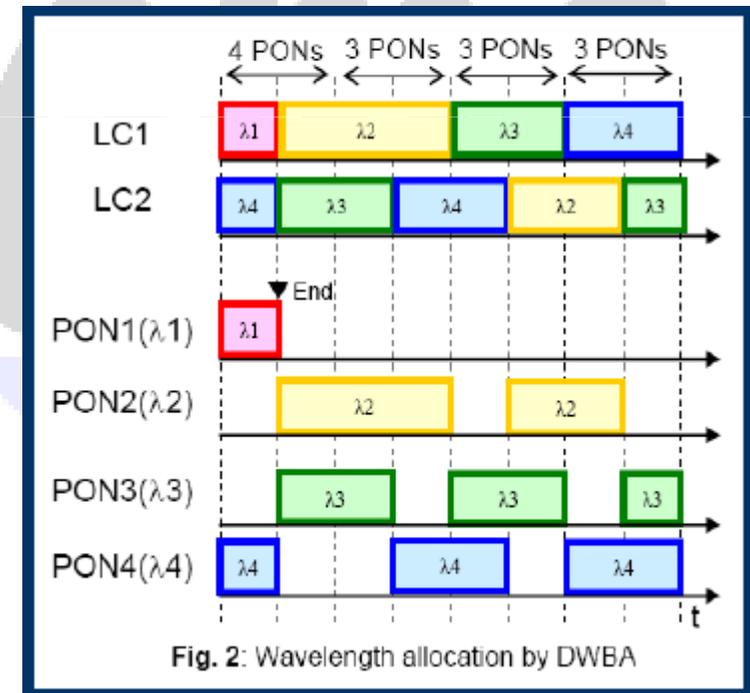
- 无色光WDM-POM或WDM/TDM-POM
- 成本和上行处理的复杂度是其不能大规模商用的致命问题
- 10Gb/s及其以上速率的无色光源技术复杂度相当大



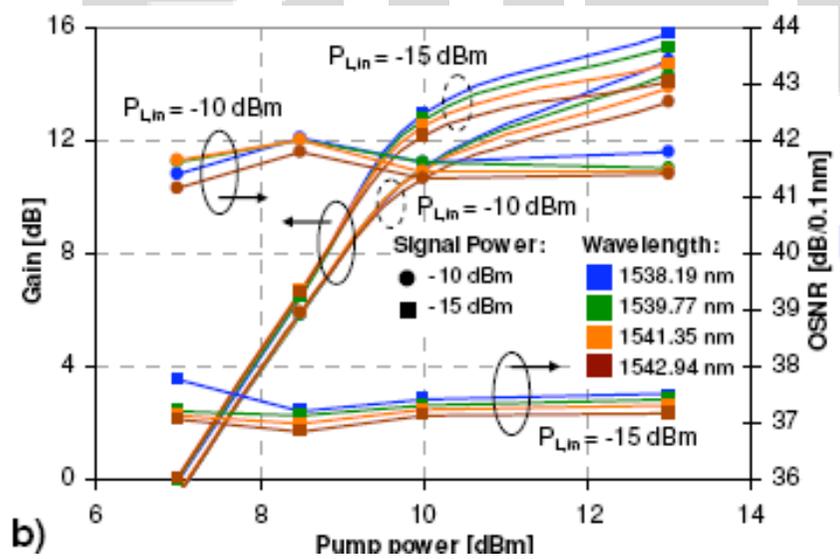
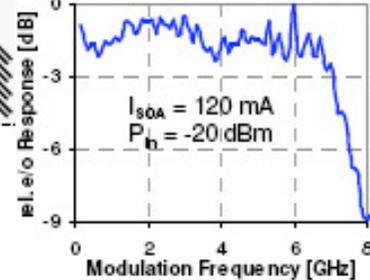
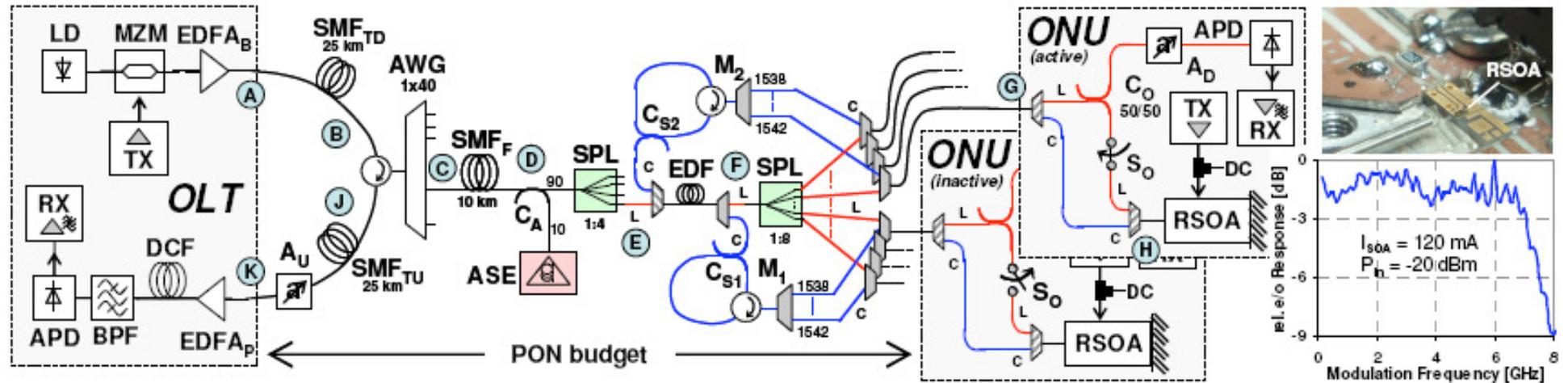
100Gb/s级PON



- WDM/TDM PON
- DWBA: Dynamic Wavelength Bandwidth Allocation
- NN Wavelength router
- Tunable LD



