

STAÐBUNDIN LJÓSLÆIÐARANET

Greinargerð unnin fyrir Póst- og fjarskiptastofnun

RAFTEL EHF

Ágúst 2014
Guðmundur Gunnarsson

GREINARGERÐ UM STAÐBUNDIN LJÓSOLEIÐARANET

Raftel ehf

Ágúst 2014

Efnisyfirlit

1	Inngangur	4
2	Helstu niðurstöður	4
3	FTTH - net	5
3.1	Umhverfi FTTH-nets	5
3.1	FTTx-uppbygging	7
3.2	FTTH högun og tækni	8
3.3	Lagskipting FTTH-neta (e. „layers“)	10
3.4	Net með opinn aðgang	11
4	Hönnun og skipulagning	12
4.1	Áætlanagerð fyrir uppbyggingu á ljósleiðaraneti	12
4.2	Forsendur hönnunar: Gögn	12
4.2.1	Land- og lýðfræðileg gögn	13
4.2.2	Hönnunarreglur og skilgreining efnis	15
4.2.3	Einingaverð	15
4.3	Hönnunartæknin	16
4.4	Forhönnun	16
4.4.1	Hvar á að byggja ljósleiðaranetið?	17
4.4.2	Hvernig á að forgangsraða framkvæmdum innan landssvæða?	18
4.4.3	Hvaða aðferðir, efni og tæknihögun skal nota?	18
4.5	Verkhönnun	19
4.5.1	Hvar á að staðsetja afhendingarstaði?	19
4.5.2	Hvar á að staðsetja dreifi- og tengistaði ljósleiðarastrengja?	19
4.5.3	Hvaða lagnaleiðir þjóna hverju svæði?	20
4.5.4	Hvaða atriði á efnislistinn að innihalda?	20
4.6	Lokahönnun	21
4.6.1	Nákvæm gögn	21
4.6.2	Vettvangsskoðanir	22
4.6.3	Gerð lokaáætlunar	22
4.6.4	Verklutar og stjórn þeirra	23
4.7	Eftirlit og stjórnun aðfanga	24
4.7.1	Hugbúnaður	24
4.7.2	Stjórnun vinnuferla	24
4.7.3	Lokagögn (e. „as-built“)	25
5	Samnýting innviða	26
5.1	Viðskiptalíkön	26
5.2	Innviðir - samnýting	26
6	Rekstur og viðhald neta	28
6.1	Skipulag viðhalds	28
6.1.1	Almenn stjórnun	28
6.1.2	Öryggisatriði	28
6.2	Almennar reglur við viðhald og viðgerðir	28
7	Viðauki 1: Búnaður og tæki	0
7.1	Passíft ljósnet	0
7.1.1	PON lausnir	1
7.1.2	PON; virkur búnaður	3
7.1.3	Stjórnun bandvíddar	5

7.1.4	Stjórnun bylgjulengda	5
7.2	Bestun PON-neta	5
7.3	Ethernet P2P.....	7
7.3.1	Ethernet P2P-lausrir	7
7.3.2	Ethernet-tækni	8
7.3.3	Myndflutningur með radiómerki sem flutt er yfir í ljósleiðara	10
7.4	Búnaður notandans.....	10
7.5	Þróun til næstu framtíðar	11
7.5.1	Bandviddar þörf heimila	11
7.5.2	Þróun bandviddar í farsímakerfum.....	12
8	Viðauki 2: Prófanir, mælingar og bilanaleit	13
8.1	Tengi á ljósleiðurum	13
8.1.1	Hreinsun tengja	13
8.1.2	Hver eru helstu óhreinindir?	13
8.1.3	Hvaða hluti þarf að skoða og hreinsa?.....	14
8.1.4	Hvenær þarf að skoða og hreinsa?.....	14
8.1.5	Tæki til skoðunar tengja.....	14
8.2	Prófanir við lagningu og byggingu FTTH-neta.....	14
8.2.1	Mælingar með OTDR.....	15
8.2.2	Bilanaleit	15
9	Viðauki 3: FTTH staðlar og orðskýringar.....	16
9.1	Almennt	16
9.2	Listi yfir helstu staðla.....	16
9.3	Skammstafanir/orðskýringar	19

1 Inngangur

Staðbundin og dreifð ljósleiðaranet, FTTH (e. „*Fiber To The Home*“) eru ein af meginstoðum þess sem kallað er “Next Generation Access” (NGA) og er grunnur fyrir háhraðatækni í aðgangsnétum. FTTH-tæknin er þó ekki aðeins notuð í fastanetum heldur einnig í þráðlausum netum, þ.e. til að tengja slík net við almenn grunnnet fjarskipta.

Í samanburði við koparkerfi hafa FTTH-net marga kosti, í hönnun, skipulagningu og almennum rekstri.

Við gerð þessarar greinargerðar hefur að mestu verið stuðst við erlent efni sem gefið hefur verið út af *FTTH Council Europe*, (www.ftthcouncil.eu) sem eru samtök sem hafa að meginmarkmiði að styðja við þróun og uppbyggingu aðgangsneta um ljósleiðara í Evrópu. Margir helstu framleiðendur búnaðar, hönnuðir og aðrir hafa lagt til efni það sem samtökin gefa út, sem tryggir að efnið fjallar um þær hefðbundnu aðferðir sem notaðar eru við byggingu ljósneti.

Óskað var heimildar frá *FTTH Council Europe* til þess að nota útgefið efni samtakanna við gerð þessa kafla skýrslunnar, og var sú heimild góðfúslega veitt. Heimilda í skýrslunni er þannig almennt ekki getið nema þegar uppruni efnis eða myndar er merkt öðrum en samtökunum..

Til einföldunar er myndefni í greinargerðinni óbreytt, þ.e. á ensku máli í stað íslensku, enda oft um að ræða skammstafanir o.þ.h. sem ekki er raunhæft að þýða á íslensku. Oftar en ekki eru ensku skammstafanirnar notaðar meðal íslenskra fagmanna.

2 Helstu niðurstöður

Undanfarin misseri hafa verið byggð nokkur staðbundin ljósleiðaranet hérlandis, bæði af sveitarfélögum og einkafyrirtækjum. Að mestu hafa þessi net verið byggð fagmannlega og notaðar viðurkenndar aðferðir, tæki og búnaður. Hérlandis er mikill áhugi á því meðal ýmissa bæja og sveitarfélaga að byggð verði slík net til þess að íbúar geti notið sömu gæða á ýmsum sviðum og íbúar stærri sveitarfélaga þar sem ljósleiðaranet eru til staðar. Mjög mikilvægt er að þeir aðilar sem byggja ljósleiðarnet framtíðarinnar fylgi þeim stöðlum og reglum sem gilda, og að frávik frá slíku verði sem minnst eða engin.

Póst- og fjarskiptastofnun telur að horfa eigi til tvenns konar tæknihögunar við byggingu ljósleiðarneta hérlandis, þ.e. GPON-högunar og P2P-högunar. Umhverfi, staðhættir og fleiri atriði ráða því yfirleitt hvor aðferðin er notuð eða hvort þær eru notaðar báðar í sama neti. Sú viðskiptaáætlun sem gerð er fyrir hvert ljósleiðaranet í upphafi, auk vandaðrar hönnunar, eru forsendur þeirra ákvarðana sem taka þarf um tæknilega högun hverju sinni.

Í þessum kafla er ætlunin að lýsa hvorri tæknihögun fyrir sig og meginaðferðum við byggingu ljósleiðarneta

3 FTTH - net

Það sem nefnt er á ensku FTTH (e. „Fiber To The Home“) er fastanet fjarskipta sem byggir á að notaðir séu ljósleiðarar til að tengja notendur við miðlæga staði eða afhendingarstaði, en þeir staðir eru á ensku gjarnan nefndir POP (e. „Point of Presence“). Innan hvers afhendingarstaðar er að finna þann tæknilega búnað til þess að rafræn samskipti geti átt sér stað um ljósleiðaranet, eftir atvikum um virkan (e. „active“) og/eða passífan (e. „passive“) búnað. Hver afhendingarstaður (POP), innan bæjar eða landsvæðis, er síðan tengdur við stærra net, t.d. grunnnet fjarskipta.

