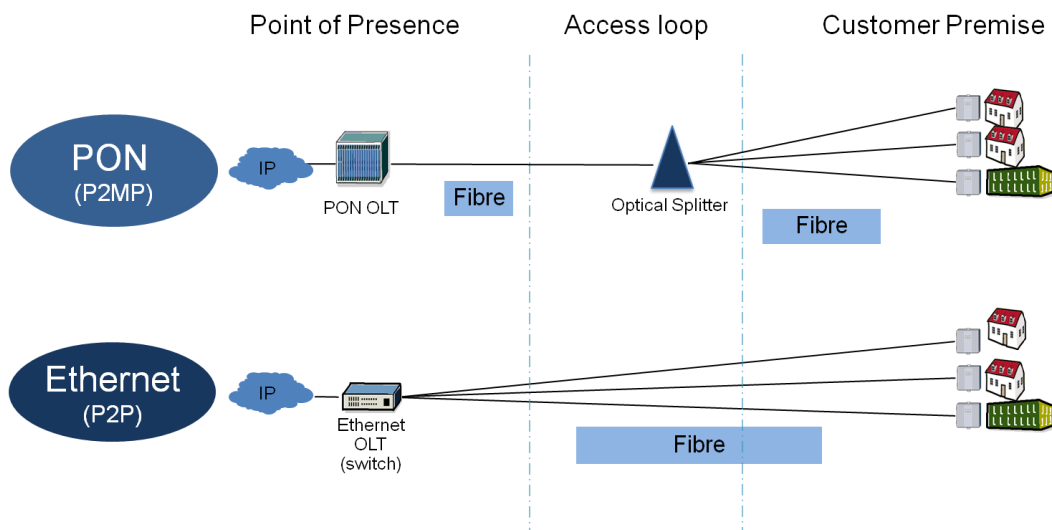




## Búnaður og tæki

Passíf ljósnet (PON) P2MP og Ethernet P2P lausnir hafa um árabil verið notaðar víða um heim. Ýmis atriði hafa áhrif á val á búnaði, t.d. landfræðilegar aðstæður, viðskiptaáætlun o.s.frv. Endanlegt val þeirrar lausnar sem notuð er, fer oft eftir því hve auðvelt er að koma lausninni á með tilliti til hagkvæmni og fleiri atriða. Ekki er því hægt að halda því fram, að önnur lausnin sé betri en hin, og teljast þær báðar fullkomlega frambærilegar.

Í fjölbýlishúsum eru lagnir milli inntaks og notenda oftast kopar, en á síðari árum hafa ljósleiðarar einnig verið lagðir, ýmist í stað koparlagna eða sem viðbót við koparlagnir. Ekki leikur þó vafi á því að ljósleiðari tryggir allar framtíðarþarfir betur en koparlögn. Í sumum tilvikum er annar ljósleiðari lagður fyrir myndflutning (RF-video overlay), og þá eru einnig eru stundum lagðir 2-4 ljósleiðarar á hvert heimili, til að tryggja samkeppnishæfni kerfanna auk framtíðarþarfa.



Mynd: Mismunandi FTTH-högun

### Passíft ljósnet

Á afhendingarstað (POP) er staðsettur endabúnaður (e. „*optical line terminal*“ (OLT)). Einn ljósleiðari liggur síðan að passífum deili (e. „*splitter*“) sem getur deilt ljósmerkinu til ákveðins fjölda notenda, en hjá hverjum einstökum notenda er síðan staðsettur annars konar endabúnaður (e. „*optical network unit*“ (ONU), en við þann búnað er ljósleiðari til notandans tengdur.

Nokkrar mismunandi gerðir eru til af ONU, t.d. fyrir fjölbýlishús og almenna innanhússdreifingu, sem einnig getur tengst innanhússkerfi sem er til staðar (t.d. CAT5-lögnum).



Kostur við passíft ljósnet er að færri ljósleiðara þarf á milli afhendingarstaða og deila en í P2P-högun. Enginn virkur búnaður er á milli afhendingarstaða og notenda, og er því hægt að viðhafa breytilega bandvídd til notenda og frá þeim, en allt þetta getur lækkað stofn- og rekstrarkostnað viðkomandi ljósnets.

Í þessu sambandi er vert að benda á að síðasti hluti leiðar, þ.e. frá deili til notanda, er samskonar fyrir P2P og PON haganir, hvert heimili eða notandi tengist um einn (eða fleiri) ljósleiðara til þess staðar þar sem síðasti deilir lagnaleiðar er staðsettur. Slíkan stað má nefna „safnstað“ (e. „*fiber concentration point*“ (FCP)), eða (e. „*fiber flexibility point*“ (FFP)). Það sem helst aðskilur passíft ljósnet frá öðrum gerðum ljósleiðaraneta er því sú staðreynd að færri ljósleiðara þarf milli POP og FCP/FFP. Þannig getur deilihlutfall og það hve margir notendur verða í raun tengdir, haft þau áhrif að ljósleiðara þörf (fjöldi í strengjum) getur minnkað töluvert. Þetta á sérstaklega við þegar byggja þarf ljósnet á svæðum þar sem (takmarkaðir) ljósleiðarainniðir eða lagnaleiðir kunna að vera til staðar, sem hægt er að nýta, sem aftur verður til þess að bygging viðkomandi nets verður hagkvæmari en ella (hér er m.v. „*brownfield*“ svæði, þ.e. eldri byggingarsvæði).

### ***PON lausnir***

Nokkrar mismunandi tegundir lausna eru til í PON-netum.