高密度自泵浦远距离10Gb/s PON

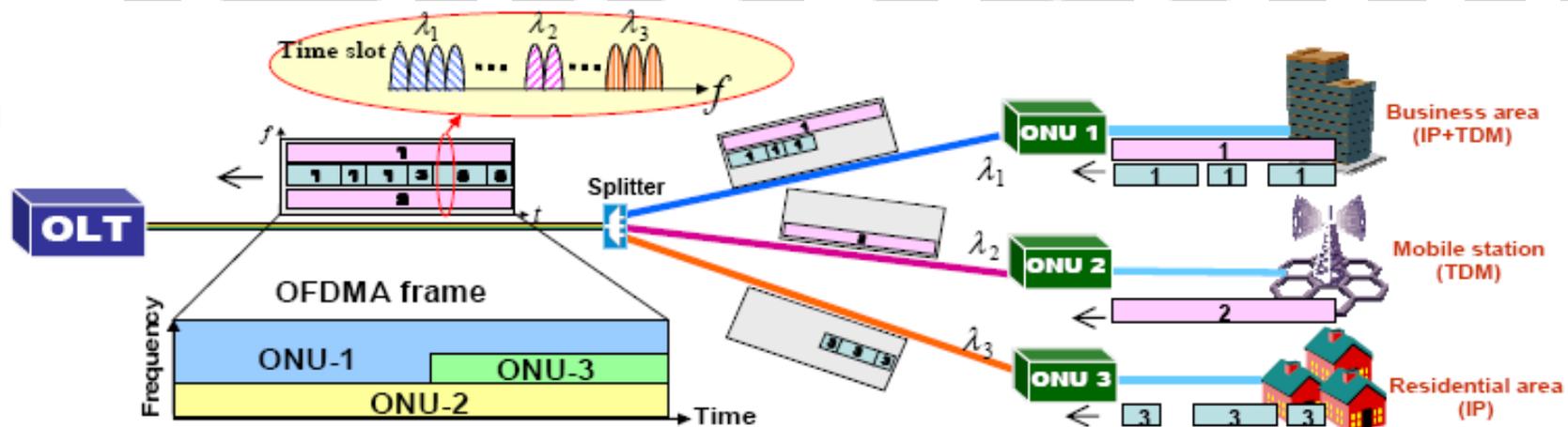


- 高密度： 40λ × 32 split
- 长距离： 功率预算达30dB (EDFA)
- RSOA无色技术
- 覆盖C和L波段

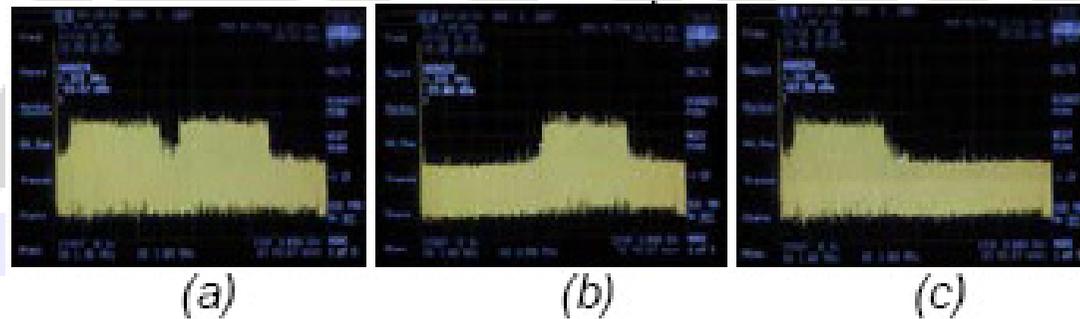
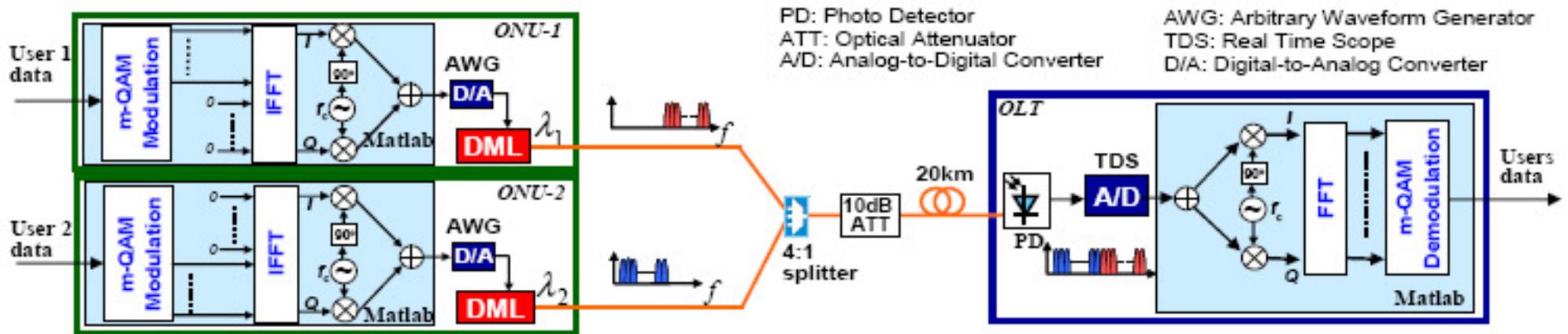
Tu.3.B.3

OOFDM-PON

- OFDM是50年以前的技术
- 主要用于无线通信，例如移动通信
- 也被用于高速的DSL系统
- OOFDM近年被用于高速光通信系统，目前主要考虑应用于超高速干线，只有实验室的演示，大多还是离线系统
- 能否用在光接入系统中尚需进一步考虑
- 2007年NEC已经在实验室演示了OOFDM-PON
- 是否需要高速DSP、ADC、DAC芯片
- 高复杂度和高成本是其实用化的主要障碍