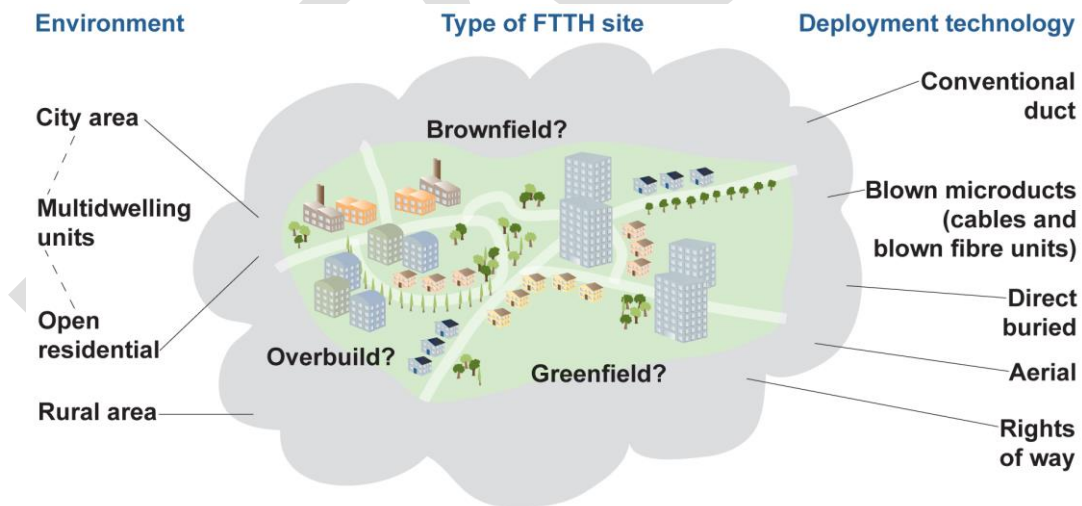
Aðgangsnét eru m.a. notuð til að tengja:

- Notendur á heimilum
- Stærri byggingar og staði, t.d. skóla, ýmsar stofnanir og fyrirtæki
- Farsímastöðvar (3G/4G) og þráðlaus net (WiMax)
- Ýmsan öryggis- og vöktunarbúnað

Ljósleiðaranet sem byggjast á FTTH-tækninni eru þannig oftast hluti af stærra grunn- eða aðgangsneti.

3.1. Umhverfi FTTH-nets

Til þess að koma megi ljósleiðurum sem næst notanda þarf oft að leggja innviði um lönd sem ýmist eru í eigu opinberra aðila eða í einkaeigu, og staðhættir því mismunandi.



Mynd 1: Mismunandi umhverfi FTTH-kerfa

Hægt er að flokka umhverfi og staðhætti í:

- Þéttbýli, þ.e. bæi og borgir
- Strjálbýli
- Tegundir bygginga og þéttleiki þeirra, t.d. einbýlis- og/eða fjölbýlishús

Forsendur kunna að vera mismunandi hvað varðar fjölda notenda (fjöldi pr. km²), og gera þarf ráð fyrir mismunandi aðstæðum eftir því hvert verkefnið er hverju sinni.

Taka þarf tillit til þess á hvers konar svæði ljósleiðaranet er byggt, og hanna netið í samræmi við það. Slík mismunandi svæði geta verið:

- Nýtt byggingasvæði (e. „*greenfield*“), ljósleiðarnet er þá byggt upp um leið og svæðið
- Eldra byggingasvæði (e. „*brownfield*“), byggingar eru til staðar en fjarskiptainnvíðir ófullkomnir
- Endurbætt svæði (e. „*overbuild*“), fjarskiptainnvíðir svæðis eru endurbættir

Helstu áhrifavaldar þess hvernig haga skal byggingu nýs ljósleiðaranets eru:

- Stærð netsins (fjöldi notenda, landssvæði)
- Stofnkostnaður innviða og búnaðar (e. „*CAPEX*“)
- Rekstrar- og viðhaldskostnaður innviða og búnaðar (e. „*OPEX*“)
- Tæknileg högun netsins
- Almennir staðhættir og forsendur, svo sem mannaflí, ýmis leyfi, takmarkanir til framkvæmda o.fl.

Ákvörðun um högun og tækni ræður mestu um stofn- og rekstrarkostnað ljósleiðaranets, svo og rekstraröryggi þess. Hægt er að ná mestri hagræðingu og besta rekstraröryggi með því að velja þá tæknilegu högun ásamt aðferð við byggingu nets sem hentar hverju sinni. Hvað lagningu ljósleiðarastrengja varðar eru eftirtaldir aðferðir aðallega notaðar:

- Pípur eru plægðar eða grafnar í jörðu og ljósleiðarastrengir dregnir í þær
- Pípur fyrir blástur ljósleiðara eru plægðar eða grafnar í jörðu og strengjum blásið í þær
- Ljósleiðarastrengir eru plægðir eða grafnir beint í jörðu
- Ljósleiðarastrengir eru festir á raflínur eða eru hluti af þeim (sjaldgæft á Íslandi)
- Ljósleiðarastrengir eru lagðir á annan hátt, jafnvel gegnum vatns- eða skolplagnir

Almennt þurfa ljósleiðaranet að uppfylla eftirtaldir meginkröfur:

- Að geta flutt mikla bandvidd og ýmis konar efni til notenda og frá þeim
- Högun netsins þarf að vera með þeim hætti að það nýtist m.v. líklegar framtíðarkröfur
- Hver notandi þarf að tengjast virkum búnaði með sérstökum ljósleiðara (einum eða fleirum) til þess að framtíðarkröfum sé mætt
- Netið þarf að styðja uppfærslur og stækkanir á ýmsum búnaði
- Að bygging netsins hafi sem minnstar truflanir á umhverfið, m.a. til þess að sýna fram á almenna viðurkenningu á þeim gæðum sem eru samfara því að slíkt net er tekið í notkun

Þegar byggja skal FTTH-ljósleiðaranet er nauðsynlegt að huga að málamiðlunum sem stundum þarf að gera til að uppfylla kröfur um samstarf eigenda slíkra kerfa annars vegar, og fjarskiptafélaga og þjónustuveitenda hins vegar.

Sá aðili sem byggir ljósleiðaranetið þarf að leggja fram viðskiptaáætlun sem staðfestir að eðlilegur arður sé af verkefninu, m.v. stofn- og rekstrarkostnað þess.

3.1 FTTx-uppbygging

Högun FTTx ljósleiðaraneta getur verið breytileg með ýmsum hætti, t.d. hvað varðar fjölda ljósleiðara í strengjum, staðsetningu deila og tengibrunna o.fl. Oft getur verið erfiðleikum bundið að komast að réttri niðurstöðu hvað varðar almenna högun kerfis, þannig að tillit sé tekið til sjónarmiða rekstrar, viðskipta og tækni.

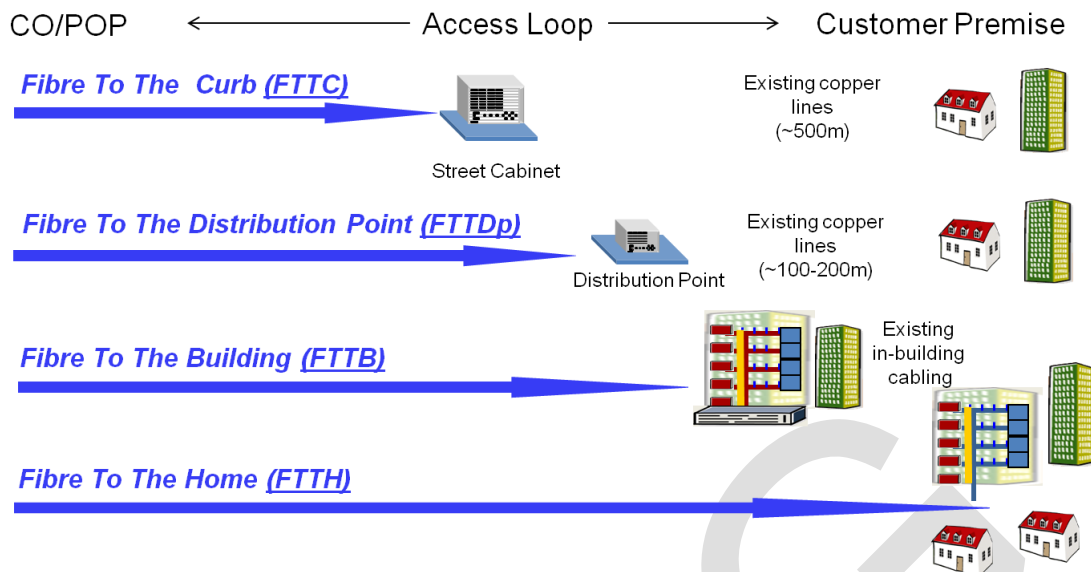
Vert er að nefna nokkrar mismunandi útfærslur ljósleiðaraneta:

Fibre to the home (FTTH) - Hver notandi er jafnan tengdur um einn eða fleiri ljósleiðara í heimtaug, við ljósleiðaranetið og er sú tenging við annan ljósleiðara eða deili (e. „*splitter*“) í næsta tengibrunni eða öðrum tengistað við notandann. Frá þeim stað er samnýttur stærri strengur til afhendingarstaðar (POP) þjónustu. Ef tæknileg högun netsins er samkvæmt svokallaðri P2P-högun (point-to-point) þá hefur notandi venjulega einn eða fleiri ljósleiðara tengdan til afhendingarstaðar, en ef um er að ræða svokallaða P2MP-högun, er heimtaug notandans jafnan tengd deili sem gerir mögulega frekari samnýtingu strengja áfram til afhendingarstaðar.