Innan ITU (e. „*International Telecommunication Union*“) er vinnuhópur sem nefnist *The Full Services Access Network Group* (FSAN) sem skilgreinir tæknilegar kröfur sem síðar eru metnar og samþykktar sem staðlar ITU. Meðal þessara staðla má nefna ensku heitin APON, BPON, GPON and XG-PON. Í GPON staðlinum er 2,5 Gbit/s niðurhali og 1,25 Gbit/s upphali deilt milli allt að 128 notenda. Í XG-PON staðlinum er hins vegar um að ræða deilingu á 10 Gbit/s niðurhali og 2,5 Gbit/s upphali milli allt að 128 notenda.

FSAN-hópurinn sér fyrir sér að árið 2015 hafi möguleg PON-flutningsgeta aukist í a.m.k. 40 Gbit/s (niðurhal) og 10 Gbit/s (upphal), og drægi verði að lágmarki 20 km m.v. 1:64 deilihlutfall (deiling til 64 notenda). Frekari endurbætur hafa verið ræddar, t.d. fjölgun ljósbylgna, 60 km drægi og deilihlutfallið 1:256.

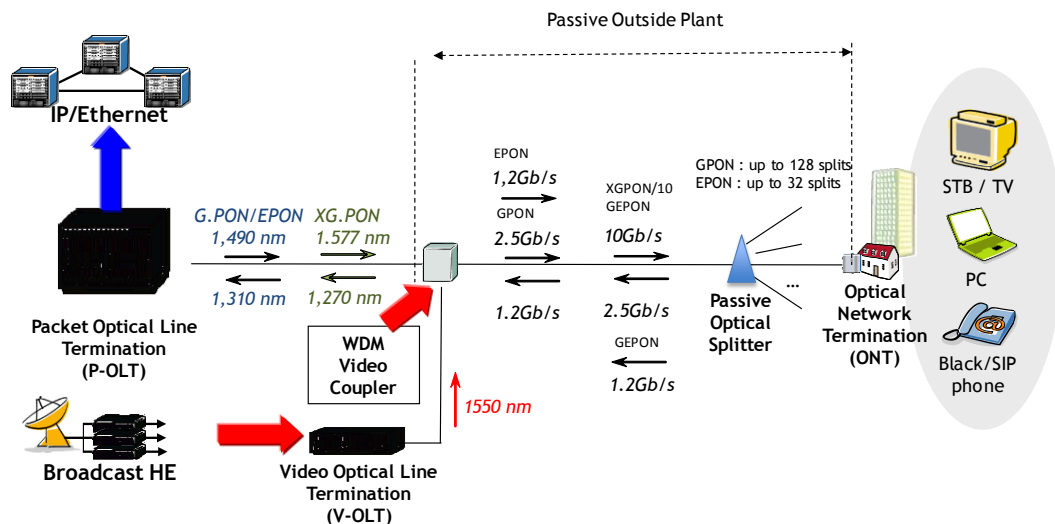
Árið 2004 lagði *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) til staðal sem nefndur er EPON, en hann hefur 1 Gbit/s bandvídd í báðar áttir. Sértækir EPON-staðlar ýmissa framleiðenda eru einnig til, með allt að 2 Gbit/s niðurhali. Í september 2009 samþykkti IEEE nýjan staðal; 10G-EPON, með samhverfri 10 Gbit/s bandvídd (sama í báðar áttir).

Líklegt er að þróun næstu tíu ára verði í átt að samhverfri bandvídd. Aukning vegna skráaskipta, margs konar Internet-samskipta og gríðarlegrar aukningar ýmissa gagnasendinga krefst aukinnar flutningsgetu vegna upphals. Meðal annarra notenda PON-tækni má nefna fyrirtæki, farsímastöðvar (3G/4G), ýmis þráðlaus net (Wi-Fi), og munu slíkir notendur þurfa a.m.k. 1 Gbit/s samhverfa fasta bandvídd í náinni framtíð.



Þrátt fyrir ofangreint er erfitt að sjá fyrir sér að samhverf bandvidd verði ráðandi í tengingum heimila. Ræður þar mestu notkun á hágæðasjónvarpi (HDTV) og almennum efnisveitum, en þar er umferðin yfirleitt miklu meiri til notandans en frá honum. Með ljósleiðaraneti næst þó alltaf miklu meiri upphalshraði heldur en ná má með öðrum aðferðum, t.a.m. DSL um koparlínur.

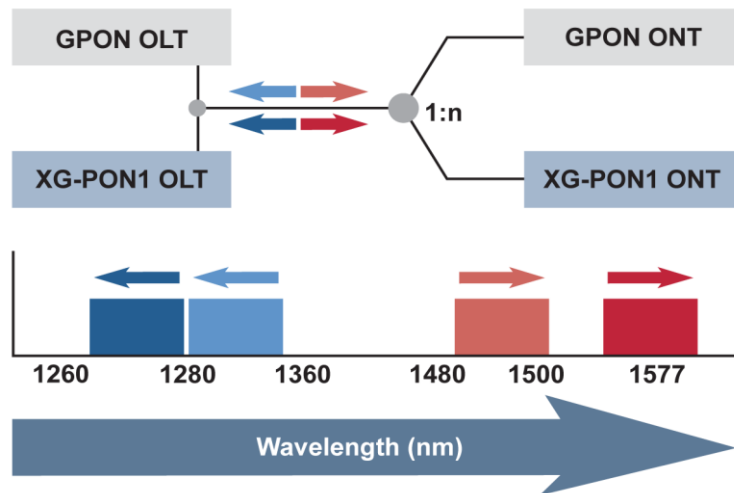
Drægi GPON er 20 km m.v. 28 dB útsent afl og deilihlutfallið 1:128. Hægt er að auka drægið í 30 km með því að minnka deilihlutfallið (og þar með fjölda notenda) í 1:16. Drægi 10G-EPON getur orðið 20 km með því að nota 29 dB útsent afl.