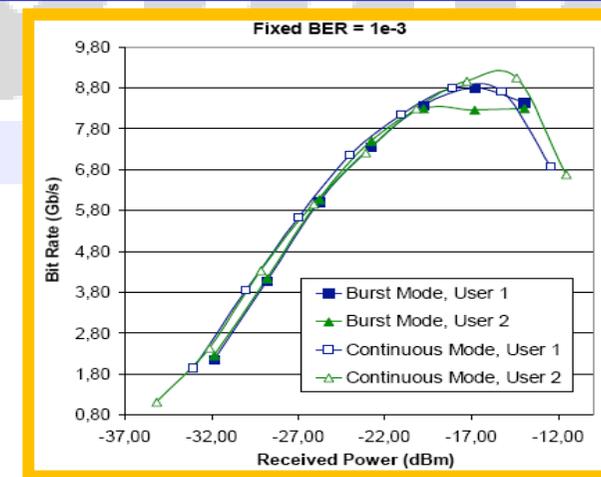
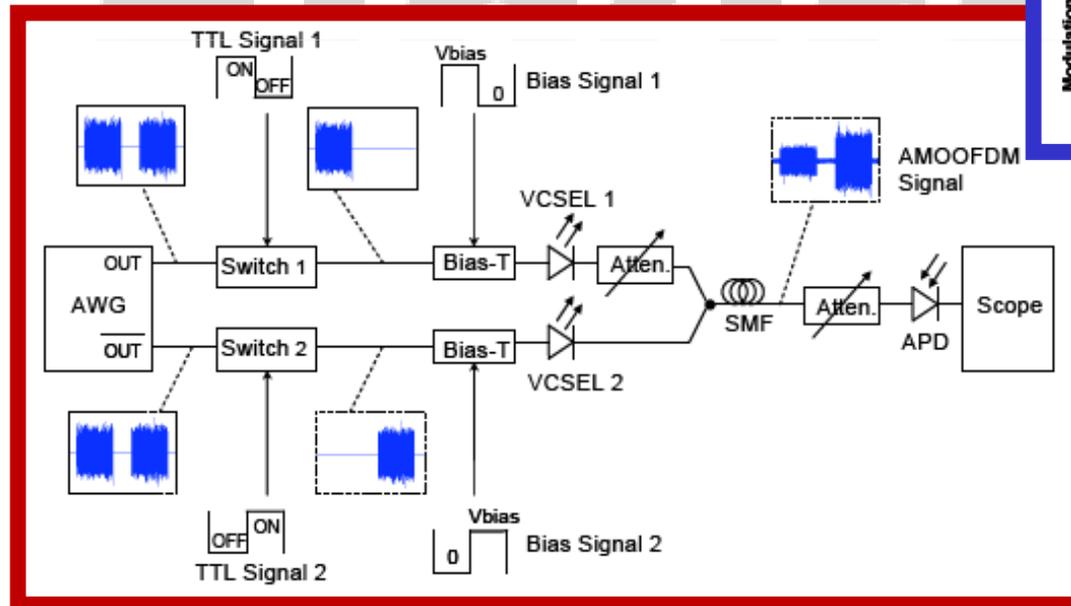
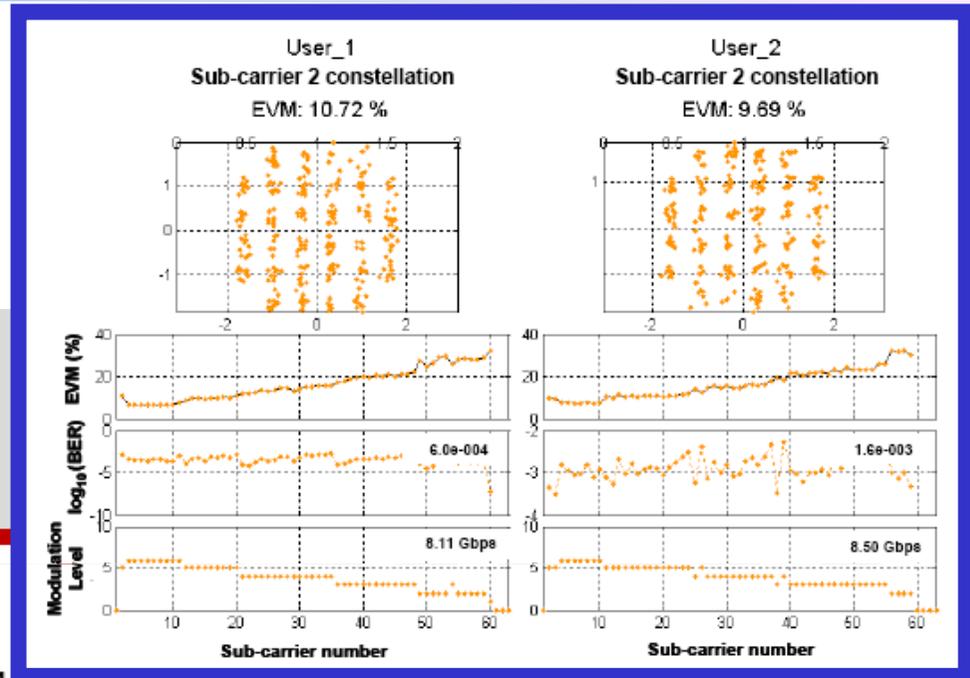
NEC OOFDM-PON 演示系统



(a) simultaneous ONU-1&2 upstream OFDMA signals; (b) single ONU-1 upstream OFDM signal; (c) single ONU-2 upstream OFDM signal

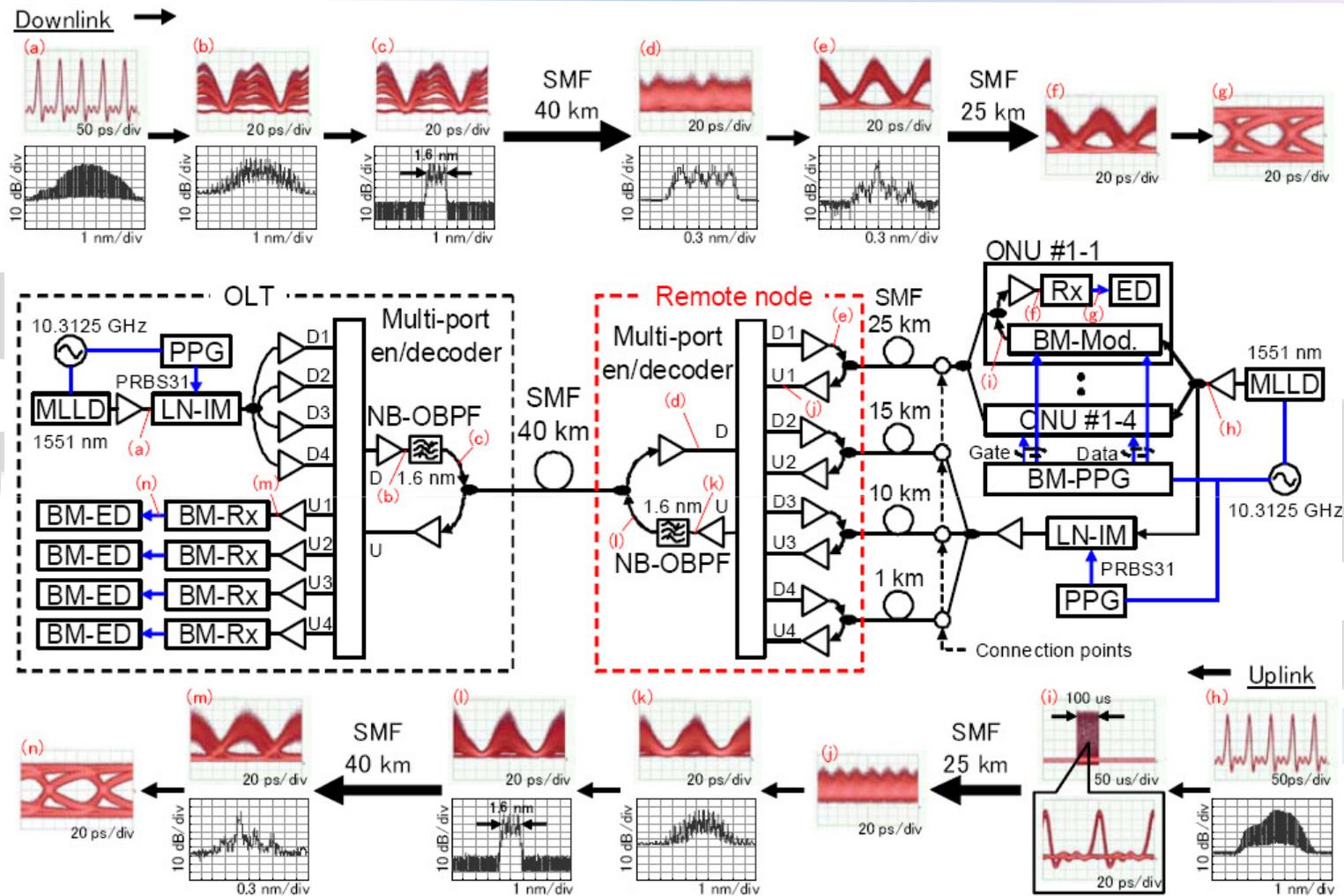
法国 OOFDM-PON 实验

- AWG: Arbitrary Waveform Generator
- 1310nm VCSEL 发送
- 128个子载波
- 实验仅2个用户端
- APD 接收, 示波器解调OFDM
- 传送距离20km