Fibre to the building (FTTB) - Inntakskassar fyrir ljósleiðara, einn eða fleiri, eru oftast staðsettir á svipuðum stöðum og inntakskassar fyrir rafmagn. Í inntakskassa er sá búnaður sem tekur við ljósmerki frá aðgangspunkti og dreifir áfram til notenda. Sami búnaður sér síðan um sendingu ljósmerkja í hina áttina. Hver inntakskassi er síðan tengdur með ljósleiðara við tengiport á afhendingarstað, eða í sumum tilfellum við passífan deili sem notar stærri strengi til afhendingarstaðar. Tengingar frá inntakskösum til notenda, t.d. í fjölbýlishúsum, eru ýmist um kopar- eða ljósleiðara. Skiptibúnaður (e. „*switch*“) er einnig staðsettur í inntakskösum. Oftast er eitthvað form af Ethernet-samskiptum notað til flutnings milli afhendingarstaðar og notenda.

Fibre to the curb (FTTC) - Hér er DSL-búnaður oft staðsettur í götuskápum sem tengjast síðan afhendingarstöðum um einn eða fleiri ljósleiðara sem flytja síðan sameiginlega fjarskiptaumferð fyrir ákveðin hverfi eða landssvæði, oft með 1 Gbit/s eða 10 Gbit/s Ethernet samböndum. Tenging frá götuskápum til notenda er oft um koparlínur með VDSL2 eða VDLS2-Vectoring aðferðum. Þessi högun er oft nefnd „Active Ethernet“, einkum vegna þess virka búnaðar sem notaður er, t.d. í götuskápum.

Fibre to the Distribution Point (FTTDp) - Undanfarin ár hafa ýmsir framleiðendur búnaðar þróað vörur sínar beinlínis í því skyni að hægt sé að nýta fyrirbyggjandi koparlagnir lengur. Tenging milli afhendingarstaðar og dreifistaðar er þá um ljósleiðara og síðan er tengt áfram um fyrirbyggjandi koparlínur til notenda. Dreifistaðir geta t.d. verið brunnar, götuskápar eða aðrir staðir sem fyrir hendi eru. Högun þessi styður flutning með VDSL- og G. Fast aðferðum en takmarkast þó við ákveðna fjarlægð frá dreifistöðum, venjulega um 250 metra eða minna.



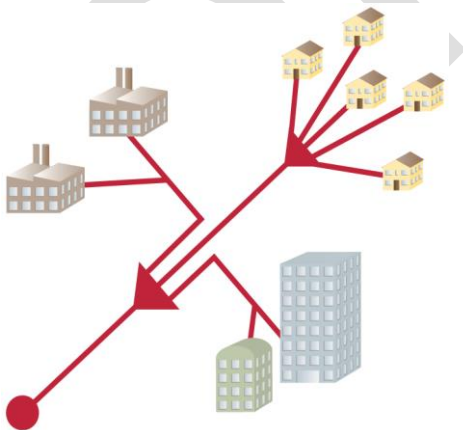
Mynd 2: Mismunandi gerðir FTTx-neta.

3.2 FTTH högun og tækni

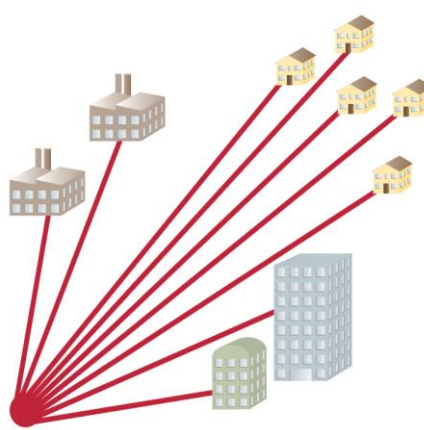
Aðgangsnét er skilgreint sem sá hluti nets sem tengir afhendingarstaði við notendur. Sú högun (architecture) sem ákveðið er að nota ræður mestu um hönnun aðgangsnetsins. . .

Til að skilgreina hvernig passífur og virkur búnaður fjarskiptainnviða vinnur saman, er mikilvægt að aðgreina þann hluta innviðanna sem snýr að ljósleiðarastrengjum og lögnum (passífa hlutann), og þær tæknilegu aðferðir sem notaðar eru til flutnings gagna um ljósleiðarana (virka hlutann).

Aðferðirnar sem mest eru notaðar eru P2MP (e. „point-to-multipoint“), sem oft tengist passífri tækni, og P2P (e. „point-to-point“), sem jafnan notar Ethernet tækni.



Mynd 3: Point to Multi-Point (P2MP)



Mynd 4: Point to Point (P2P)

Með Point-to-multipoint (P2MP) högun er lagður stofnstrengur frá miðlægum stað til dreifistaðar (t.d. tengiskáps eða brunns) og þaðan er oftast notaður einn eða fleiri ljósleiðarar til hvers notanda.

Passíf tækni, t.d. GPON, notar síðan deila til að dreifa ljósmerki til notendanna og taka við ljósmerki frá þeim. Þar sem ljósmerkið er sameiginlegt í stofnstrengnum fyrir alla notendurna, þá eru gögnin kóðuð til þess að hver notandi fái aðeins þau gögn sem honum eru ætluð.

Einnig er hægt er að nota virka Ethernet tækni til að stýra aðgangi notenda í P2MP netum, en þá þarf að staðsetja Ethernet netskipta í kerfinu. Hver notandi hefur þá „lógíska“ P2P-tengingu sem tryggir að send og móttekin gögn rati réttar leiðir.

Með Point-to-point (P2P) tengist hver notandi einum eða fleiri ljósleiðurum alla leið til afhendingarstaðar (POP), og búnaður notandans tengist beint við ljósleiðarana. Ljósleiðarar þessir tengist jafnan á nokkrum stöðum, t.d. í tengiskápum eða brunnum, milli ljósleiðarastrengja af ýmsum stærðum, en mynda að lokum órofna, einstaka leið milli notanda og afhendingarstaðar.

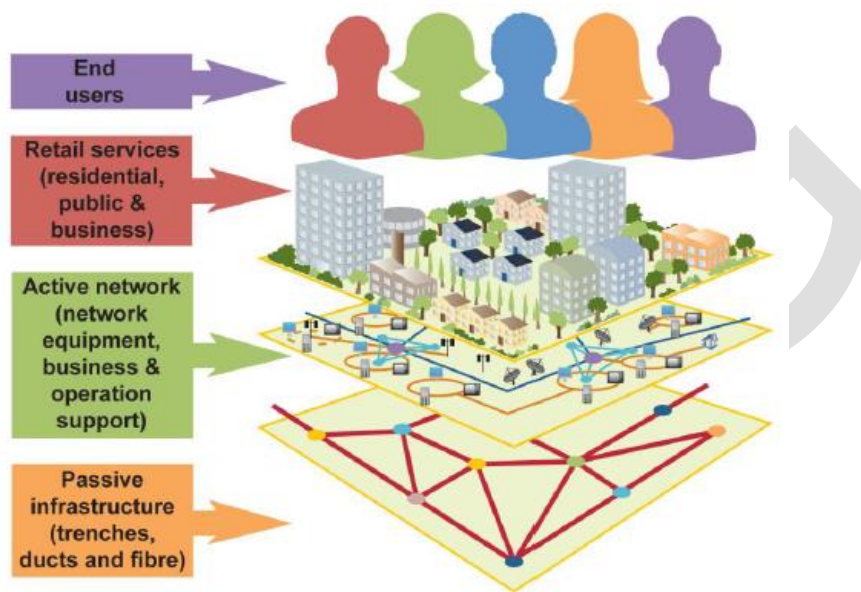
Flest P2P-net nota Ethernet sem hægt er að tengja samkvæmt ýmsum samskiptastöðlum, t.d. SDH, Fibre Channel o.fl.). Einnig er hægt að nota PON-aðferðir með því að staðsetja passífa deila á afhendingarstaðnum.

Það er í raun sama hver högunin er; við hönnun neta þarf alltaf að taka tillit til líklegar þróunar í framtíð. Ljósleiðaranet eru langtímafjárfesting og er oft miðað við að líftími ljósleiðarastrengja í jörðu sé a.m.k. 25 ár, en líklegt er að hann sé lengri. Búast má við að virkur búnaður sé hins vegar endurnýjaður nokkrum sinnum á líftíma ljósleiðarastrengjanna.

Af þessu leiðir að allar ákvarðanir sem teknar eru í upphafi hönnunar nýs FTTH-nets geta haft ýmsar afleiðingar til lengri tíma litið. T.d. mikilvægt að horft sé til framtíðar hvað varðar fjölda ljósleiðara, ekki síst í stofnleiðum, og að fjöldinn sé ekki takmarkaður við fjölda notenda á hönnunartíma, heldur sé gert ráð fyrir aukaljósleiðurum í strengjum.

3.3 Lagskipting FTTH-neta (e. „layers“)

FTTH-net skiptist í nokkur lög; *passífa hlutann*, þ.e. lagnaleiðir, ljósleiðara, tengiskápa og annan ytri búnað; *virka hlutann* sem notar rafdrifinn búnað; *smásöluhlutann* þar sem fram fer sala á þeirri þjónustu sem veitt er um netið, t.d. Internetaðgangi og sjónvarpsþjónustu; og síðast en ekki síst *notendahlutann*. Síðasti hlutinn; *efnisveitur*, er svo staðsettur ofan við smásölu og notendahlutana. Með þessu fyrirkomulagi geta þjónustuveitendur veitt notendum þjónustu sína án aðkomu þeirra sem reka ljósleiðarakerfið. Í viðskiptaheiminum er þetta fyrirkomulag oft nefnt „over-the-top“ (OTT) fyrirkomulag, sjá nánar lagskiptinguna á mynd 5.