Mynd: Skýringarmynd af PON-ljósneti

Stundum er notaður sá valkostur að myndflutningur fer fram um sérstaka viðbótarljósbylgju (RF-video overlay). Af markaðsástæðum er hægt að virkja þessa ljósbylgju (1550 nm) síðar en upphafsnetið, t.d. fyrir dreifingu á stafrænu sjónvarpi.

Staðlar hafa verið skilgreindir til að hægt sé að nota bæði GPON og XG-PON á sömu ljósleiðurum, með því að nota mismunandi bylgjulengdir fyrir hvora lausn. Þetta er hægt svo framarlega sem gætt er að því að ekki verði truflanir milli lausnanna og fylgt sé viðeigandi meðmælum og reglum.



Mynd: XG-PON bylgjulengdir samkvæmt FSAN

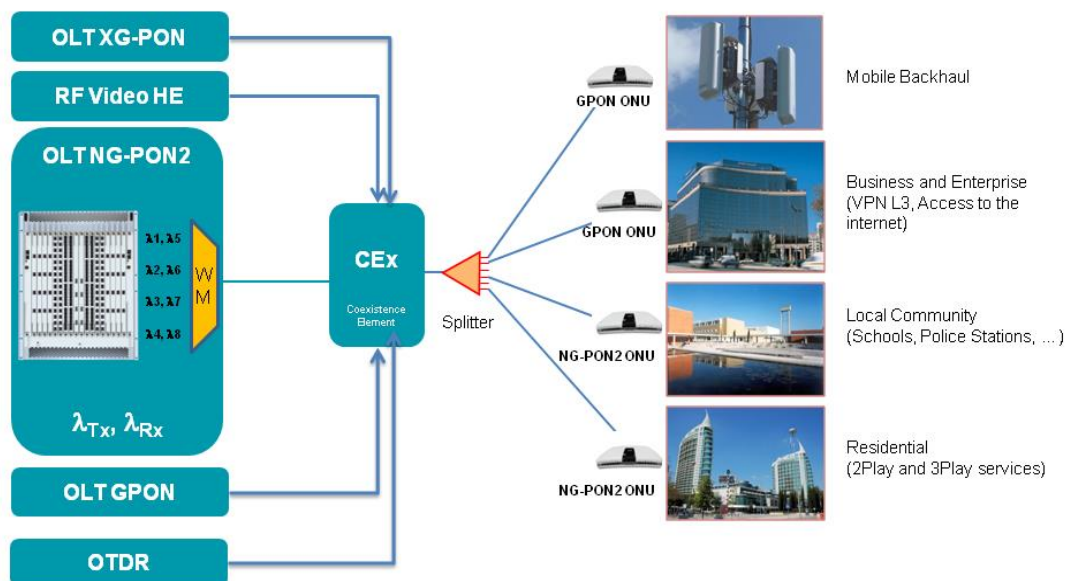
Hjá ITU og FSAN er enn fremur í skoðun NG-PON2, með eftirfarandi eiginleikum:

**Basic:** 40 Gbit/s niðurhal, 10 Gbit/s upphal, með því að nota 4 bylgjulengdir

**Extended:** 80 Gbit/s niðurhal, 20 Gbit/s upphal, með því að nota 8 bylgjulengdir

**Business:** Samhverf bandvidd, 40/40 Gbit/s til 80/80 Gbit/s

**Sambönd fyrir farsímasenda:** Point to Point bylgjulengdir (CPRI)



Mynd: Samnýting fyrir mismunandi FTTH-högun og notkun



Samnýting ljósleiðara fyrir mismunandi tæknilega högun getur átt sér stað ef til staðar er passíf eining. Þessi eining sameinar og deilir, eftir atvikum, mismunandi bylgjulengdum fyrir hverja þjónustu og PON-tækni.

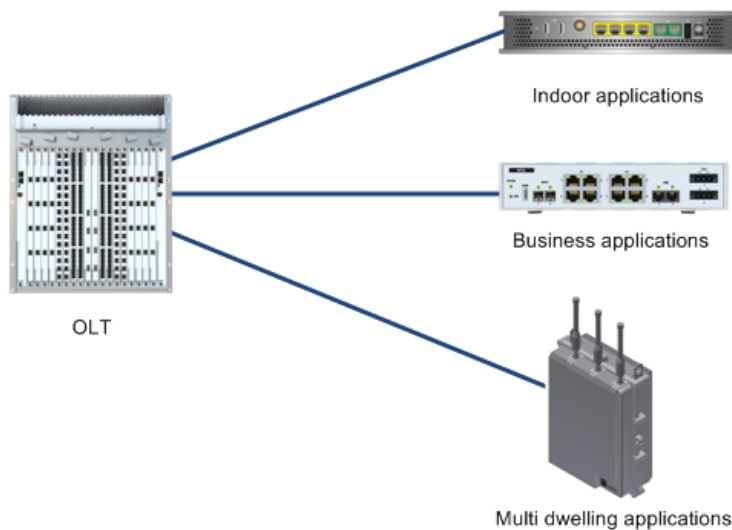
Gert er ráð fyrir að NG-PON2 muni uppfylla kröfur sem gerðar eru til nákvæmrar tíma- og fasastýringar sem kröfur eru um á flutningsleiðum farsímastöðva.