- **CDM**是一种频谱扩展技术
- 比**OFDM**的历史还要悠久
- **CDMA**用于移动通信是高通的专利，赢得了巨大的财富
- 由于光的噪声特性（散弹噪声）和**RF**中电子的噪声特性（白噪声）有所不同，使**OCDM**的难度增大
- 光源的频漂和谱线太宽也是技术障碍
- 日本于**2007**年进行了基于**10Gb/s**的**OCDM-PON**现场实验，系统相当复杂

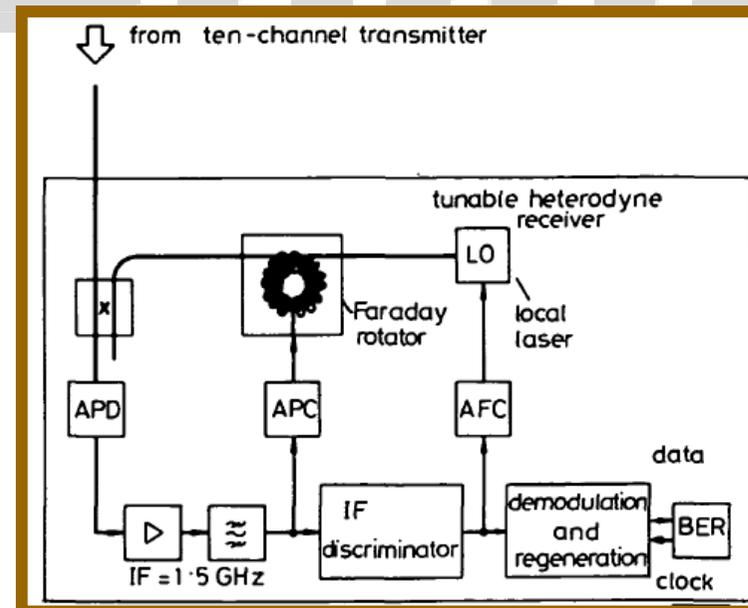
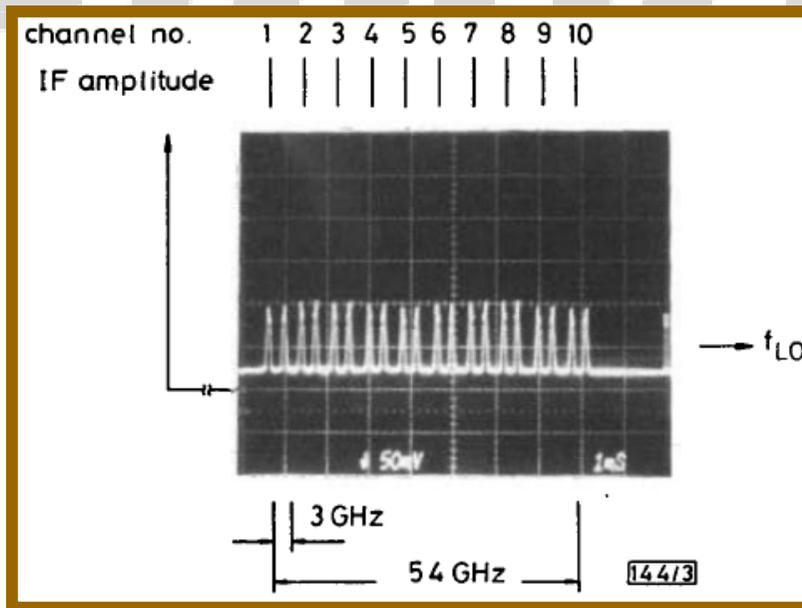
NICT OCDMA-PON 实验



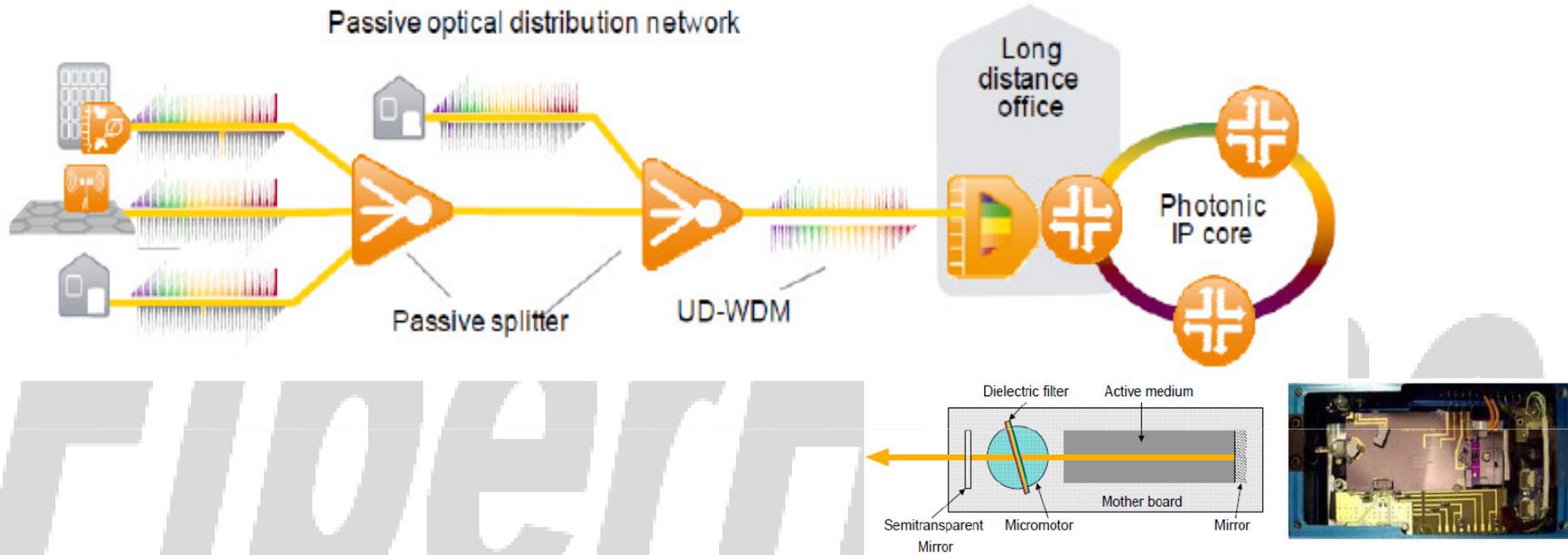
- 10Gb/s全双工4-TDMX4-OCDMA
- MLLD: Mode Locked LD
- 16Chip optical code
- 16 phase shift
- 65km SMF
- SSFBG: Super-Structured Fiber Bragg Grating
- PRBS31

Coherent-PON

- 相干缘起于无线的外差技术
- 相干光检测也有**20**多年的历史（图示为**1986**年**HHI**的试验）
- 由于**LD**的频漂、**EDFA**的出现等原因使其沉静多年
- 由于超高速光通信的需要、**LD**频稳的提高，特别是**DSP**技术的快速通道发展再次唤醒被尘封多年的光相干技术
- 相干接收是否适用于接入网
- 优势在于提高灵敏度，以增加分路比或者延伸距离，关键还是复杂度与成本



