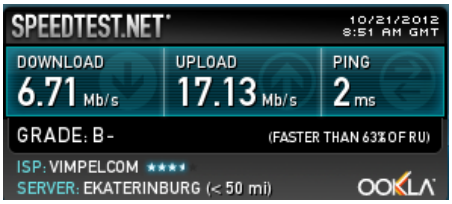
GPON vs Ethernet

Что такое xPON и как с ним бороться

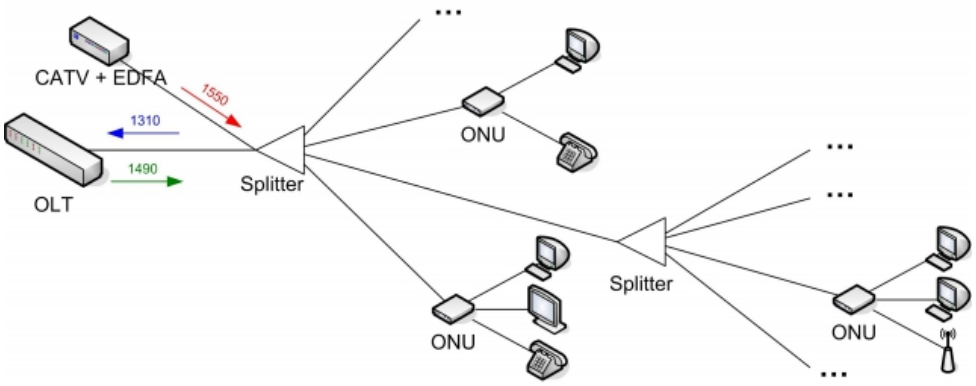
При огромном обилии рекламных материалов в Сети тема xPON, как мне кажется, до сих пор недостаточно глубоко изучена многими операторами. Разумеется, для кого-то это просто не нужно, для многоэтажек на сегодня ситуация весьма однозначно склоняется в пользу Ethernet. Но есть и такие, кто уже исчерпал доступную для развития "городскую" абонентскую базу, и вынужден отправлять монтажные бригады операторов связи все дальше "в поля", ближе к коттеджным поселкам или даже обычным "деревенькам". Там пока все куда проще - покрытие сетей 3/4G операторов сотовой связи, к ~~сожалению~~ счастью, есть далеко не везде. Да и пользователи, "нахватавшиеся" по форумам модных столичных привычек, хотят даже в лютый ЧНН видеть что-то похожее:



Так что вопрос "строить ли" сейчас не стоит. На повестке дня иное - "как"?

Варианты Ethernet рассматривались на nag.ru множество раз, так что подробно останавливаться на них нет смысла. При современной стоимости оптоволокна и оптических портов большая часть проблема пяти, а то и двух-трех летней давности ушла в небытие. Да и сложно в 2013 году представить оператора, который бы где-нибудь, когда-нибудь и для чего-нибудь не использовал Ethernet. Однако с xPON на практике работали далеко не все. Поэтому начну с небольшого ликбеза (который, при желании, можно легко "промотать").

В незапамятные времена xPON разрабатывали для американских операторов КТВ, поэтому его идея очень проста, и с некоторыми оговорками сводится к наложению передачи данных на существующие "древовидные" оптические линии. А так как сложных способов разделения среды в те времена делать за разумные деньги не умели - то использовали хорошо знакомый TDM.



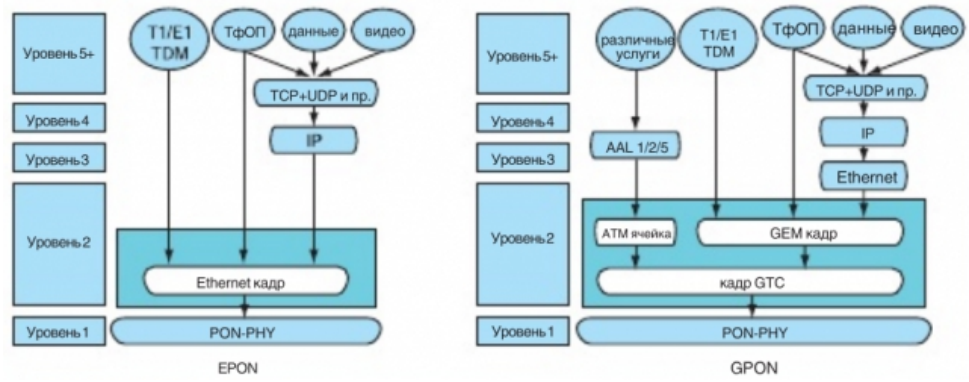
OLT излучает сигнал на несущей 1490 нм, а все ONT - на одной и той же длине волны 1310нм. А так как TDM, то ONU излучают не непрерывно, как простой медиаконвертер в Ethernet, а лишь в определенные интервалы времени (этим процессом управляет OLT). Из-за этого конструкция ONT намного сложнее, чем у обычного медиаконвертера, а это заметно отражается на ее стоимости. Трансиверы тоже особые, WDM с Tx/Rx: 1490/1310нм (для OLT) и 1310/1490нм (ONT). Окно 1550 нм специально зарезервировано под КТВ, которое можно подмешивать в эту же оптическую сеть с помощью специальных WDM-фильтров 1310/1490/1550нм или делителей типа 2xN.