### **PON: virkur búnaður**

Hefðbundinn virkur búnaður á afhendingarstað (OLT-kort) getur tengst allt að 16.384 notendum (m.v. 64 notendur pr. port skv. GPON-högun). Sami búnaður getur tengst allt að 768 P2P-notendum m.v. að notað sé virkt Ethernet til samskipta við notandann.

Venjulega eru mikilvægustu hlutir á afhendingarstað tvöfaldir, til aukins rekstraröryggis, t.d. aflagjafar o.fl.

Í upphafi byggingar ljósnetts er hægt að setja upp OLT-kort af GPON, XG-PON eða NG-PON2 gerð, allt eftir aðstæðum hverju sinni. Uppfærslur á síðari stigum t.d. vegna nýrra aðferða og búnaðar, er síðan hægt að framkvæma þegar við á.



*Mynd: Mismunandi endabúnaður (ONT)*

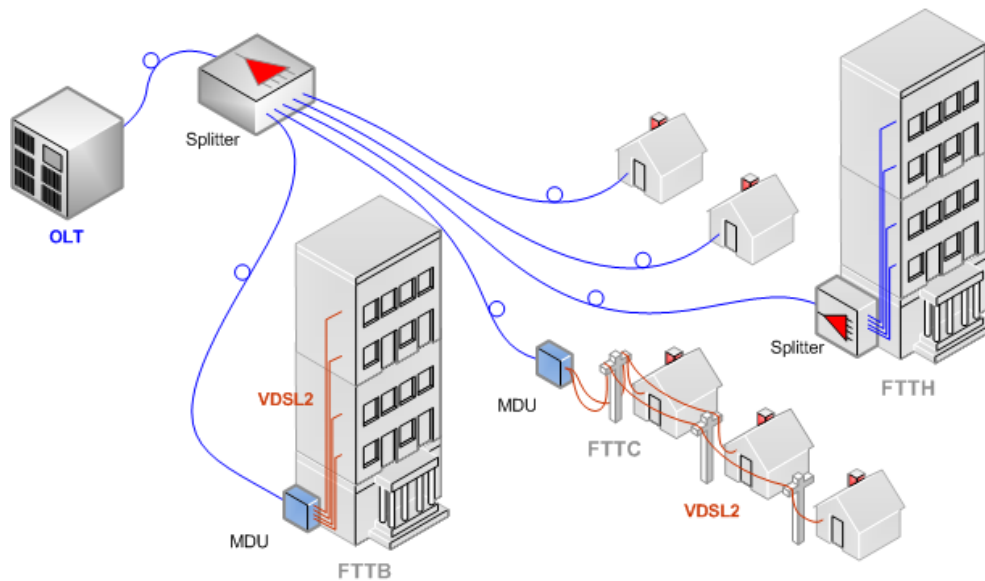
Hjá notanda er hægt að setja upp mismunandi endabúnað miðað við þarfir:

- Fyrir innanhússdreifingu á heimili.
- Fyrir utanhússdreifingu vegna heimili eða annarra notanda.
- Fyrir fyrirtæki, stofnanir, skóla o.fl.
- Fyrir fjölbýlishús.



Við endabúnaðinn er venjulega hægt að tengja hefðbundna síma, net (Ethernet), stundum sérstaka rás fyrir myndflutning, og í tilvikum fjölbýlishúsa er oft um nokkrar Ethernet-tengingar að ræða, svo sem fyrir þráðlaus net o.fl.

Þar sem koparlagnir eru til staðar í fjölbýlishúsum eða fyrirtækjum má hugsa sér að nota endabúnað sem styður tengingu við slíkar lagnir, t.d. með auknum fjölda tengiporta fyrir síma. Þannig er hægt að beintengja síma margra aðila við miðlægan stað eða símsstöð með því að nota VOIP tengingu og losna í staðinn við rekstur sérstakra einkasímstöðva, t.d. í fyrirtækjum.

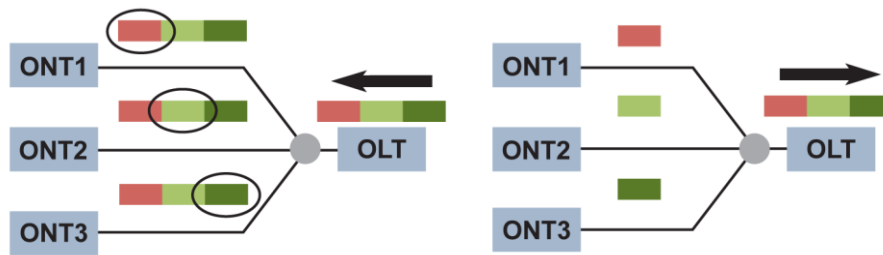


*Mynd: FTTH lausnir*

Innan IEEE hefur notendabúnaður verið nefndur ONU (e. „*Optical Network Unit*“). Almenn samkomulag er um að í GPON og XG-PON umhverfi gildi einnig sama skilgreining fyrir endabúnað notanda, þ.e. ONU. Nafngiftin ONU er því almenn og á alltaf við, burtséð frá því hver tæknin er.

### ***Stjórnun bandvíddar***

Í GPON, EPON, XG-PON og 10G-EPON er bandvídd úthlutað samkvæmt TDM-samskiptaáferðum (e. „*time division multiplexing*“). Í niðrhali eru öll gögn send til allra notanda, en þegar gögn berast ákveðnum notanda eru þau síuð miðað við auðkenni sama notanda. Í upphali úthlutar OLT mismunandi rásur til notanda, hverjum fyrir sig. OLT stýrir þannig breytilegri bandvídd og forgangi notanda með því að nota MAC-samskiptaáferðir (e. „*Media Access Control*“).