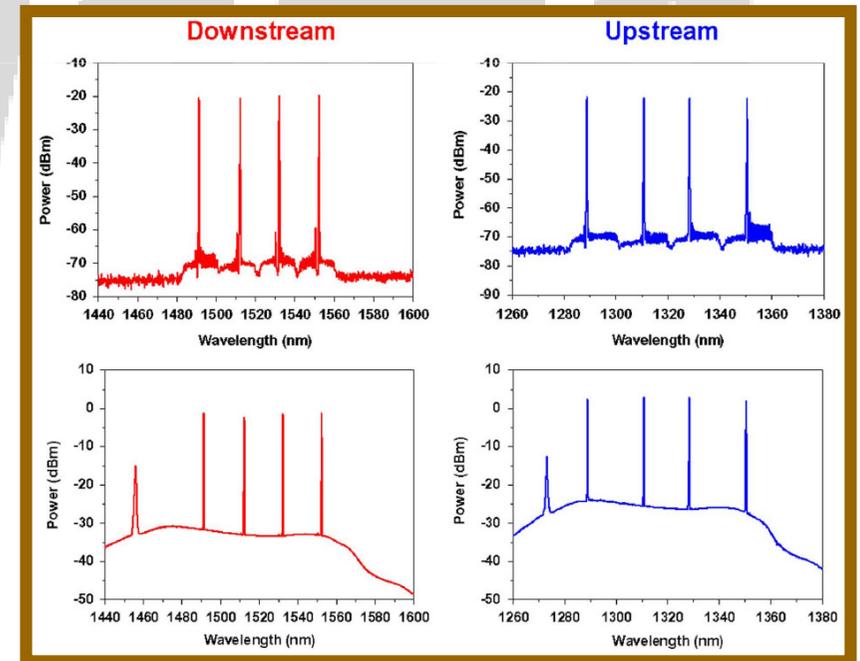
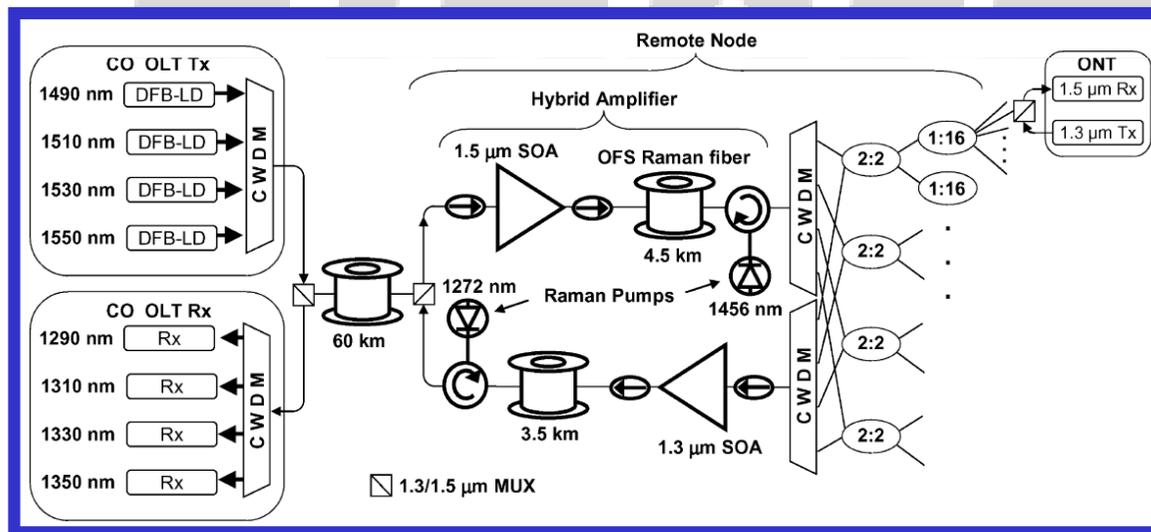
Coherent-PON



图中显示了诺基亚西门子通信的下一代光接入网系统（NGOA）的概念。交换局中的**OLT**在**C**波段提供高达**1 000**个波的超密集复用波长。非波分复用的标准无源分路器将下行波长分送到所有的光网络单元（**ONU**），在这里由相干探测器选择所指定的波长。**ONU**中的一个可调谐激光器提供上行信号，它以一个小的频率偏移被锁定到下行信号。

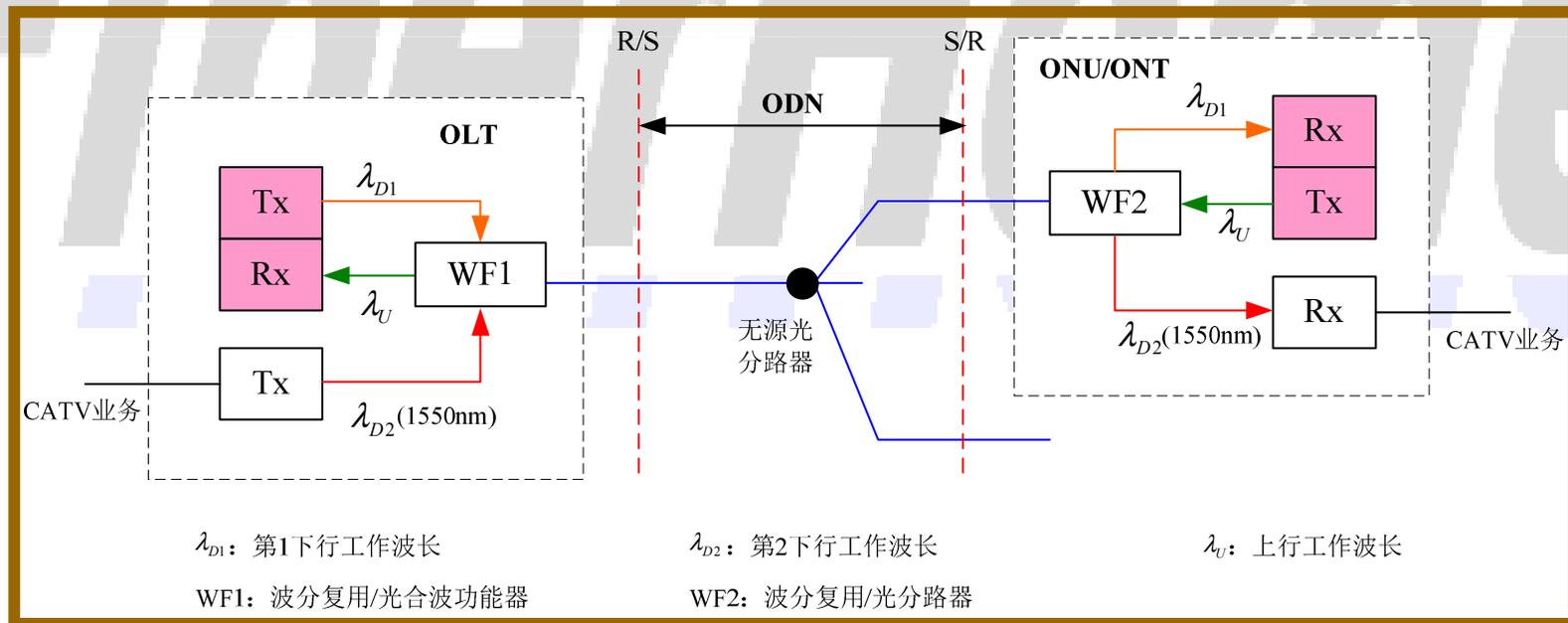
距离延伸的PON

- ITU-T G.984.6/984.7标准 LR-PON
- 在PON系统中增加放大单元
- 距离可从20km延伸到60~100km
- 光放的供电是其带来的新问题
- 采用PA或ROA可以在一定程度上弱化供电问题
- 更重要是考虑最近与最远ONU的功率差和时延