Так как на целый куст клиентов работает один порт OLT, то в один юнит можно "упихать" много возможностей и денег. Типичный агрегат, способный вынести на себе среднего размера поселок, выглядит следующим образом:

На стороне абонента устанавливают абонентские устройства, которые называются ONU/ONT (Optical Network Unit/Terminal), представляющие собой небольшой коммутатор с оптическим PON-портом и "медными" портами Ethernet для подключения абонентских Ethernet-устройств. Часто к этому добавляют WiFi, RF overlay, FXS порты VoIP.

Чем отличаются GPON от GEPON?

Вопрос из заголовка имеет простой формальный ответ: GPON (Gigabit PON) – ITU G.984, GEPON (Gigabit Ethernet PON) – IEE 802.3ah. Но эти цифры практически ничего не говорят даже мне. Поэтому можно уточнить: структура кадров GEPON максимально похожа на Ethernet, а у GPON более сложная, и больше напоминает SDH. И показать картинку:



А если после этого вам (как и мне, кстати) картина мира понятнее не стала, то проще ограничиться простым сравнением:

GPON
+ Полностью стандартизированная технология (рекомендация ITU-T G.984);
+ Полностью стандартизированный протокол управления OMCI (протокол TR-069);
+ Использование линейного кода NRZ без избыточности ("честные" 2.5G);
+ Более эффективные механизмы для передачи TDM-трафика;
– Более высокая стоимость, нежели GEPON;
– Более сложное конфигурирование оборудования.

GEPON (Turbo-GEPON)

+ Более низкая цена OLT;
+ Сравнительно простая настройка оборудования;
– Технология без стандарта (в основе лежит стандарт IEEE 802.3ah);
– Использование избыточного линейного кода 8B/10B ("чистая" полоса меньше на ~20%).

Подробнее можно почитать здесь.

Что выбрать? Мне кажется, при равной цене GPON выглядит более привлекательно в одном важном пункте - совместимость. Но вообще, много зависит и от вендора. Некоторые, например Huawei и ZTE, производят решения как GPON, так и GEPON. Хотя для Российского рынка GEPON от Huawei недоступен. Другие именитые производители делают только GPON, например: Ericsson (решение недавно было продано американской компании Calix), Alcatel-Lucent и др. Решения на GEPON проще, и на сегодняшний день их делает множество производителей в Китае. В том числе, совсем малоизвестные небольшие компании. Поэтому о качестве и надежности таких разработок можно только догадываться. В России решения на базе TurboGEPON многим известны благодаря продукции компании Элтекс. Причем, для "обычных" операторов линейка GPON недоступна - такие решения обычно поставляются только для операторов вроде Ростелекома.

За сим общую часть маркетингового буллшита можно считать законченной. ;-)

Особенности реализации

Особенность 1. Исходя из древовидной структуры PON, "недобросовестные" абоненты могут всерьез попортить жизнь операторам. Предполагается, что если на стороне абонента поставить непрерывно излучающий медиаконвертер вместо ONT, то могут пострадать все абоненты в его "ветке дерева".

Мы решили проверить это утверждение на практике. Для этого взяли гигабитный медиаконвертер SNR-CVT-1000SFP-V2, в него воткнули SNR-SFP-W34-20 (Tx/Rx 1310/1490nm) и подключили в одно дерево с другими рабочими ONT. В результате, линк на OLT в этом порту пропал и все другие ONT в этом порту "отвалились". "Миф" подтвердился на 100%.

Особенность 2. Чувствительность у триплексера ONT для несущей 1550 нм обычно составляет -8dBm (для 1490 нм: -27dBm), поэтому для нормальной работы КТВ в большинстве случаев придется использовать EDFA.

Особенность 3. Настройка и управление ONU обычно осуществляется через OLT (даже такие операции, как обновление прошивки, перезагрузка, выключение/включение излучения лазера и т.п. выполняются удаленно). ONU, как правило, поддерживают DDMI и умеют определять расстояние до OLT, что значительно облегчает осуществление траблшутинга:

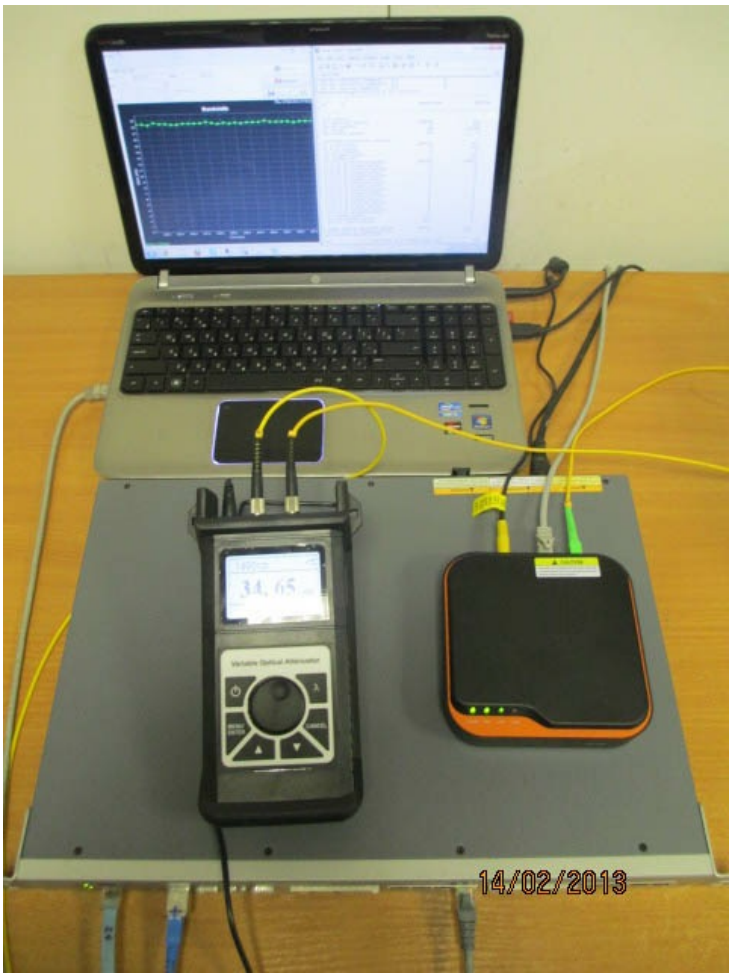
```
SWITCH> sh onu info
-------------------------------------------------------------------------------
OLT | ONU | STATUS | Serial No. | Distance | Rx Power | Profile
-------------------------------------------------------------------------------
1 | 1 | Active | SNRcbe3e359 | 4769m | - 23.2 dBm | user1
1 | 2 | Active | SNRcbe3e1b9 | 4657m | - 20.7 dBm | user2
1 | 3 | Active | SNRcbd38c12 | 4825m | - 22.5 dBm | user3
1 | 4 | Active | SNRcbd38ba4 | 4823m | - 20.1 dBm | user4
1 | 5 | Active | SNRcbe3e329 | 4694m | - 19.5 dBm | user5
1 | 6 | Active | SNRcbd38af4 | 4755m | - 19.9 dBm | user6
1 | 7 | Active | SNRcbe3e249 | 4476m | - 24.5 dBm | user7
1 | 8 | Active | SNRcbe3dd81 | 4549m | - 19.1 dBm | user8
1 | 9 | Active | SNRcbe3e0e1 | 4763m | - 19.2 dBm | user9
1 | 10 | Active | SNRcbd38c2c | 4812m | - 21.9 dBm | user10
```

Эта статистика помогает находить проблемные участки. Анализируя ухудшения уровней сигналов у абонентов, и, зная схему сети (где какие сплиттеры стоят и т.д.), можно удаленно определить участок сети, на котором возникла проблема.

Особенность 4. В PON реализована поддержка технологии прямой коррекции ошибок FEC (Forward Error Correction). При передаче данных в сообщение добавляется избыточная служебная информация, на основе которой затем восстанавливается первоначальное содержание "посылки". Надо сказать, что в DWDM с FEC нам приходилось встречаться довольно часто. Выигрыш в OSNR (Optical Signal to Noise Ratio) может быть от ~6.5 до ~10.5dB. В GPON с FEC встречаться не приходилось. В официальном документе ITU-T не описывается выигрыш ни в OSNR, ни в оптическом бюджете.

Мы решили на практике проверить работу FEC. Суть опыта состояла в следующем:
1. С помощью переменного аттенюатора определяется порог чувствительности ONT, при котором на интерфейсах еще нет ошибок;
2. Увеличивается затухание, до момента появления ошибок;
3. Включается FEC;
4. Статистика ошибок снимается повторно;
5. Сравнение результатов.

Итак, к портам OLT и ONT подключили генератор трафика (2 компьютера с jperf). В OLT установлена SNR-SFP-W43-GPON-C+ (C+ class). Для измерений используем измеритель мощности SNR-PMT-08C, а также средства DDMI. В качестве переменного аттенюатора служит SNR-OVA-01.



Находим предельную величину мощности сигнала на входе ONT, при котором начинают появляться потери пакетов и ошибки: ~ -29.9dBm. При этом Tx Power SFP OLT: +5.62 dBm, затухание вносимое аттенюатором: 34.80dB (+ дополнительные потери вносят патчкорды и проходные адаптеры). Мощность сигнала на стороне ONT по измерителю: -29.91dBm

DDMI:

OLT | ONU | STATUS | Serial No. | Distance | Rx Power | Profile
---
1 | 1 | Active | SNRcbd38c44 | 2m | - 29.9 dBm | ONT#1

Снимаем показатели потерь с ONU, видим наличие ошибок:

Pon bip8 errors N/A 17
SWITCH(config-gpon-olt[1])# show olt statistics onu 1

OLT : 1 ONU : 1 Downstream Upstream

Pon unreceived bursts N/A 27
Pon onu positive drift val N/A 0
Pon onu negative drift val N/A 0
Pon bip8 errors N/A 17
Pon fec corrected bytes N/A 0
Pon fec corrected codewords N/A 0
Pon fec uncorrected codewords N/A 0
Pon fec received codewords N/A 0

Снимаем показатели с OLT, так же наблюдаем прирост ошибок:

CRC dropped packets N/A 381
CRC dropped packets N/A 522
CRC dropped packets N/A 557
SWITCH(config-gpon-olt[1])# show olt statistics

OLT : 1 Downstream Upstream

```
--------------------------------------------------------------------------------
(Pon counter)
Pon valid eth packets 155287 N/A
Pon CPU packets 0 N/A
Pon ploams 0 0
Pon invalid packets 0 163
Priority Q0 forwarded packets 155287 293502
CRC dropped packets N/A 163
security dropped packets N/A 0
security learn failures N/A 0
header modifier forwarded packets 155287 N/A
header modifier dropped packets 2 N/A
.
CRC dropped packets N/A 381
.
CRC dropped packets N/A 522
.
CRC dropped packets N/A 557
```

После этого включаем FEC в обоих направлениях (Upstream, Downstream). Снимаем статистику с ONU. Видим, что количество обработанных и исправленных бит и кодовых слов растет с возрастанием количества переданных бит. Это свидетельствует о том, что FEC активирован:

```
SWITCH(config-gpon-olt[1])# show olt statistics onu 1
----------------------------------------------------------------
OLT : 1 ONU : 1 Downstream Upstream
----------------------------------------------------------------
Pon unreceived bursts N/A 27
Pon onu positive drift val N/A 0
Pon onu negative drift val N/A 516
Pon bip8 errors N/A 17
Pon fec corrected bytes N/A 88
Pon fec corrected codewords N/A 21
Pon fec uncorrected codewords N/A 0
Pon fec received codewords N/A 831162
SWITCH(config-gpon-olt[1])# sh olt statistics onu 1
----------------------------------------------------------------
OLT : 1 ONU : 1 Downstream Upstream
----------------------------------------------------------------
Pon unreceived bursts N/A 27
Pon onu positive drift val N/A 0
Pon onu negative drift val N/A 18185
Pon bip8 errors N/A 17
Pon fec corrected bytes N/A 3360
Pon fec corrected codewords N/A 835
Pon fec uncorrected codewords N/A 0
Pon fec received codewords N/A 25632838
```

Снимаем статистику с OLT. С увеличением количества переданных бит, значение CRC-ошибок не изменяется. Можно сделать вывод, что FEC работает и успешно исправляет поврежденные пакеты:

```
SWITCH(config-gpon-olt[1])# show olt statistics
--------------------------------------------------------------------------------
OLT : 1 Downstream Upstream
--------------------------------------------------------------------------------
(Pon counter)
Pon valid eth packets 3049342 N/A
Pon CPU packets 371 N/A
Pon ploams 1791 931771
Pon invalid packets N/A 0
(perfomance monitoring counter)
Rx valid packets 595592 N/A
Rx error packets 0 N/A
CPU valid packets 0 0
CPU dropped packets 0 557
MAC lookup miss 0 N/A
Priority Q0 forwarded packets 595592 1148575
CRC dropped packets N/A 557
security dropped packets N/A 0
security learn failures N/A 0
header modifier forwarded packets 1197282 N/A
header modifier dropped packets 2 N/A
SWITCH(config-gpon-olt[1])# sh olt statistics
```

OLT : 1 Downstream Upstream

(Pon counter)
Pon valid eth packets 1772646 N/A
Pon CPU packets 720 N/A
Pon ploams 4116 888724
Pon invalid packets N/A 0
(perfomance monitoring counter)
Rx valid packets 1810188 N/A
Rx error packets 0 N/A
CPU valid packets 0 0
CPU dropped packets 0 557
MAC lookup miss 0 N/A
Priority Q0 forwarded packets 1810188 3532672
CRC dropped packets N/A 557
security dropped packets N/A 0
security learn failures N/A 0

Делители (сплиттеры) и оптический бюджет

К выбору делителей и расчету оптического бюджета следует всегда относиться с особой ответственностью. Зачастую, разработать оптимальное решение бывает совсем непросто, ввиду большого количества "переменных", которые зависят от географического расположения абонентов, OLT, возможности прокладки оптического кабеля и т.п.

Делители бывают двух видов: планарные - PLC (Planar Lightwave Circuit) и сварные - FBT (Fused Biconical Taper). О них мы подробно писали в обзоре Divide and rule II или PLC и в базе знаний.