Mynd 5: Lagskipting FTTH-neta (heimild: Alcatel-Lucent).

Lagskiptingin hefur bein áhrif á það hvernig FTTH-neti er stjórnað og það rekið, nokkur dæmi:

Passífir innviðir eru þær einingar sem þarf til að byggja ljósleiðaranet. Hér má nefna ljósleiðarastrengi, gróft eða plægingar, pípur, tengibox, dreifiskápa, tengihillur o.fl.

Sá aðili sem er ábyrgur fyrir þessum þætti er að jafnaði einnig ábyrgur fyrir hönnun leiða, gerð samninga um aðgang að landi o.s.frv., mannafla og annars sem þarf til að leggja ljósleiðarastrengi.

Með virka hlutanum er átt við ýmis konar rafdrifinn fjarskiptabúnað sem þarf til að nota megi passífa hlutann til flutnings gagna, ásamt þeim rekstrarlegu stoðkerfum og öðru sem tengir netið við almennt grunnkerfi fjarskipta. Sá aðili sem ábyrgur er fyrir þessum þætti hannar, setur upp og rekur hinn virka hluta netsins.

Smásöluaðilar selja notendum tengingar við Internet, síma, sjónvarp o.fl. Auk þess að sjá um hina tæknilegu þjónustu sem því fylgir, annast smásöluaðilar oftast markaðssetningu, öflun viðskiptavina og þjónustu við þá.

Hvert lag eða þáttur ljósleiðaraneta hefur þannig sitt afmarkaða hlutverk. Eigandi netsins stjórnar passífa hlutanum en útvistar því hlutverki stundum til annarra. Rekstraraðilinn er oftast eigandi virka hlutans, en smásöluaðilar sjá um þá efnisveitu, þjónustu og vörur sem afhentar eru notendunum.

3.4 Net með opinn aðgang

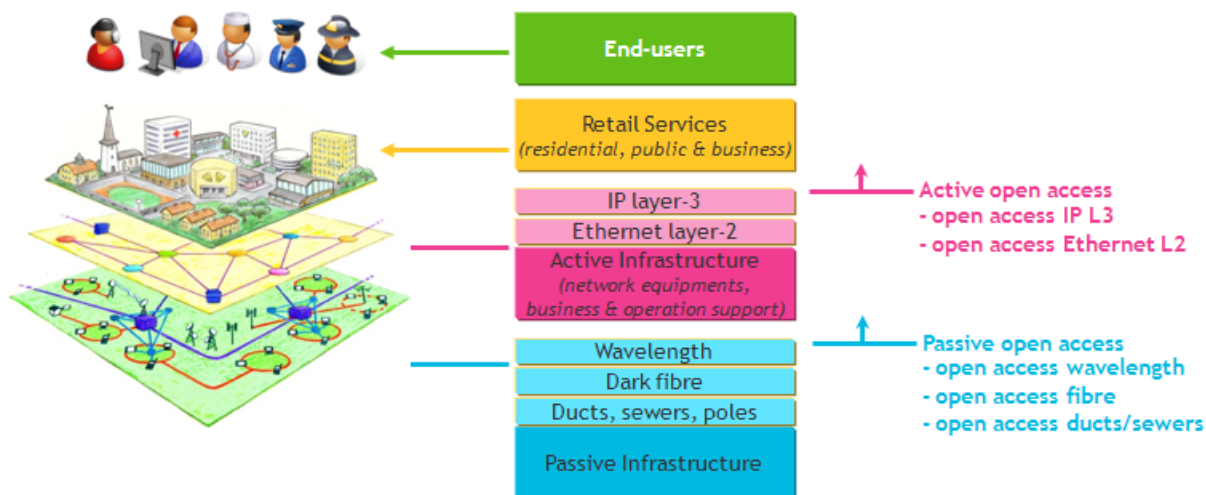
Opin net eru skilgreind sem net, t.d. ljósleiðaranet, sem eru opin öllum þjónustuveitendum á jafnræðisgrundvelli. Verð fyrir aðgang að slíkum netum er þá hið sama fyrir alla þjónustuveitendur og er þá jafnan lægra en það verð sem myndi endurspeglja kostnað hvers þjónustuveitanda við að byggja nýtt net eða nýja innviði.

Í fjarskiptaheiminum þýðir opinn aðgangur yfirleitt að þjónustuveitendur hafa aðgang að netum á heildsölustigi, þ.e. þjónustuveitendur geta, með samningum við eiganda nets, veitt þjónustu sína í smásölu til notenda. Heildsöluverðið er þá gagnsætt og hið sama fyrir alla þjónustuveitendur. Vörur í heildsölu eru oft boðnar á mismunandi stigum um netið eða innviðina, oft í samræmi við eftirfarandi flokka:

Passífir, opnir innviðir, t.d. pípur, ljósleiðarar, bylgjukerfi o.s.frv., gera fjarskiptafélögum mögulegt að samnýta passífa innviði og nota eigin tæknilegan búnað til að veita þjónustu sína.

Virkur búnaður opinna innviða, t.d. Ethernet og IP, gera þjónustuveitendum mögulegt að veita þjónustu sína til heimila, fyrirtækja, stofnana og annarra um net með opnum aðgangi. Virki búnaðurinn er þá yfirleitt í eigu aðila (oftast í eigu fjarskiptafélags) sem rekur hinn virka búnað.

Fyrir sveitarfélög sem hyggjast reka eigið ljósleiðaranet verður að telja að fyrri kosturinn sé raunhæfarari, þar sem tæknilegt flækjustig eykst með tilkomu hins virka búnaðar ofan á passífa hlutann. Ef sveitarfélag á hinn bóginn gerir samning við fjarskiptafyrirtæki um rekstur á netinu gæti slíkur samningur jafnframt falið í sér að veittur væri opinn aðgangur í gegnum hinn virka búnað.



Mynd 6: Líkan fyrir net með opinn aðgang (heimild: Alcatel-Lucent)

4 Hönnun og skipulagning

Miklar fjárfestingar eru samfara byggingu nýrra ljósleiðaraneta og þarf því að vanda til hönnunar og skipulagningar, til að minnka fjárhagslega áhættu. Vel hannað net er þannig lykilatriði þegar kemur að því að meta fjárhagslega afkomu netsins. Í þessum kafla er áætlanagerð og hönnun ljósleiðaranets skipt niður í nokkra verkþætti þar sem fjallað er um meginatriði hvers verkþáttar. Nákvæmni í áætlanagerð og hönnun er mikilvæg til þess að ljósleiðaranet verði byggt á sem hagkvæmastan hátt.

4.1 Áætlanagerð fyrir uppbyggingu á ljósleiðaraneti

Áætlanagerð nær yfir allt byggingaferli FTTH-nets. Skipta má hönnun í þrjú stig; *forhönnun*, *verkhönnun* og *lokahönnun*, og eru meginatriði hvers stigs þessi:

- **Forhönnun:** Í fyrsta lagi þarf að gera almenna viðskiptaáætlun og byggja á henni ákvörðun um hvort fjárhagslegar forsendur séu til staðar til þess að byggja nýtt ljósleiðaranet. Í öðru lagi þarf að ákveða hvaða tæknilega högun verði notuð, hvers konar tækni verði notuð við lagningu strengja o.s.frv. Hafa ber í huga að högun getur haft áhrif á niðurstöður viðskiptaáætlunar.
- **Verkhönnun:** Hér þarf að ákveða lagnaleiðir, staðsetningu dreifibúnaðar svo sem tengibrunna, skápa o.s.frv., og einnig þarf að ákveða afhendingarstaði (POP) helst með tilliti til þeirra grunnneta fjarskipta sem kunna að vera til staðar á viðkomandi landssvæði. Að loknum þessum þætti þurfa að liggja fyrir efnislistar sem sýna lengdir strengleiða, stærðir strengja, lagningaaðferðir, fjölda mismunandi tengistaða o.fl. Tilgangur verkhönnunarhlutans er að m.a. að lágmarka kostnað m.v. þær kröfur sem gerðar voru í forhönnun.
- **Lokahönnun:** Á þessu stigi fer fram síðasti liður áætlunarinnar, þegar hægt er að gefa út endanlega uppdrætti og önnur gögn sem framkvæmdaaðilar geta unnið eftir. Hluti lokahönnunar er einnig nákvæm skráning allra lagnaleiða, tengipunkta ljósleiðara o.fl., og er mjög mikilvægt að slík skráning sé vönduð. Til að slíkt megi takst er mikilvægt að við hönnunarvinnu sé stuðst við landupplýsingakerfi til að einfalda alla tæknilega úrvinnslu og samhæfingu við önnur net (s.k. GIS kerfi - e. Geographical Information System).