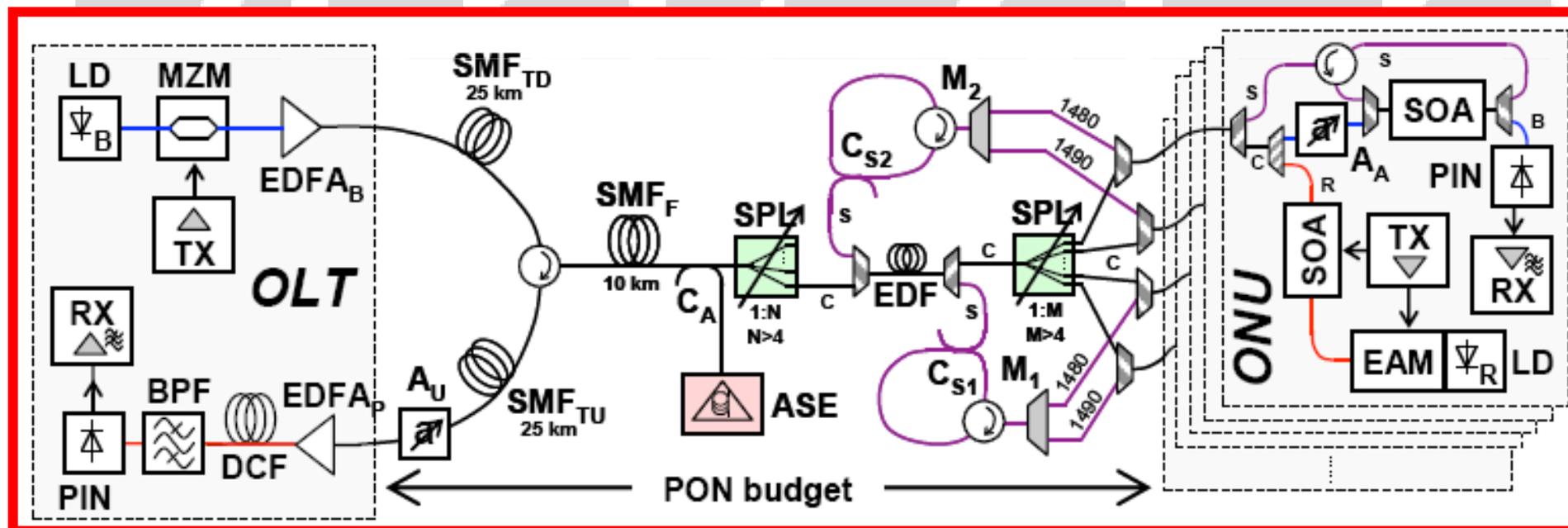
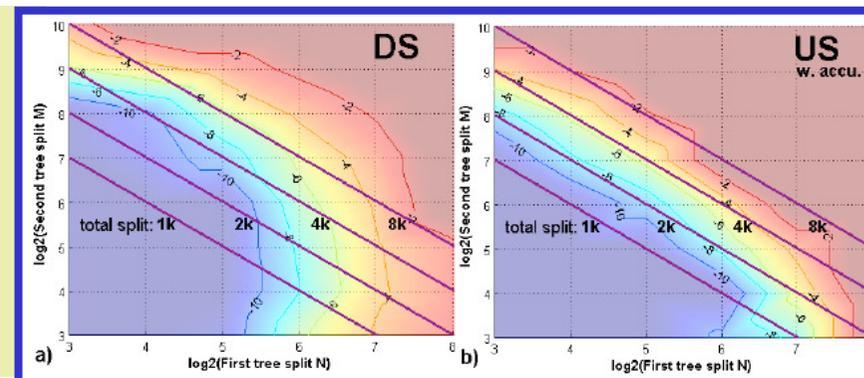
Hybrid-PON

- 所谓的“新技术”其实都是已有的技术，历史在有趣地自我循环
- 能否把前面提到的技术混合起来使用
- 其实包括CATV通道的PON本身就是典型的WDM/TDM-PON
- 混合技术可以有多种排列组合供选择
- 关键因素依然是复杂度和成本