В ONU обычно используются приемопередатчики B+ класса, чтобы цена абонентского устройства была как можно ниже. У такого трансивера обычно следующие характеристики:
Tx Power: 0..+5dBm
Rx Sensitivity: -27dBm
В OLT обычно ставят SFP тоже B+ класса, тогда гарантированный оптический бюджет:
DS/US: 0 – (-27) dB = 27dB

Но если бюджета не хватает (делители с коннекторами и/или многократное деление, например, x2/x4/x8 или x4/x4/x4), то можно поставить SFP C+ класса. Они дороже, т.к. для их производства нужно отбирать лазеры с повышенной выходной мощностью, и более чувствительный APD-приемник. Но зато их TTX заметно лучше:
Tx Power: +3...+7dBm
Rx Sensitivity: -32dBm

Таким образом, гарантированный оптический бюджет в обе стороны получается уже разный:
DownStream: 3-(-27)dB = 30dB
UpStream: 0-(-32)dB = 32dB
Следовательно, выигрыш в бюджете при использовании C+ SFP составляет примерно 3дБ (в 2 раза), что весьма неплохо.

Берем наименьшее значение - 30dB, делаем запас ~2dB, не забывая о возможности увеличения оптических потерь при ухудшении характеристик ВОЛС и мощности лазера, связанных с их старением, получаем ~28dB. Цифра довольно большая, но, прикинув несколько вариантов с делителями на разъемах, понимаем, что прокладку кабеля и сварку нужно делать "на совесть". Желательно, сразу проверяя смонтированные участки, т.к. потом поиск проблемных мест усложнит наличие делителей.

Посчитаем бюджет подключения 64xONT к одному порту OLT при помощи PLC-делителей с разъемами для разных вариантов:

1. Схема с тремя делителями x2/x4/x8:
8 разъемных соединений - 0.5дБ/шт.
5 сварных соединений - 0.1дБ/шт.
PLC-делитель 1x2 - 4.1дБ
PLC-делитель 1x4 - 7.5дБ
PLC-делитель 1x8 - 10.8дБ
=> (8*0.5 + 5*0.1 + 4.1 + 7.5 + 10.8)дБ = 26.9дБ

2. Схема с тремя делителями x4/x4/x4:
8 разъемных соединений - 0.5дБ/шт.
5 сварных соединений - 0.1дБ/шт.
PLC-делитель 1x4 - 7.5дБ
=> (8*0.5 + 5*0.1 + 3* 7.5)дБ = 27.0дБ

3. Схема с двумя делителями x2/x32:

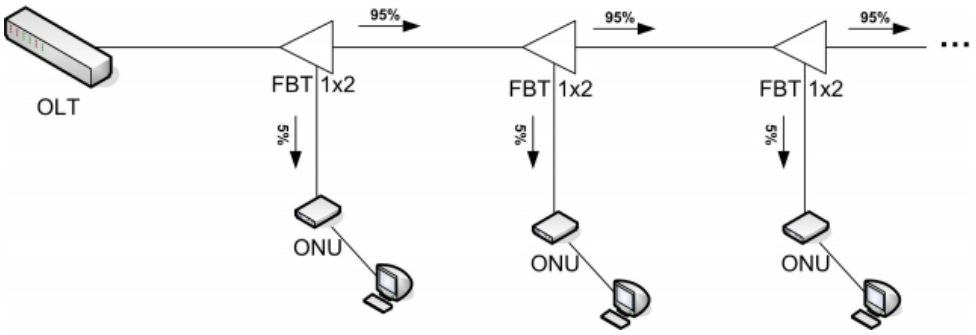
6 разъемных соединений - 0.5дБ/шт.
4 сварных соединения - 0.1дБ/шт.
PLC-делитель 1x2 - 4.1дБ
PLC-делитель 1x32 - 16.8дБ
=> (6*0.5 + 4*0.1 + 4.1 + 16.8)дБ = 24.3дБ

4. Схема с двумя делителями x4/x16:
6 разъемных соединений - 0.5дБ/шт.
4 сварных соединения - 0.1дБ/шт.
PLC-делитель 1x4 - 7.5дБ
PLC-делитель 1x16 - 13.8дБ
=> (6*0.5 + 4*0.1 + 7.5 + 13.8)дБ = 24.9дБ

Таким образом, принимая коэффициент затухания в кабеле 0.4 дБ/км (на 1310 нм), используя такие делители, на оптику остается совсем немного (т.е. длина линии должна быть небольшой). Если бюджета не хватает, то можно использовать неоконцованные делители или другие схемы деления, в том числе с меньшим количеством ONT на 1 порт OLT (например, 32xONT). Но с другой стороны, в этих расчетах взяты максимальные коэффициенты затухания, и реальная картина может быть лучше. Хотя надеяться на это и не следует.

В Ethernet же, используя "одноглазые" вставки, за "непопадание в бюджет" переживают редко, т.к. расстояния обычно небольшие, а бюджет таких SFP идет обычно с большим запасом (6dB для 3км и 14dB для 20км).