Almennt séð fylgja þessi þrjú stig áætlunargerðar hvert öðru í tíma. Ákvarðanir sem kunna að hafa verið teknar snemma í ferlinu þarf þó að sjálfsögðu að endurskoða með tilliti til nýrra upplýsinga sem fram kunna að koma. Þannig getur staðsetning afhendingarstaða (POP) breyst nokkrum sinnum í hönnunarferlinu, einkum í þéttbýli, í þeim tilgangi að stytta lagnaleiðir. Í slíkum tilfellum er mikilvægt að geta farið til baka til fyrri ákvarðana og endurskoða áætlanir. Fyrirnefnd landupplýsingakerfi auðvelda þessa vinnu verulega og eiga þannig þátt í því að gera netin hagkvæmari.

4.2 Forsendur hönnunar: Gögn

Sérhver ákvörðun sem tekin er við áætlanagerð og hönnun þarf að byggja á markvissum upplýsingum. Því er mikilvæg að gögn þau sem stuðst er við séu nákvæm, ekki síst þau landfræðilegu gögn sem byggt er á fyrir viðkomandi byggð eða landsvæði.

Með þeim hugbúnaði sem til staðar er á markaði er hægt að nota fyrirbyggjandi upplýsingar, bæði landfræðilegar og aðrar til þess að komast að niðurstöðu um hver sé hagkvæmasta niðurstaða hönnunar nets. Oft eru gögn sem orðið hafa til við byggingu neta einnig notuð af rekstraraðilum.

Tegund og nákvæmni upplýsinga er breytileg eftir því á hvaða hönnunarstigi unnið er. Mikilvægustu upplýsingarnar eru:

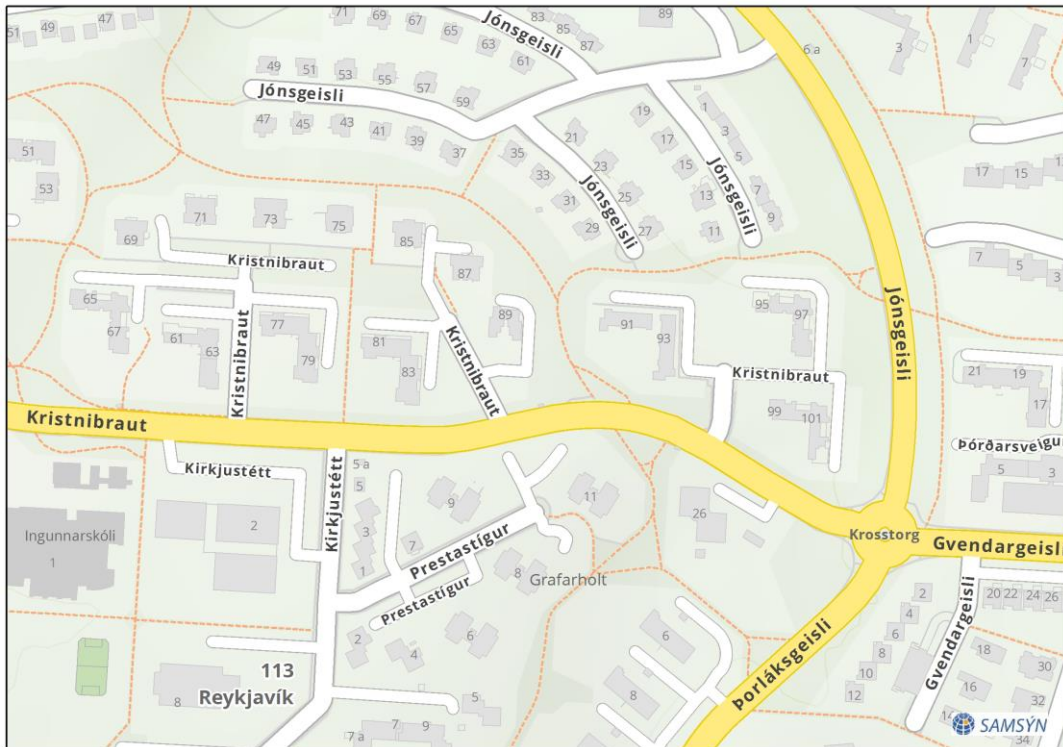
- Landfræðileg gögn
- Gögn um væntanlega notendur?
- Staðlar, reglur og skilgreining efnis
- Einingaverð ýmis konar

4.2.1 Land- og lýðfræðileg gögn

Á öllum stigum hönnunar verður að taka tillit til landfræðilegs umhverfis viðkomandi ljósleiðaranets. Tveir flokkar landfræðilegra upplýsinga eru oftast nauðsynlegir við hönnun og áætlanagerð:

- Staðsetning notenda: Með þessu er átt við hver sé staðsetning notanda eða notanda. Þetta geta t.d. verið upplýsingar um hvar strengur fer inn í hús eða byggingu, hvar tengiskápar eða brunnar séu staðsettir o.s.frv.
 - Einnig getur skipt máli hver notandinn er, þ.e. hvort um er að ræða heimili, fyrirtæki, stofnun o.fl. Huga þarf að því hvort hentugt sé að blanda saman mismunandi tæknilegri högun í því skyni að fá sem hagkvæmasta niðurstöðu.
 - Fjöldi ljósleiðara í strengjum er afar mikilvægt atriði, einkum þegar um er að ræða fjölbýlishús og aðrar stærri byggingar. Hér þarf að huga að framtíðinni.
- Lagnaleiðir:
 - Nýjar lagnaleiðir, yfirleitt með plægingu eða greftri röra sem strengjum er síðan blásið í með loftpressum, eða með plægingu eða greftri strengja beint í jörðu. Þessi aðferð er alltaf háð leyfum frá þeim sem annað hvort eiga eða hafa umráð yfir viðkomandi landi. Í þéttbýli eru þessar lagnaleiðir oft undir gangstéttum eða götum.
 - Í tilfelli sveitarfélaga, sem forðast þurfa árekstra við ríkisstyrkjareglur, er mikilvægt að huga því að nýta þær lagnir, sem kunna að vera til staðar eða áformaðar, t.d. af veitufyrirtækjum, og þannig draga úr nýfjárfestingu. Þetta er að sjálfsögðu alltaf háð samþykki þess aðila sem á eða áformar að byggja viðkomandi innviði.

Í þéttbýli er í raun lágmarkskrafa að fyrir liggi landfræðilegar upplýsingar um gatnakerfi viðkomandi byggðar. Slík gögn er yfirleitt auðvelt að nálgast hjá ýmsum fyrirtækjum og stofnunum, t.d. Landmælingum Íslands (www.lmi.is), Loftmyndum (www.loftmyndir.is) Samsýn (www.samsyn.is).



Mynd 7: Dæmigerð mynd úr landupplýsingakerfi (heimild: Samsýn ehf.)

Mikilvægt er að staðsetning bygginga þar sem notendur eru til staðar, sé nákvæm. Hægt er að nálgast upplýsingar um slíkar staðsetningar frá sveitarfélögum og ýmsum stofnunum. Ef þessar upplýsingar, t.d. um heimilisföng, eru notaðar strax í upphafi, er um leið kominn grunnur að skráningu þeirri sem fram fer við lokahönnun. Síðar er hægt að nota sömu gagnagrunna við hvers konar öflun viðskiptavina, markaðssetningu, reikningagerð o.fl. Uppruni gagna getur verið frá eigin gagnagrunnum (ef um er að ræða fjarskiptafélag), almennum landfræðilega gagnagrunnum eða upplýsingar úr kerfum veitufyrirtækja.

Einn flóknasti þátturinn við að safna saman upplýsingum um notendur er finna út fjölda íbúa í hverri byggingu. Ýmsir kostir eru þó til staðar í þessu efni, yfirleitt háðir samkomulagi við ytri aðila. Þjóðskrá Íslands (www.skra.is) veitir ýmsar upplýsingar sem nýta má, en notkun og meðferð slíkra upplýsinga kann þó að vera takmörkunum háð. Einnig er líklegt að veitu- og fjarskiptafyrirtæki eigi gögn um viðskiptavini sína, sem einnig kunna að vera takmörkunum háð hvað dreifingu og meðferð varðar. Þá ber að geta þess að ekki er nauðsynlegt að fá slíkar upplýsingar á persónugreinanlegu formi.

Nákvæmni áætlana má auka, t.d. með eftirfarandi viðbótargögnum og upplýsingum:

- Gögnum um yfirborð lagnaleiða (einkum í þéttbýli), en slík gögn geta sýnt fram á hvaða aðferð er hagkvæmust við lagningu strengja
- Gögnum um lagnaleiðir sem kunna að vera til staðar og hægt er að nota, einkum pípur
- Gögnum um ýmsar lagnir sem þarf að varast, t.d. rafstrengi, fjarskiptastrengi, hita- og vatnsveitur o.fl.
- Nákvæmum upplýsingum um hentuga staði fyrir afhendingarstaði (POP), tengibrunna og skápa

Þessar viðbótarupplýsingar eru þó ekki alltaf aðgengilegar, m.a. af viðskiptalegum ástæðum, og eru háðar samningum við eigendur og réttihafa gagnanna.