*Mynd: Stjórnun bandvíddar í PON-netum*

### ***Stjórnun bylgjulengda***

ITU-T hefur skilgreint bylgjulengdir til notkunar fyrir mismunandi PON-net í sama ljósleiðara.

Þessar skilgreiningar tilgreina einnig eiginleika fyrir síur sem nauðsynlegar til þess að niðurbalsmerki í GPON-netum verði ekki fyrir truflunum.

Taka verður tillit til fleiri atriða hvað varðar stjórnun margra bylgjulengda í sama neti og eru slík mál í þróun hjá ITU (ITU-T Recommendation G.multi).

### ***Bestun PON-neta***

Þegar PON-net eru tekin í notkun vinna passífar og virkar einingar saman. Hægt er að ákvarða besta fyrirkomulag innkaupa á virkum búnaði um leið og fyrir liggja upplýsingar um fyrirkomulag passífra deila.

Taka þarf tillit til eftirfarandi atriða strax við hönnun:

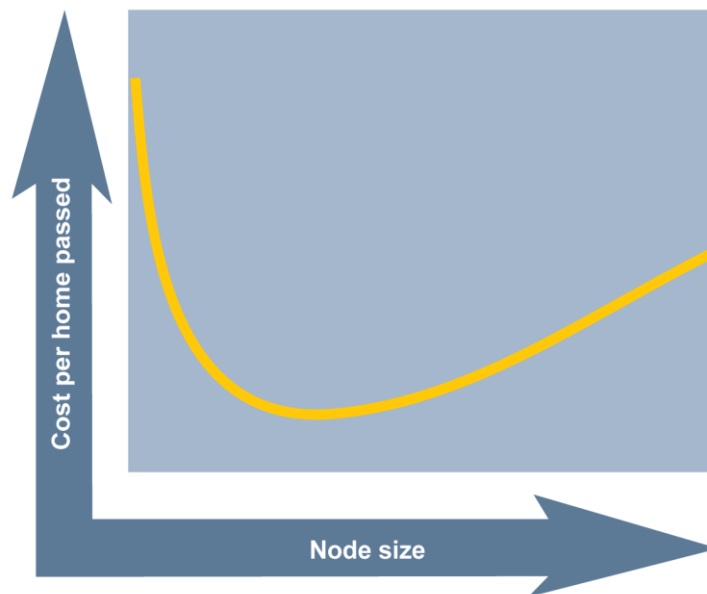
- Hagkvæmstu notkunar virks búnaðar þannig að meðal notkun á hvert PON-port sé yfir 50%
- Að hönnun innviða sé með þeim hætti að auðvelt sé að bæta við notendum síðar
- Að netið uppfylli líklegar kröfur framtíðarinnar (t.d. Next Generation Access, NGA)
- Að lágmarka rekstrarkostnað vegna ytri atriða, t.d. vinnu úti á vettvangi

Í upphafi ætti að ákveða reglur og markmið sem taka tillit til ofangreindra atriða.

Til þess að nýta að fullu þá jákvæðu eiginleika PON-neta að ljósleiðarar séu jafnan styttri er mikilvægt að gæta vel að staðsetningu deila. Reynslan frá Evrópu segir okkur að í dæmigerðu þéttbýli geti hvert þjónustusvæði náð til 500-2000 heimila, en slíkt þarf þó ekki að eiga við um Ísland.



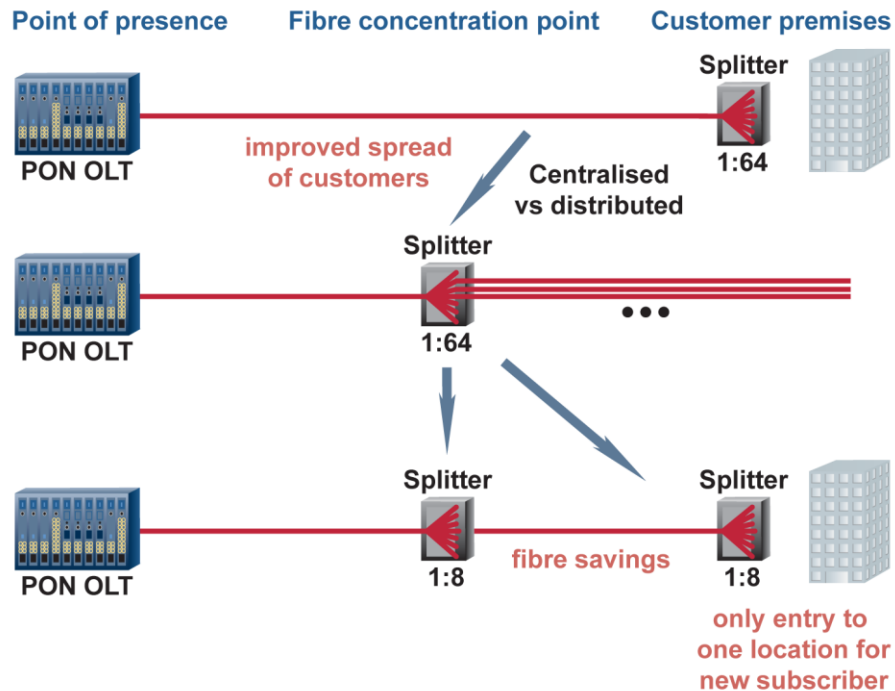
Sé gert ráð fyrir að deilir sé aðeins staðsettur á einum stað fyrir ákveðna byggingu eða byggingar, þarf að skilgreina stærð viðkomandi þjónustusvæðis, þ.e. hve mörgum heimilum hægt er að þjóna frá deilinum. Ávallt verður að bera saman kostnað við fjölda tengiskápa og þörfina fyrir fleiri ljósleiðara (til notenda) ef tengiskápar eru færðir nær afhendingarstað. Hér skiptir landfræðileg stærð viðkomandi svæðis auðvitað verulegu máli. Á mynd hér að neðan má sjá í grófum dráttum hvernig þessi kostnaður kemur fram sem fall af stærð þjónustusvæðis:



*Mynd: Bestun á stærð þjónustusvæðis í PON-neti m.v. deili á einum stað*

Í bæjum og/eða borgum eru misstór fjölbýlishús, allt frá nokkrum íbúðum upp í tugi íbúða. Hafa verður slíkt í huga í hönnunarferlinu, t.d. hve marga deila þarf að setja upp við eða í inntakskassa bygginga. Hægt er að nota fleiri deila, hvern á eftir öðrum, t.d. 1:8 deila á tveimur stöðum. Ef um er að ræða mismunandi samsetningu einbýlis- og fjölbýlishúsa, kann hagkvæmasta stærð þjónustusvæðis að stækka (einn ljósleiðari jafngildir kannski í raun því að hægt sé að ná til átta heimila). Þá má einnig hugsa sér enn fleiri stig í deilingu.





*Mynd: Miðlæg og dreifð deiling í PON-netum*

Til að tryggja samnýtingu innviða þarf sá deilir sem næstur er notendum að vera aðgengilegur á safnstað, til þess að mismunandi þjónustuaðilar geti tengst notendum.

Í tilfellum sem lagðir hafa verið fleiri en einn ljósleiðari til heimilis er hægt að skilgreina hvern ljósleiðara fyrir ákveðinn þjónustuaðila, þó auðvitað innan marka sem ákveðst af fjölda ljósleiðara í heimtauginni.

Ef net hefur verið hannað samkvæmt P2P-högun er einn (eða fleiri) ljósleiðari tengdur milli afhendingarstaðar og notanda. Í slíkum tilfellum getur þjónustuveitandi staðsett alla sína deila á afhendingarstaðnum. Þannig getur þjónustuveitandi samtengt nokkra P2P-notendur á afhendingarstað með deili og þarf því aðeins eina sameiginlega tengingu (e. „port“) við búnað staðarins.

## ***Ethernet P2P***

Í Ethernet umhverfinu eru tvær megináferðir notaðar. Önnur áferðin gerir ráð fyrir að sérstakur ljósleiðari (einn eða fleiri) liggi frá afhendingarstað til hvers einstaks notanda, og er þá ein tenging (e. „port“) við Ethernet-netskipti á afhendingarstaðnum á hvern notanda. Hin áferðin gerir ráð fyrir einni sameiginlegri tengingu fyrir fleiri en einn notanda frá afhendingarstað til safnstaðar, og sérstökum ljósleiðurum frá safnstaðnum til hvers notanda. Fyrri kosturinn er mjög einfaldur í framkvæmd, en í þeim seinni má spara fjölda ljósleiðara milli afhendingarstaðar og safnstaðar. Síðari áferðin er oft notuð þegar um er að ræða FTTB-högun.

## Ethernet P2P-lausnir

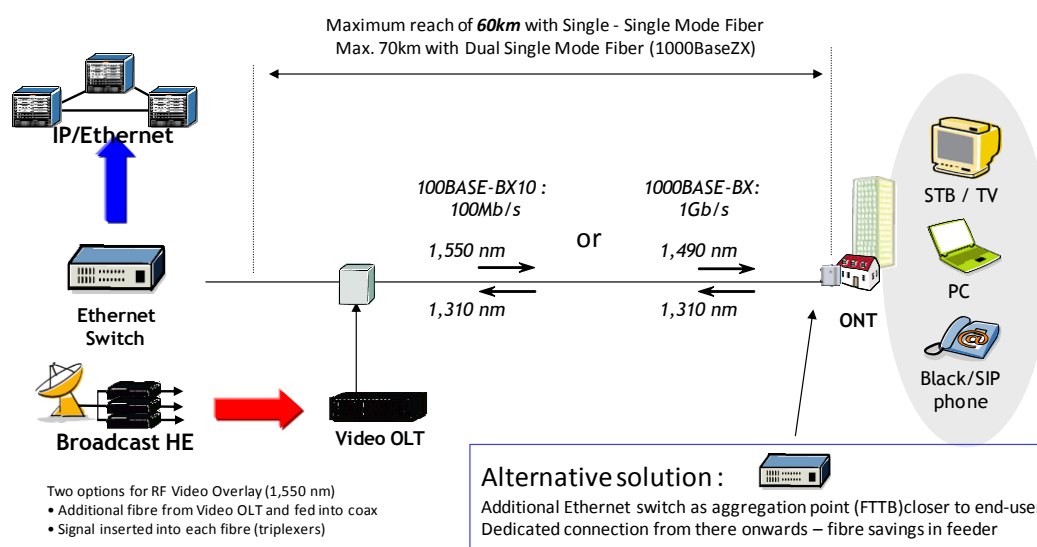
Í hönnunarlegu tilliti kann að líta svo út að fyrirkomulag ljósleiðarastrengja sé svipað fyrir P2P og PON. Svo er þó ekki, því að fjöldi ljósleiðara milli afhendingarstaðar og safnstaðar er jafnan minna þegar PON-högun er notuð.

Stofnstrengir eru lagðir frá afhendingarstað til safnstaða, en safnstaðir eru ýmist í sérstökum kössum sem eru grafnir niður, eða þá í götu- eða tengiskápum ofanjarðar. Frá safnstöðunum liggja síðan heimtaugar til heimila og annarra notenda.