В завершение этой части можно привести пример расчета для экзотического для "Ethernetчиков" (но хорошо знакомого КТВшникам) случая деления в пропорции 5:95%. Схема при этом получается следующая:



N = (Pout – X1 – S – R – Z*L) / X2 (1) где:
N – количество подключаемых ONU;
Pout – мощность излучения SFP OLT (dBm);
X1 – максимальные потери на делителе при отводе 5% мощности (dB);
S – чувствительность приемника ONT (dBm);
R – дополнительные потери в линии (сварки, коннекторы, проходные адаптеры и т.д.) (dB);
Z – коэффициент затухания в оптическом кабеле для несущей 1310 нм (dB/km);
L – длина оптического кабеля (км);
X2 – максимальные потери на делителе при отводе 95% мощности (dB).
N = (3 - 0.45 - (-27) - 4 - 0.35*2) ~= 24

Посчитаем уровень сигнала от OLT, после прохождения 24 делителей:
P = Pout – X1*N – R – Z*L = (3 - 0.45*24 – 4 – 2*0.35) dBm= -12.5 dBm
Надо сказать, что -12.5dBm - довольно мощный сигнал, что позволяет далее подключить еще несколько ONU. Поставив, например, еще 3 делителя 1x2 с коэффициентом деления 50/50% (оптический бюджет позволяет) можно подключить еще 4xONU. Таким образом, данная схема не дает возможности подключить большое количество ONT на 1 порт OLT, но может быть актуальна для GEPON-решений с максимальным количеством 32xONU на 1 порт OLT.

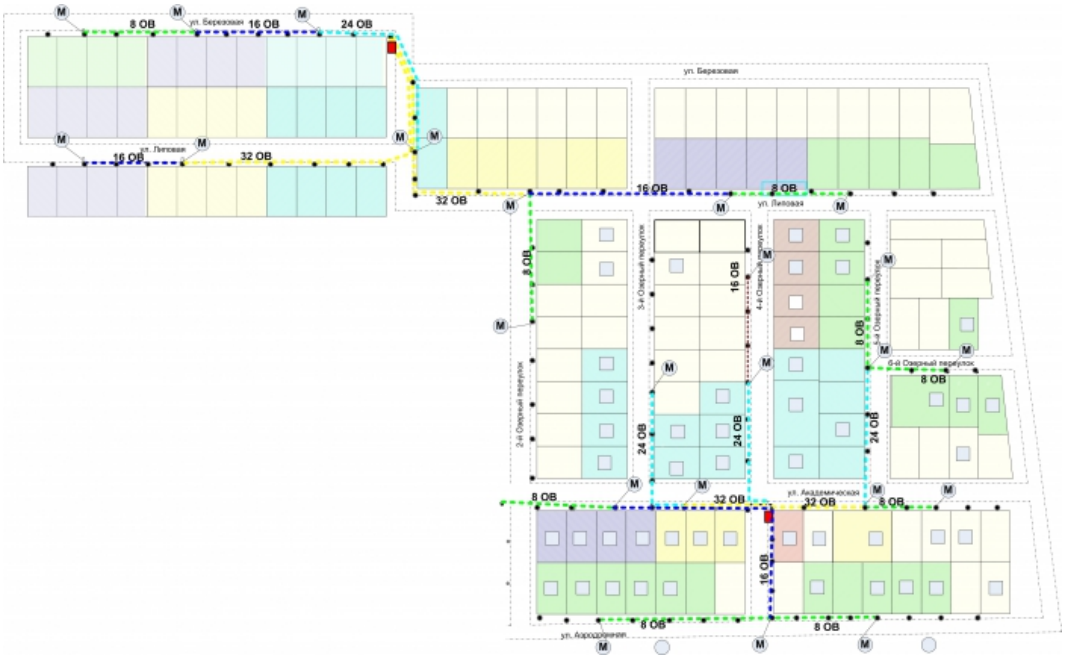
Кто сильнее ~~слон или кит~~ xPON или Ethernet?

Для сравнения решений на Ethernet и GPON возьмем реальный поселок на ~134 дома и рассмотрим 2 варианта решений:

Решение на GPON

В данной схеме задействованы 3 порта в OLT. К этим портам подключено 42, 50 и 53 ONU соответственно (выделены разными цветами: синим, красным и зеленым). Использовались самые бюджетные ONU с 1xGE портом.

На Ethernet. Это реальное, уже реализованное решение.



В этой схеме подключено 104 дома (на ~30% меньше, чем в GPON). В качестве коммутаторов доступа используются Dlink DES-3200-28F. У абонента - 100 Mbps медиаконвертер SNR-CVT-100

Сравним спецификации:

GPON

Артикул	Наименование	Кол-во	Цена	Сумма
SNR-FOCA-UT1-08	**Оптический кабель SNR-FOCA-UT1-08**	**4 км**	**13 889,70 р.**	**55 558,80 р.**
SNR-FOCD-FM-01	**Кабель оптический SNR-FOCD-FM-01**	**13 км**	**5 755,25 р.**	**74 818,25 р.**