Á fyrstu stigum hönnunar eru ýmsar stærðir og forsendur ekki alltaf til staðar, og þá verður að áætla slíka hluti til bráðabirgða. Mikilvægt er þó að uppfæra slíkar stærðir og forsendur með raunupplýsingum þegar þær liggja fyrir.

Til að ljúka endanlegri verkhönnun er best að hafa á reiðum höndum eins miklar upplýsingar og hægt er. Mikilvægt er að rýna gögn og upplýsingar gaumgæfilega, staðfesta gæði þeirra t.d. með gervihnattamyndum eða með vettvangskonun á viðkomandi svæðum.

Markaðslegar upplýsingar er ein sú tegund landfræðilegra upplýsinga sem getur verið gott að nota við forhönnun ljósleiðaranets. Hér er um að ræða hvers konar gögn og upplýsingar sem hönnuður getur notað til að fá betri niðurstöðum um fjölda notenda o.fl. á hönnunarsvæðinu. Markaðsupplýsingar geta verið:

- Niðurstöður kannana sem sýna áhuga fjölskyldna og annarra til þess að tengjast ljósleiðaraneti
- Upplýsingar um mismunandi fjölskyldusamsetningu á svæðinu (fullorðnir, börn aldur o.fl.)

Þessar upplýsingar er allar hægt að nota til þess að komast að betri og nákvæmari niðurstöðum um líkleg umsvif, tekjur o.fl., á hönnunarsvæðinu.

4.2.2 Hönnunarreglur og skilgreining efnis

Efni því sem notað er í FTTH-ljósleiðaranetum er lýst í öðrum köflum þessarar skýrslu. Í öllu hönnunarferlinu þarf sífellt að meta og vega efni það sem hönnuður leggur til að notað verði, slíkt hefur jákvæð áhrif á hagkvæmni þess nets sem hannað er.

Skilgreining á efni takmarkast ekki við það sem kallað er virkur búnaður (e. „*active equipment*“), en á einnig við um passífan búnað, tengiskápa og brunna, pípur, ljósleiðarastrengi, endabúnað o.fl., í raun allt það efni sem nota þarf til verksins.

Ákveðnar hönnunarreglur þarf að viðhafa í upphafi til að ákveða hvaða efni skal notað innan nets. Þessar eru helstar:

- Meta fjölda ljósleiðara sem þurfa að vera til staðar á hverjum afhendingar- eða dreifistað
- Ákveða stærðir stofn- og dreifistrengja, auk heimtauga og pípna ef við á
- Ákveða stærðir og tegund pípna ef við á, ytra og innra þvermál þeirra auk veggþykktar, einnig ákveða fjölda og tegund pípna á hverri lagnaleið
- Ákveða hvaða búnað, t.d. deila (splitters) er hægt að staðsetja í byggingum, dreifistöðum og/eða í afhendingarstöðum (POPs)
- Ákveða hvaða stærðir ljósleiðarastrengja er hægt að tengja innan hvers tengiskáps eða brunns

4.2.3 Einingaverð

Eitt mikilvægasta markmiðið við byggingu ljósleiðarnets er stjórnun á kostnaði, þ.e. að hann sé innan ákveðinna marka og forsendna. Til þess að þessu markmiði verði náð þurfa að liggja fyrir nokkuð nákvæmar upplýsingar um verð ýmissa aðfanga, bæði fyrir stofn- og rekstrarkostnað. Helstu atriðin eru þessi:

- Mannafli, almennt séð
- Einingaverð ýmis konar búnaðar
- Lagning og tenging strengja, tengiskápa, brunna o.þ.h.
- Orkukostnaður vegna reksturs virks búnaðar
- Stofn- og rekstrarkostnaður afhendingar- og dreifistaða
- Kostnaður vegna aðgangs að landi, byggingum o.þ.h.

Kostnað ber að flokka í stofnkostnað annars vegar og rekstrar- og viðhaldskostnað hins vegar. Aðrar aðferðir koma auk þess til greina, t.d. vegna passífs og virks búnaðar, úti- og innibúnaðar, flokka hann á öll heimili á hönnunarsvæðinu, eða aðeins á tengd heimili.

4.3 Hönnunartæknin

Áður fyrr fór hönnun FTTH-ljósleiðaraneta yfirleitt fram þannig að staðir voru teiknaðir handvirkir, fyrst á pappír en síðar með því að nota ýmis konar hugbúnað fyrir teikningar (CAD). Hönnunin sjálf var þó að mestu handvirk og tók langan tíma. Í raun var ekki um forhönnun eða verkhönnun að ræða, heldur var strax hafist handa við lokahönnun.

Galli á þessari aðferð var að ekki voru til staðar neindir tengdir gagnagrunnar um ýmis atriði, heldur þurfti að handvinna flest atriði og breytingar. Þá var erfitt að nota niðurstöður hönnunar sem grunn fyrir rekstur og viðhald, t.d. skráningar o.þ.h.

Í dag er til á markaði hugbúnaður sem gerir mögulegt að nota ýmsar raunupplýsingar til að hanna ljósleiðaranet, skrásetja þau og merkja, og reka þau. Hugbúnaður þessi tengir saman hluti og einingar á landfræðilegum grunni við gögn í eigin gagnagrunni og heldur þannig utan um allar einingar og stærðir þess kerfis sem hannað er eða rekið.

Með notkun þessa hugbúnaðar verður hönnun og áætlanagerð fyrir FTTH-net miklu skilvirkari en ella, tekur styttri tíma (vegna sjálfvirkni), gæði gagna verða meiri (gagnagrunnar), og einnig er líklegt að kostnaður við hvert net verði lægri vegna þeirra sjálfvirku eiginleika hugbúnaðarins að finna hagkvæmstu lausn með ýmsum algrímum. Hugbúnaðurinn styður oftast þá aðferðafræði við hönnun að miða við *forhönnun*, *verkhönnun* og *lokahönnun*. Hvert þessara þrepa í hönnunarferlinu hefur sínar eigin forsendur og kröfur:

Á fyrsta stiginu; *forhönnun*, er lögð áhersla á nokkuð nákvæmar áætlanir um kostnað; t.d. fyrir ákveðið svæði eða hverfi. Vinnsluhraði hugbúnaðarins þarf að vera nokkuð mikill til þess að bera saman mismunandi forsendur fyrir stærri svæði. Niðurstöður eru því jafnan nógu nákvæmar til þess að hægt sé að komast að fullgildum niðurstöðum (t.d. um hvort byggja á net eða ekki).

Á öðru stiginu; *verkhönnun*, verða áætlanir nákvæmari og reynt er að lágmarka kostnað. Niðurstöður verkhönnunar er áætlun um byggingu ljósleiðaranets, með efnislistum yfir allar einingar netsins ásamt áætlum um stofnkostnað m.v. þá tæknilegu högun sem lögð er til. Í þessu þrepi er reynt að lágmarka kostnað með því að breyta ýmsum hlutum í kerfinu, byggt á nýjum upplýsingum, reynslu, breyttu verði eða öðrum atriðum.

Að loknu þriðja stiginu; *lokahönnun*, getur hönnuður lagt fram nokkuð nákvæma áætlun um hvernig byggja skuli ljósleiðaranetið. Meðal gagna sem hér liggja fyrir eru skráningar og merkingar allra tenginga, samsetninga ljósleiðara o.fl., sem síðar nýtist við rekstur.

4.4 Forhönnun

Helstu viðskiptalegu áætlanir eru gerðar á þessu stigi. Lykilspurningin er hvort fjárfesta skuli í FTTH-ljósleiðaraneti eða ekki.

Til að svara þessu þarf nákvæmar upplýsingar um kostnað, ekki aðeins við byggingu netsins, heldur einnig kostnað við öflun notenda, rekstur netsins til lengri tíma, auk raunhæfra áætlana um hvort væntanlegir notendur muni nýta sér þá þjónustu sem verður í boði. Tekjur af notendum þurfa alltaf að standa undir rekstri netsins.

Mikilvægt er að byggja greiningu kostnaðar á rauntölum fyrir hvert svæði eins og hægt er, því nokkur mismunur kann að vera milli svæða, jafnvel þó að mannfjöldi sé svipaður. Forðast skal hvers konar framreikning m.v. önnur kerfi.