Engin sérstök vandkvæði fylgja því að nota mikinn fjölda ljósleiðara í streng. En þar sem mikill munur er á fjölda ljósleiðara í stofnstrengjum og heimtaugum er líklegt að ekki sé alltaf notuð sama högun allsstaðar í neti.

Á afhendingarstað eru ljósleiðarar jafnan tengdir í sérstökum tengiskápum (e. „*optical distribution frame*“ (ODF)), og þar með tengjanlegir við ákveðin port í búnaði á staðnum.

Oft er pláss takmarkað á afhendingarstöðum og verður þéttleiki ljósleiðara sem tengja þarf oft mjög mikill. Dæmi eru um að tengdir hafi verið fleiri en 2.300 ljósleiðarar í einn tengiskáp. Mikilvægt er að skrá vel og merkja alla tengistaði hvers ljósleiðara.



*Mynd: Ethernet-net*

## Ethernet-tækni

Vinnuhópur innan IEEE hefur skilgreint og samþykkt tvo staðla fyrir Ethernet flutning yfir ljósleiðara, þ.e. „*Fast Ethernet*“ og „*Gigabit Ethernet*“. Áður hafði vinnuhópurinn samþykkt staðal fyrir Ethernet yfir koparlínur.



Almennt eru þessir staðlar nefndir 100Base-BX10 fyrir Fast Ethernet og 1000Base-BX10 fyrir Gigabit Ethernet.

Til þess að aðskilja flutningsáttir í sama ljósleiðara er notuð bylgjulengdartækni. Fyrir hvern flokk flutningsgetu eru skilgreindar tvær ljósbreytur, ein fyrir upphal (frá notanda til afhendingarstaðar) og önnur fyrir niðurhal (frá afhendingarstað til notanda). Í töflunni hér að neðan er að finna helstu eiginleika ljósbreytanna samkvæmt þessum skilgreiningum.

	100Base-BX10-D	100Base-BX10-U	1000Base-BX10-D	1000Base-BX10-U
Transmit direction	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
Nominal transmit wavelength	1550 nm	1310 nm	1490 nm	1310 nm
Minimum range	0,5 m to 10 km			
Minimum channel insertion loss	5,5 dB	6,0 dB	5,5 dB	6,0 dB

Á markaði eru til ljósbreytur til að nota í frávikstilfellum, þá með eiginleikum sem eru utan viðkomandi staðla; þetta geta t.d. verið ljósbreytur með mikið drægi, sem getur hentað betur í strjálbýli heldur en þær sem fylgja stöðlunum.

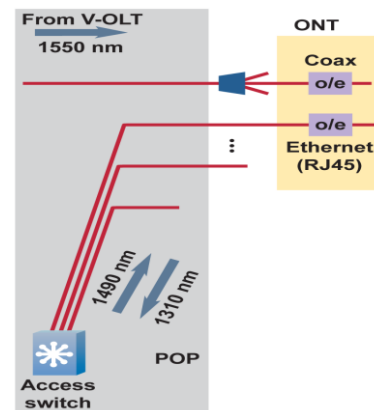
## Myndflutningur með radiómerki sem flutt er yfir í ljósleiðara

Myndflutningur sem byggir á IP-flutningi er sú aðferð sem hefur náð mestri fótfestu, gæðanna vegna, í þeim lausnum sem þjónustuveitendur bjóða notendum sínum. Stundum þarf þó að flytja myndmerkin á annan hátt til að merki hjá notanda nýtist í eldri búnaði hans, t.d. sjónvarps- og útvarpstækjum. Í PON-netum er þetta yfirleitt leyst með því að RF-merki er flutt um aukaljósbylgju í 1550 nm bandinu. Í P2P kerfum er þetta leyst á tvo mismunandi vegu:

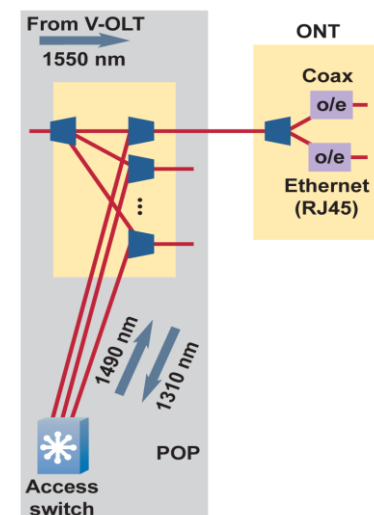
- ✓ Í fyrsta lagi er hægt að nota sérstakan ljósleiðara til notandans og ljósmerkið á þeim leiðara notað til að flytja RF-merki sem síðan tengist kóax-kerfi í húsnæði notandans. Í þessari lausn þarf fleiri ljósleiðara í stofnstrengjum.
- ✓ Í öðru lagi er hægt að senda RF-myndmerki um alla P2P-ljósleiðara, innan 1550 nm bandsins. RF-merkið er þannig flutt á sérstakri ljósbylgju allt til notandanna. Hjá notendum er 1550 nm merkinu breytt aftur í RF-merki og dreift um kóax-kerfi sem oftast er til staðar, en hefðbundna 1490 nm merkið er afhent notanda á Ethernet-porti.

Í endabúnaði notandans er í báðum tilfellum að finna eftirtaldar tvær einingar:

- Breyti einingu sem breytir RF-merkinu á 1550 nm ljósbylgjunni í rafrænt merki sem getur fætt kóax-kerfi
- Hefðbundna optíska Ethernet-einingu sem getur síðan tengst netskipti (e. „switch“) eða beini (e. „router“)



Mynd: RF-video flutt með aukaljósleiðara.



Mynd: RF-video í Point-to-Point netum.