SNR-KR-16N	Кронштейн универсальный натяжной SNR-KR-16N	64 шт.	99,35 р.	6 358,40 р.
SNR-PA-06	Зажим анкерный клиновой SNR-PA-06	128 шт.	69,22 р.	8 860,16 р.
SNR-KR-8N	Узел крепления для легких кабелей типа FTTH и SNR-FOCA-UT1	112 шт.	27,85 р.	3 119,20 р.
SNR-PA-37	Зажим анкерный клиновой PA-37 (малый, пластиковый)	224 шт.	108,78 р.	24 366,72 р.
SNR-K2	Каркас-барабан SNR-K2	35 шт.	560,00 р.	19 600,00 р.
SNR-KR-16P	Кронштейн универсальный поддерживающий SNR-KR-16P	48 шт.	99,35 р.	4 768,80 р.
PPO-8/11-03	Зажим поддерживающий плашечный ППО-8/11-03	48 шт.	30,50 р.	1 464,00 р.
SNR-SB207.202	Лента монтажная нержавеющая С202, 20х0.7 мм (кассета 50м)	5 касет	1 476,76 р.	7 383,80 р.
SNR-HC-20-T	Скрепа монтажная HC-20-T (100 шт.)	3 уп.	712,52 р.	2 136,56 р.
SNR-FTTH-FDB-16	Коробка распределительная оптическая SNR-FTTH-FDB-16	5 шт	1 620,84 р.	8 104,20 р.
SNR-FTTH-FDB-08	Коробка распределительная оптическая SNR-FTTH-FDB-08	31 шт.	702,12 р.	21 765,72 р.
SNR-FTTH-FDB-04	Коробка распределительная оптическая SNR-FTTH-FDB-04	1 шт	205,44 р.	205,44 р.
SNR-ADP-SC/APC SM	Адаптер проходной SNR SC/APC-SC/APC	348 шт.	11,88 р.	4 134,24 р.
SC-SM-APC-30/IN	Разъем оптический Ilsintech "Splice-On Connector" SC/APC для кабеля 3,0 мм / 2,0 x 3,1	328 шт.	113,88 р.	39 630,24 р.
SNR-FTB-02S	Розетка оптическая SNR-FTB-02S	145 шт.	25,52 р.	3 700,40 р.
SNR-PC-SC/APC-15m	Патчкорд оптический SC/APC-SM 15метров	145 шт.	103,22 р.	14 966,90 р.
SNR-UPS-ONRT-1-M	Источник бесперебойного питания on-line, 1000 VA	2 шт.	4 785,00 р.	9 570,00 р.
SNR-UPS-BCRT-1-M	Блок батарей SNR-UPS-BCRT-1-M для ИБП 1kVA	2 шт.	8 389,70 р.	16 779,40 р.

SNR-PLC-1x4-SC/APC	Планарный делитель на 4 отвода, оконцованный вилками SC/APC	32шт.	724,88р.	23196,16р.
SNR-PLC-1x8-SC/APC	Планарный делитель на 8 отводов, оконцованный вилками SC/APC	7шт.	1039,10р.	7273,7р.
SNR-PLC-1x2-SC/APC	Планарный делитель на 4 отвода, оконцованный вилками SC/APC	2шт.	573,9р.	1147,90р.
SNR-SFP-W43-GPON-C+	Модуль SFP WDM GPON, дальность до 20км (35dB), Tx/Rx: 1490/1310нм	3шт.	7141,22р.	21423,66р.
SNR-ONT-1G	Абонентский терминал ONT GPON с 1 портом 10/100/1000-Base-T	145шт.	2452,13р.	355558,85р.
SNR-OLT-4x-8GC	Станционный терминал OLT с 4 портами GPON (SFP) и 8 комбо-портами 10/100/1000-Base-T/SFP	1шт.	86851,78р.	86851,78р.
SNR-OLT-PSU-AC	Блок питания переменного тока (AC) для GPON OLT SNR-OLT-4x-8GC	2шт.	8940,62р.	17881,24р.
ШТВ-1-15.6.6-4ААА	Термошкаф 15 U	1 шт	31 200,00р	31 200,00 р.

Итого: 869 547,92

Ethernet

SNR-FOCA-LT-05-32	Кабель оптический многомодульный, тип "8", с тросом, 32 волокна (5 кН)	1 км	49 397,79р.	49 397,79р.
SNR-FOCA-LT-08-24	Кабель оптический многомодульный, тип "8", с тросом, 24 волокна (8 кН)	1 км	54 000,86	54 000,86
SNR-FOCA-LT-05-16	Кабель оптический многомодульный, тип "8", с тросом, 16 волокон (5 кН)	1 км	34 630,00р.	34 630,00р.
SNR-FOCD-FM-01	Кабель оптический SNR-FOCD-FM-01	10 км	5 755,25 р.	57 552,50 р.
ШТВ-1-15.6.6-4ААА	Термошкаф	2 шт.	31 200,00р.	48 924,00р.
SNR-KR-16N	Кронштейн универсальный натяжной SNR-KR-16N	85 шт.	99,35р.	8 444,75р.