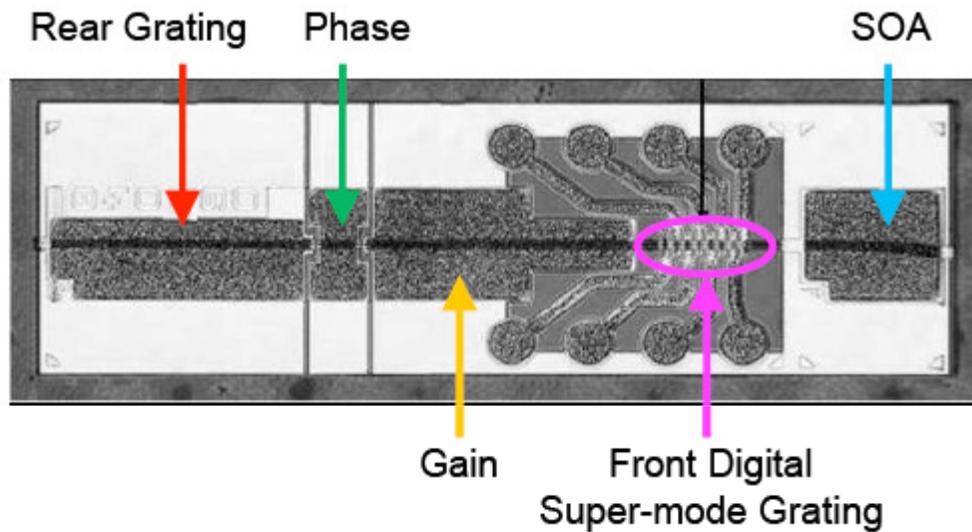


基于10Gb/s的1:4096-PON

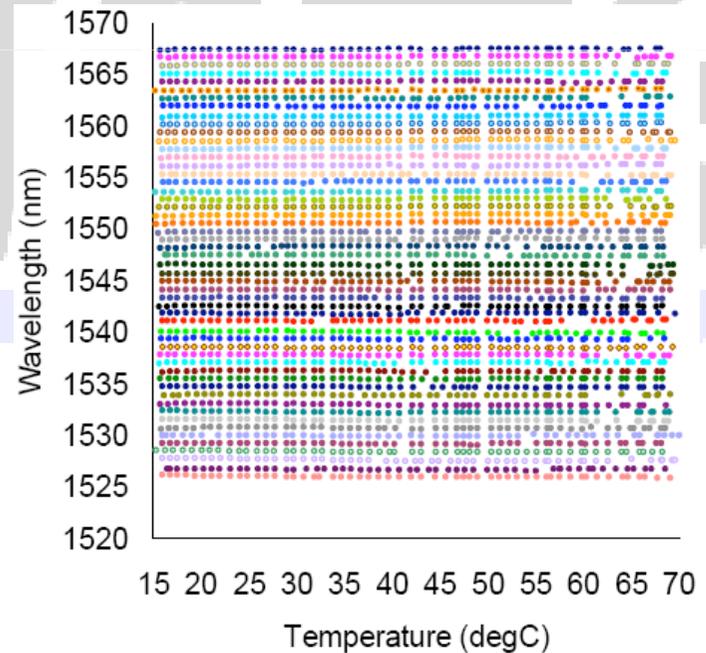
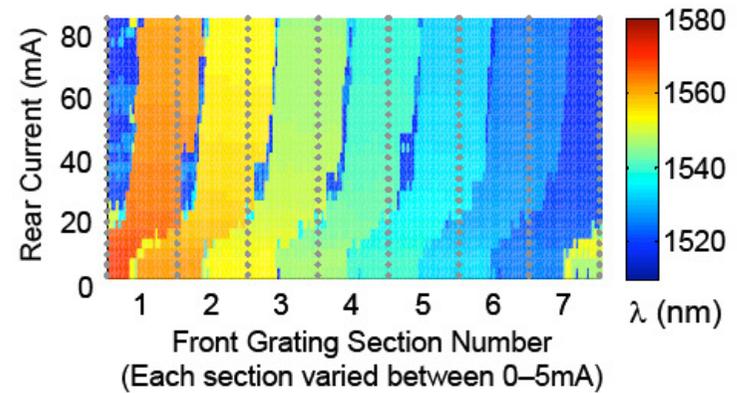
- TDM-WDM PON
- $N \times M = 16 \times 256 (=32 \times 128 = 64 \times 64) = 4096$ 的超大分路比
- 采用FEC后，有可能达到1:8k
- 两级分光，加EDFA，有39.5dB功率预算
- 基于SOA的ONU无色光源



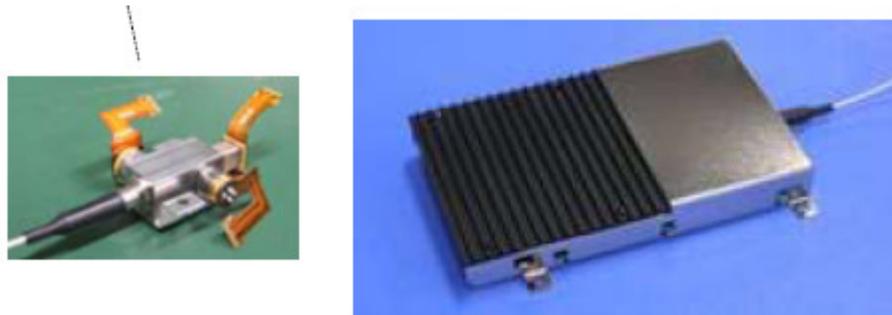
用于WPON OLT的无热无色光源



用于WDM-PON OLT的
无热无色光源 (可调DS-DBR)

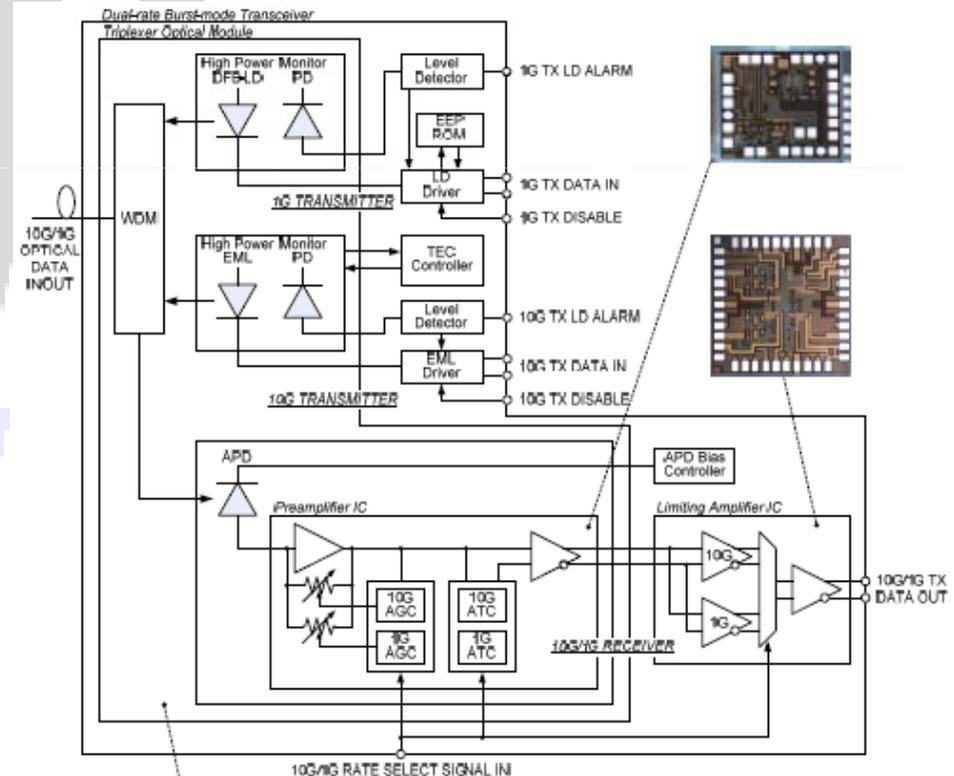
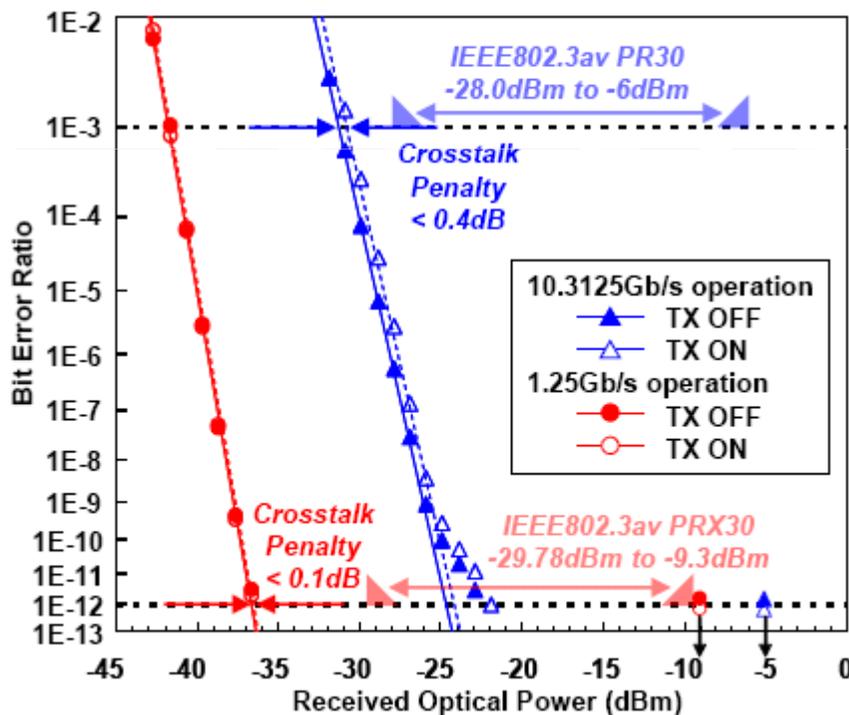