Verði ákveðið að halda áfram með viðkomandi verkefni koma strax upp eftirfarandi spurningar:

- Hvar á að byggja ljósleiðaranetið? (Skilgreina landfræðilegt umfang verksins)
- Á að áfangaskipta verkinu? (Ef svo er, þá þarf að skilgreina landfræðilega skiptingu)
- Hvaða aðferðir og tæknilega högun á að nota? (Skilgreina hönnunarreglur, efni, tæknihögun)

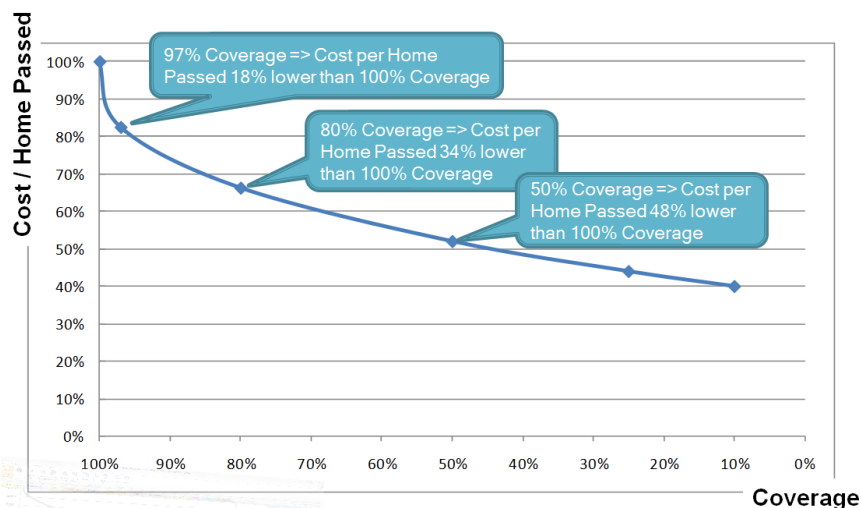
4.4.1 Hvar á að byggja ljósleiðaranetið?

Að loknum samanburði á stofn- og rekstrarkostnaði mismunandi svæða er hægt að ákveða hvar byggja skuli FTTH-net, eða hvaða net skuli byggt fyrst ef fleiri net eru áætluð. Í raunveruleikanum hafa fjárfestar alltaf mismunandi áherslur. Einkafjárfestar leggja meiri áherslu á fjárhagslega afkomu og arð til skemmri tíma litið, en opinberir fjárfestar og sveitarfélög hafa frekar þau sjónarmið að þjóna verði öllum almenningi á sama hátt, jafnvel með byggingu FTTH-nets fyrir heilu svæðin. Vænlegasta útkoman hlýtur alltaf að vera að viðskiptaleg og þjónustu- eða samfélagsleg sjónarmið fari saman, sem oft er erfitt.

Ef áhersla er eingöngu á að lágmarka kostnað þá blasir við að það eru bein tengsl milli fjölda meðalkostnaðar á heimili og fjölda þeirra heimila sem netið nær til. Forðast skal að nota „meðaltalsmannfjölda“ til að bera saman mismunandi landssvæði með tilliti til þess hvort byggja skuli FTTH-net. Allt að 40% munur getur verið milli svæða sem eru jafnstór, m.a. vegna þess að þéttleiki byggða er mismunandi, byggingar misstórar o.fl. Því er mælt með því að hvert svæði sem er skoðað sé metið af nákvæmni, án þess að nota framreikninga og „slumptölur“.

Þegar safnað hefur verið saman upplýsingum um kostnað á hvert heimili á hverju svæði, þá liggur í raun fyrir meðalkostnaður á heimili á sama svæði. Eins og mynd 8 sýnir þá lækkar meðalkostnaður á heimili (e. „homes passed“) ef hluta dýrustu heimilanna er sleppt úr framkvæmdinni. Þessar upplýsingar er mikilvægt að hafa á reiðum höndum, t.d. þegar greina þarf þörfina á opinberum stuðningi við fjármögnun ákveðinna svæða. Þar sem svæðum er skipt í *hvít*, *grá* og *svört* svæði í slíkum samanburði, sjá nánari upplýsingar í kafla xx.

Dæmið á mynd 8 sýnir áætlaðan hlutfallslegan kostnað við byggingu FTTH-nets á svæði með 100.000 heimilum, sem er blanda af þéttbýli og strjálbýli. Fram kemur að ef ákveðnum hlutum strjálbýlis er sleppt úr framkvæmdinni þá lækkar meðalkostnaður á heimili verulega. Þetta kann þó að vera mismunandi fyrir hin ýmsu landssvæði, og því mikilvægt að skoða vel hvert svæði fyrir sig.



Mynd 8: Dæmi um kostnað pr. svæði: Kostnaður pr. heimili er fall af hlutfallslegum fjölda heimila sem net nær til.

Með því að nota landfræðileg markaðsgögn og bera saman kostnað við mismunandi svæði (kostnaður/heimili) og áætlaðar tekjur (tengdar hlutfallslegum fjölda tengdra heimila), er hægt á auðveldari hátt að komast að niðurstöðu um forgangsröðun landssvæða hvað varðar uppbyggingu FTTH-neta. Slíkur samanburður getur stundum aukið arðsemi verkefnis um 10%-20%.

4.4.2 Hvernig á að forgangsræða framkvæmdum innan landssvæða?

Ef FTTH-net sem er í undirbúningi, nær yfir stórt landssvæði, getur framkvæmdatími við uppbyggingu netsins auðveldlega náð yfir nokkur ár. Því lengri sem framkvæmdatíminn er því mikilvægara er að forgangsræða og ákvarða hagkvæmustu leiðir við uppbyggingu minni svæða sem í raun eru hluti af stærra svæðinu. Slík forgangsröðun er jafnan byggð á samspili áætlaðs kostnaðar og áætlaðra tekna. Með rétttri forgangsröðun er hægt að hámarka arðsemi fyrstu netanna og auka tekjur af þeim, og um leið koma þeim skilaboðum til nýrra viðskiptavina og fjárfesta að um geti verið að ræða hagkvæma fjárfestingu.

4.4.3 Hvaða aðferðir, efni og tæknihögun skal nota?

Ýmsir mismunandi tæknimöguleikar eru í boði þegar byggja skal FTTH-net. Hagkvæmasta kostinn er aðeins hægt að ákvarða með því að nota viðurkenndar aðferðir og reglur við að meta landafræði viðkomandi svæðis og komast að lokum að niðurstöðu sem sýnir rekstrarafkomu netsins. Hvert net hefur mismunandi einkenni hvað þetta varðar, sem fer eftir umhverfi, landafræði og ýmsum álíka atriðum, reglugerðum, markaði o.fl.

Í mörgum tilfellum er stofnkostnaður ekki eina fyrirstaðan. Til þess að taka réttar ákvarðanir í upphafi er mikilvægt að skoða ýmsar mismunandi sviðsmyndir fyrir hvert verkefni. Afleiðingar þess hvaða áhrif sérhver ákvörðun um kostnað eru mikilvægar, en önnur atriði, svo sem gæði, bandvídd og rekstraröryggi þarf alltaf að meta.

Spurningin sem ávallt þarf að velja fyrir sér: „Er réttlætanlegt að auka stofnkostnað um einhverja ákveðna upphæð til að auka þau gæði, bandvídd eða rekstraröryggi sem fæst í staðinn?“

Valkostir sem þarf að skoða og meta:

- Tæknilega högun

- Mismunandi virkan búnað (PON / P2P, Ethernet vs. hybrid),
- Mismunandi samnýtingu ljósleiðara
- Mismunandi ljósleiðarastrengi (micro-strengir/hefðbundnir strengir),
- Deila og notkun þeirra (splitter architectures),
- Innanhússlagnir
- Samnýtingu búnaðar og innviða

4.5 Verkhönnun

Þegar landfræðilegt umfang verkefnis hefur verið ákveðið, þarf að skoða hvernig netið verður uppbyggt og gera áætlun um það. Þessi áætlun þarf að endurspegla raunverulegan kostnað, ákvarðanir um afhendingar- og dreifistaði, ákvarðanir um þjónustusvæði og tengingar við umheiminn/grunnnet, auk efnislista.

Verkhönnun hefst með vinnu við eftirfarandi atriði, sem byggja að mestu leyti á fyrri forhönnun:

- Skilgreina þarf svæði sem skipuleggja á
- Ákveða þarf hönnunarreglur og efni
 - Tæknilega högun
 - Tegundir ljósleiðarastrengja
 - Fyrirkomulag heimtauga

Eftirfarandi spurningum þarf að svara á verkhönnunarstiginu:

4.5.1 Hvar á að staðsetja afhendingarstaði?

Í upphafi ákvarðar hönnuður fjölda og staðsetningu afhendingar- og tengistaða og hvar virkur búnaður verður staðsettur. Ennfremur þarf að ákvarða hvaða notendur munu tengjast hverjum afhendingarstað (POP).

Engin almenn regla gildir um hve mörgum notendum er hægt að þjóna frá hverjum afhendingarstað. Almennt gildir þó að því fleiri notendum sem hægt er að þjóna frá hverjum afhendingarstað, því hagkvæmari verður rekstur kerfisins með tilliti til ýmissa atriða, svo sem orkunotkunar og nýtingar ljósleiðara. Á móti kemur að kostnaður við stofnstrengi kann að aukast.

Sé um að ræða svæði sem hægt er að þjóna frá einum afhendingarstað (POP) fer staðsetningin oft eftir ýmsum ytri atriðum. Þar getur t.d. verið um að ræða tækjahús eða aðra staði sem hægt er að nýta, sem þó er alltaf háð samningum við eiganda viðkomandi húss eða staðar. Samt sem áður er alltaf fróðlegt að bera saman kostnað við að nýta fyrirbyggjandi gæði og nýbyggingar.