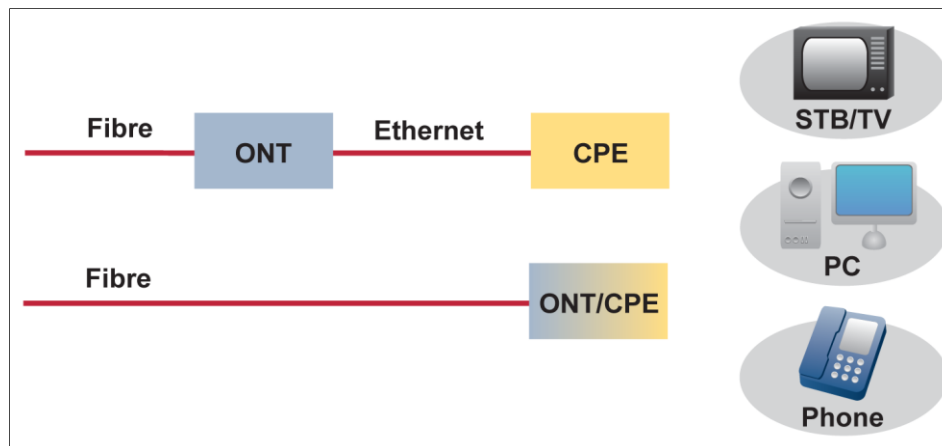
Þegar einungis einn ljósleiðara, sem tengdur er hjá notanda, þá eru merkin aðskilin með svokölluðum „triplexer“ sem er innbyggður í endabúnaðinn, en þegar tengdir eru tveir ljósleiðarar eru ljóspört þegar til staðar fyrir hvorn leiðara.

## Búnaður notandans

Á fyrri árum nettenginga létu menn sér nægja sambönd um mótöld sem tengdust koparlínunum en í dag myndu slík sambönd teljast fremur hægvirki. Hið stafræna heimili er orðið staðreynd fyrir allnokkru síðan og krafa er um að allar nettengingar séu eins góðar og hraðvirkar og mögulegt er.



Ljósleiðari sem tengist hjá notanda tengist endabúnaði sem sér um að gögn þau sem flutt eru um ljósleiðarann rati á rétta staði hjá notandanum. Hér getur verið um að ræða síma, sjónvarp, netsambönd o.fl. Ýmsir framleiðendur búnaðar hafa sameinað alla virkni þess í eitt tæki, sem á ensku hefur verið kallað „*residential gateway*“ (RG), og er í raun lykill notandans út í hina stafrænu veröld.



*Mynd: Mismunandi útfærsla endabúnaðar og búnaðar notanda*

Tæki þetta (RG) sér í raun um öll nauðsynleg stafræn samskipti heimilis eða annars notanda við umheiminn, svo sem fyrir VoIP-síma, sjónvarpsrásir, þráðlaus samskipti (WiFi) o.s.frv.

Skil milli þjónustuveitanda og notanda geta yfirleitt verið með tvennum hætti:

- **Tengiskil eru við endabúnað þjónustuveitanda:** Hér er endabúnaður hjá notanda hluti af vöruframboði þjónustuveitandans. Þjónusta er þá afhent frá tækinu til notandans. Þjónustuveitandinn er þá eigandi þess endabúnaðar og stýrir þjónustunni sem nær þá yfir tenginguna sjálfa, gæði flutnings auk vörunnar sem notandinn kaupir. Notandinn stýrir sjálfur þeim tækjum sem tengjast endabúnaðinum, t.d. á heimili.
- **Tengiskil eru við búnað þess sem rekur ljósleiðarakerfið:** Kerfisrekandinn leggur til endabúnað og er eigandi hans (t.d. beini með þráðlausri einingu), en notandinn leigir hann af kerfisrekanda. Notandinn tengir tæki sín, t.d. tölvunet, síma, myndlykil o.fl. við búnað kerfisrekandans.

Í ljósi þess að í báðum tilfellum er endabúnaðurinn ekki í eigu notandans, en þó hýstur innan húsakynna hans, t.d. heimils eða vinnustaðar, er mikilvægt að getið sé um þessa eignar- og ábyrgðarskiptingu í viðkiptasamningi við notanda. Ástæða þessa er að meginreglan er almennt sú að innanhússlagnir og endabúnaður fyrir innan inntak eða húskassa er almennt á ábyrgð húseiganda.



Í kerfum með opinn aðgang er þannig um að ræða fyrirkomulag þar sem kerfisrekandinn er ábyrgur fyrir ljósleiðarasambandi og tengingu hjá notanda, en skiptir sér ekkert af afhendingu þjónustu eða vörum þjónustuveitanda, sem útvegar hins vegar endabúnaðinn fyrir notandann. Vilji notandinn á einhverjum tíma skipta um þjónustuveitanda þarf því að skipta um endabúnað. Þróun þessa búnaðar er í þá átt að til verði samkeppnishæfara umhverfi þar sem kerfisrekendur, þjónustuveitendur, hugbúnaðarsalar og fleiri keppa um hylli notandans.

### ***Þróun til næstu framtíðar***

#### ***Bandviddar þörf heimila***

Búist er við að bandviddar þörf vaxi margfalt á næstu árum þannig að innan tíðar verði krafa um lágmarksflutninghraða sem nemur 100 Mbit/s.

#### ***Þróun bandviddar í farsímakerfum***

4G og önnur tækni framtíðarinnar mun þurfa meiri flutningsgetu og hraða til þess að veita þjónustu sem uppfyllir lágmarks gæðakröfur. Aðgangsnét á borð við FTTx-net geta hentað prýðilega til þess að tengja farsímastöðvar við grunnnet fjarskipta.