SNR-HC-20-T	Скрепа монтажная HC-20-T (100 шт.)	2 шт.	712,52р.	1 425,04р.
SNR-SB207.201	Лента монтажная нержавеющая C201, 20x0.7 мм (кассета 50м)	5 кассет	1 156,63р.	5 783,15р.
SNR-PP1-3034	Зажим (подвес) поддерживающий SNR-PP1-3034	50 шт.	79,75р.	3 987,50р.
SNR-KR-16P	Кронштейн универсальный поддерживающий SNR-KR-16P	50 шт.	99,35 р.	4 967,50р.
SNR-PA-37	Зажим анкерный клиновой PA-37 (малый, пластиковый)	200 шт.	108,78р.	6 526,80р.
SNR-KR-8N	Узел крепления для легких кабелей типа FTTH и SNR-FOCA-UT1	75 шт.	27,85 р.	2 088.75р.
SNR-K2	Каркас-барабан SNR-K2	22 шт.	560,00 р.	12 320,00р.
SNR-UPS-ONRT-1-M	Источник бесперебойного питания on-line, 1000 VA	4 шт.	4 785,00 р.	9 570,00 р.
SNR-UPS-BCRT-1-M	Блок батарей SNR-UPS-BCRT-1-M для ИБП 1kVA	4 шт.	8 389,70 р.	16 779,40 р.
SNR-FOSC-E	Муфта оптическая проходная, серии SNR-FOSC-E (GPJ-B/E, 6002)	17 шт.	1 400,73р.	23 812,41р.
SNR-ODF-24R	Шкаф кроссовый оптический 19" (ШКОС) 24 порта	3 шт.	390,14р.	1 170,42р.
SNR-ODF-96R	Оптическая панель 19 " на 96 SC	1 шт.	800,00р.	800,00р.
SNR-ODF-64R	Оптическая панель 19 " на 64 SC	2 шт	660,00р	1 320,00р.
SNR-PC-SC/UPC-FC/UPC-1.5m(0,9)	Шнур монтажный оптический SC/UPC-FC/UPC SM 1,5 м	130 шт.	63,19р.	8 214,70р.
SNR-ADP-SC SM	Адаптер проходной SNR SC/APC-SC/APC	130 шт	11,88р.	1 544,40р.
SNR-PC-SC/APC-1.5m(0,9)	Шнур монтажный оптический SC/APC SM 1,5м.	130 шт.	69,00р.	8 970,00р.

SNR-ADP-SC SM	**Адаптер проходной SNR SC-SC SM**	**90 шт.**	**11,88р.**	**1 069,20р.**
SNR-PC-SC/APC-1m	**Патчкорд оптический SC/APC SM 1метр**	**50 шт.**	**62,17р.**	**1 108,80р.**
SNR-PC-SC/UPC-1m	**Патчкорд оптический SC/UPC SM 1метр**	**20 шт.**	**55,44р.**	**1 108,80р.**
SNR-ODF-48RT	**Шкаф кроссовый оптический стоечный 19" (ШКОС), 48 портов, поворотный (FT-S48)**	**1 шт.**	**1 483,99р.**	**1 483,99р.**
SNR-FTB-02S	**Розетки оптические SNR-FTB-02S**	**50 шт**	**25,52р.**	**1 276,00р.**
DES-3200-28F	**Управляемый коммутатор 2 уровня с 24 портами SFP + 4 комбо-портами 1000Base-T/SFP**	**4шт.**	**15 500,00р.**	**62000,00р.**
SNR-SFP100-W35-20	**Модуль SFP WDM, дальность до 20км (14dB), 1310нм, 100Mb**	**104шт.**	**405,41р.**	**42162,64р.**
SNR-CVT-100B	**Медиаконвертер 10/100-Base-T / 100Base-FX, Tx/Rx: 1550/1310нм**	**104шт.**	**980,39р.**	**101960,56р.**
SNR-FOSC-D	**Муфта оптическая тупиковая SNR-FOSC-D (GJS-D013, 8004)**	**3 шт.**	**875,34р.**	**2 626,02р.**
SC-SM-UPC-30/IN	**"Splice-On Connector" SC/UPC для кабеля 3,0 мм / 2,0 x 3,1**	**104 шт.**	**116,03 р.**	**12 067,12 р.**

Итого: 646 147,40

Выводы

Решение на Ethernet получилось на 30% дешевле, что, разумеется, немало. Но не стОит забывать, что на GPON процент подключения абонентов на тоже количество больше. То есть, в целом, оба решения соизмеримы по стоимости. Так что какой вариант выбрать - дело вкуса. Отметим лишь напоследок основные преимущества обоих вариантов:

Ethernet:
+ привычная технология для большинства операторов;
+ хорошо знакомое оборудование, заметно больше выбор;
+ заметно проще проектирование сети доступа;
+ меньше затраты на ЗИП;
+ проще найти проблемный участок в случае повреждения оптики (за отсутствием делителей);
+ 1 абонент не может повлиять на качество сервиса у других абонентов;
+ нет привязки к оборудованию одного вендора;
+ менее жесткие условия к качеству прокладки ВОЛС.

GPON:
+ меньше затраты на электроэнергию;
+ меньше затраты на прокладку ВОЛС и восстановительные работы (в том числе, затраты времени);
+ возможность мониторинга Tx/Rx Power у каждого абонента в реальном времени;
+ оборудование занимает значительно меньше места;
+ 1GE-порт у абонентских устройств (в данном примере, 1GE-порт в случае решения на базе Ethernet, привел бы к удорожанию схемы);

+ полностью пассивная оптическая сеть;
+ возможность организовать сеть КТВ на той же ВОЛС.