Dual-rate Optical Transceiver for 10G-EPON

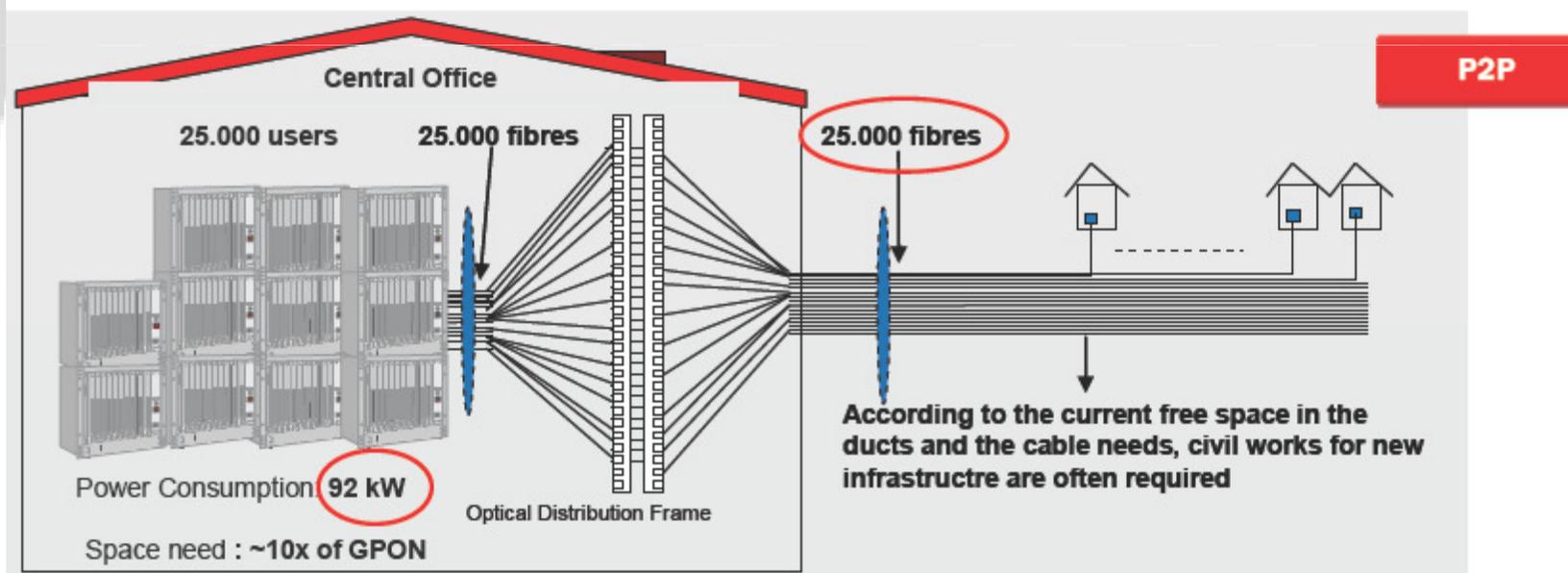
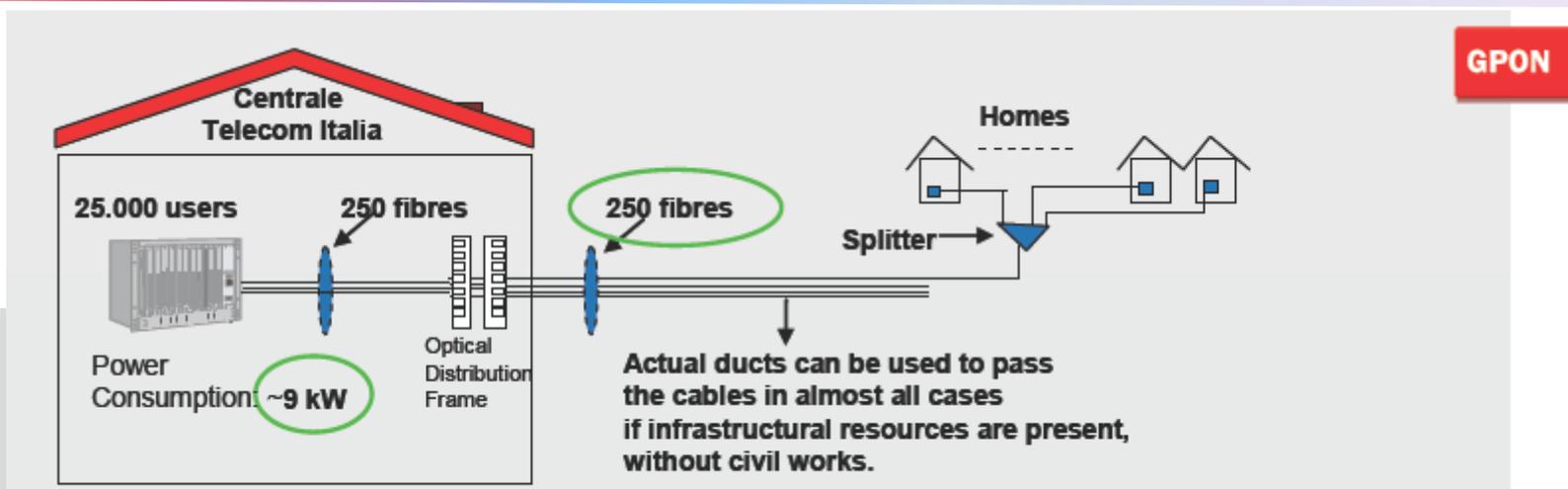


Mo.2.B.2

| Description | Measured Results | IEEE802.3av PR30 | Unit |
|----------------------|------------------|------------------|------|
| 10G operation | | | |
| Over load | -5 | -6 | dBm |
| Receiver sensitivity | -30.8 | -28 | dBm |
| Treceiver settling | < 800 | 800 | ns |
| Burst dynamic range | 25.8 | 22 | dB |
| 1G operation | | | |
| Over load | -9 | -9.38 | dBm |
| Receiver sensitivity | -35.5 | -29.78 | dBm |
| Treceiver settling | < 400 | 400 | ns |
| Burst dynamic range | 26.5 | 20.4 | dB |



点对点PON技术比较



结 语

- FTTH的发展如火如荼
- 光接入技术还在不断发展，时刻面临新的挑战
- 技术的关键是器件
- 普及的关键是性能和成本
- 我们的生活会更美好。





THANKS
Thanks for attention!