4.5.2 Hvar á að staðsetja dreifi- og tengistaði ljósleiðarastrengja?

Á verkhönnunarstiginu þarf að ákveða staðsetningu ýmissa tengistaða ljósleiðarastrengja, þ.e. staða þar sem heimtaugar tengjast stofnstrengjum o.s.frv. Einnig þarf að ákveða hvaða notendur muni tengjast hverjum tengistað og hanna þarf fyrirkomulag tengistaðarins.

Þessar ákvarðanir eru þó háðar tæknilegum eiginleikum þeirra lausna sem til eru til að skipuleggja og skrá ljósleiðarana sem tengdir eru, og þeirra þípna sem notaðar eru, ef það á við.

Þó ekki sé alltaf hægt að staðsetja tengistað á sem hagkvæmastan hátt, t.d. vegna umhverfis, þá er mikilvægt að skoða vel hvernig hinar ýmsu strengstærðir nýtast best með tilliti til staðsetninga tengistaðanna.

4.5.3 Hvaða lagnaleiðir þjóna hverju svæði?

Ákveða þarf hvaða lagnaleiðir milli afhendingarstaða, dreifistaða og notenda. Gröftur og plæging strengja og pípnar er kostnaðarsöm aðgerð, þannig að mikilvægt er að skoða vel alla möguleika til þess að stytta lagnaleiðir. Ef hægt er að nýta pípur, skurði o.fl. sem kunna að vera til staðar á einhverjum hluta lagnaleiða, þá má spara verulegar fjárhæðir með því að semja við eiganda slíkra lagnaleiða um aðgang að þeim. Þannig getur ákveðið samspil þess að leggja nýja lagnaleið og nota eldri lagnaleið oft verið álitlegur kostur. Þá er það skynsamlegt í aðdraganda fyrirhugaðrar framkvæmdar að hafa samband við þau veitufyrirtæki sem þjóna viðkomandi svæði með það fyrir augum að kanna hvort möguleiki sé á því samnýta jarðvegsframkvæmdir til hagsbóta fyrir báða aðila, en þó einkum fjarskiptahlutann, sbr. heimild 36. gr. fjarskiptalaga um að kostnaðarmeta framkvæmdina einungis sem viðbótarkostnað.

4.5.4 Hvaða atriði á efnislistinn að innihalda?

Þegar búið er að taka allar ákvarðanir um lagnaleiðir, þarf að ákveða hvers konar strengi og pípur skuli nota á þeim leiðum. Einnig þarf að ákveða tegundir af ýmsum tengiskápum, tengikössum, brunnum og deilum auk þess að ákveða hvers konar virkur búnaður verður notaður ef við á. Þegar allar magntölur fyrir þennan búnað liggja fyrir, er hægt að útbúa efnislista sem hægt er að nota til þess að óska tilboða í verð frá framleiðendum búnaðar. Endanlegur efnislisti, er útbúinn á lokahönnunarstiginu og inniheldur nákvæmari útlistun um allar þær upplýsingar sem þarf til verksins.



Mynd 9: Dæmi um afurð verkhönnunar – litakóði sýnir mismunandi dreifisvæði (þéttbýli)

Þó að ákvarðanir sem lýst hefur verið hér að ofan séu sjálfstæðar, þá verður í raun og veru ávallt að taka tillit til þess hvaða áhrif þær hafa hver á aðra. Þannig hefur ákvörðun um staðsetningu afhendingarstaðar (POP) bein áhrif á fjölda strengja á ákveðinni strengleið, og af því leiðir að einnig þarf að skoða hvort pípur á sömu leið séu nógu margar eða stórar, eða hvort þörf sé á að leggja fleiri pípur.

Mælt er með að á öllum stigum hönnunar sé notaður hugbúnaður sem metur á sjálfvirkan hátt allar breytingar sem hönnuður leggur til og hámarkar hagkvæmni netsins sem hannað er. Í slíku umhverfi tekur hönnuðurinn í raun ákvarðanir um breytingar og viðmið, en hugbúnaðurinn reiknar út afleiðingar ákvarðana og breytir stærðum, fjölda eininga og öðru sem skiptir máli í því neti sem verið er að hanna. Hugbúnaður styður þannig hönnuðinn í að komast að sem hagkvæmustu niðurstöðu um nýtingu efnis, mannafla, tækja og búnaðar, auk fyrirbyggjandi lagnaleiða ef við á.

4.6 Lokahönnun

Á lokahönnunarstiginu verður til fullnaðarhönnun með áætlun um byggingu FTTH-ljósleiðaranets (e. „*to-build plan*“). Áætlun þessi þarf að vera það nákvæm að tryggt sé að hægt sé að fá öll leyfi, t.a.m. frá opinberum aðilum, landeigendum og öðrum, og að hægt sé að hefja vinnu við byggingu netsins. Þannig liggja nú fyrir upplýsingar um allar tengingar ljósleiðara, á öllum tengistöðum. Í raun liggja nú einnig fyrir þær forsendur sem þarf til þess að útbúa megi útboðsgögn og bjóða út verkið eða hluta þess.

4.6.1 Nákvæm gögn

Öll þau gögn sem notuð hafa verið á fyrri stigum hönnunar ætti að nota við lokahönnun, t.d. landfræðilegar upplýsingar um götur, vegi, byggingar, heimilisföng. Einnig ætti nú að vera til ágætur gagnagrunnur yfir allt efni til verksins, auk áætlunar um kostnað við hina ýmsu verkþætti. Frá verkhönnunarstiginu ættu nú t.d. að liggja fyrir eftirfarandi ákvarðanir:

- Um fjölda og staðsetningu aðgangspunkta og dreifistaða
- Um þjónustuvæði aðgangspunkta og dreifistaða (litakóðað á mynd 9)
- Um lagnaleiðir, þ.m.t. um strengi og pípur

Æskilegt er hægt sé að flytja öll gögn rafrænan hátt (import/export) milli þess mismunandi hugbúnaðar sem notaður er við hönnun. Stundum hefur þetta áhrif á gæði gagna, einkum vegna þess að skortur er á samhæfni milli hinna ýmsu hugbúnaðareininga sem notaðar eru. Hér er mikilvægt að sá hugbúnaður sem notaður er hafi innbyggðar aðgerðir til slíks gagnaflutnings.

Mikilvægt er að fram komi nákvæm lýsing á þeim pípum, strengjum, tengjum og öðru, til þess að fullri samhæfni sé náð milli alls efnis og búnaðar sem nota skal.

Hér má t.d. nefna:

- Litamerkingar allra pípna, stórra og smárra
- Lágmarksbeygjuradíus pípna og strengja
- Skilgreiningar hvað varðar blástur strengja í pípur
- Tegundir (samhæfni) endatengja fyrir ljósleiðara
- Tegundir (samhæfni) ljósleiðara, annars kann að verða til tap í tengingum, árangursríkast er að skilgreina tegund ljósleiðara í samræmi við nýjustu meðmæli frá ITU (t.d. ITU-T G.657 recommendation, edition 3, October 2012)

Í lokahönnun þurfa að koma fram nákvæm gögn og skilgreiningar fyrir allar einingar FTTH-nets sem eru utanhúss (e. „*Outside Plant*“ (OSP)), auk sömu eininga fyrir búnað sem er innanhúss á ýmsum stöðum (e. „*Inside Plant*“ (ISP)). Stundum eru þessir tveir þættir algjörlega aðskildir í byggingarferlinu, enda oftast um að ræða mismunandi mannafla og annað sem þarf í hvoru tilfalli. Í ISP-tilfallinu er lögð áhersla á tæki og búnað sem þarf til að veita þjónustuna til notenda, en að vissu marki þarf einnig að horfa til allra innviða netsins. Þegar um er að ræða hefðbundin FTTH-net þarf

að skilgreina allan virkan búnað, tækja- og tengiskápa á afhendingarstöðum og úti í mörkinni, hleðslutæki og varaafli, kælibúnað o.s.frv.

4.6.2 Vettvangsskoðanir

Á meðan lokahönnun stendur yfir getur verið gagnlegt að tengja þær upplýsingar og ákvarðanir sem liggja fyrir, við landfræðilega gagnagrunna, (sjá mynd 10), og staðfesta myndrænan hátt ýmis atriði. Með þessu má staðfesta ýmsar upplýsingar um götur, vegi, byggingar o.fl., þó aðallega í þéttbýli. Taka verður tillit til þess að stundum eru myndir í slíkum gagnagrunnum ekki alveg nýjar eða uppfærðar og því e.t.v. nauðsynlegt að fram fari hefðbundin vettvangsskoðun.



Mynd 10: Dæmi um ljósleiðaralagnir í þéttbýli (heimild: Já hf.)

Hefðbundin vettvangsskoðun er þó oftast sú aðferð sem skilar nákvæmustum upplýsingum. Ákvörðun um vettvangsskoðun er yfirleitt háð eftirfarandi atriðum:

- Nákvæmni gagna um þær lagnir og aðra innviði sem eru til staðar
- Hvaða verkþættir verða framkvæmdir af þriðja aðila, t.d. verktökum
- Ýmsum staðháttum, reglugerðum og leyfum
- Ýmsum staðháttum, reglugerðum og leyfum
- Hvort vettvangsskoðun hefur verið hluti af verkhönnun

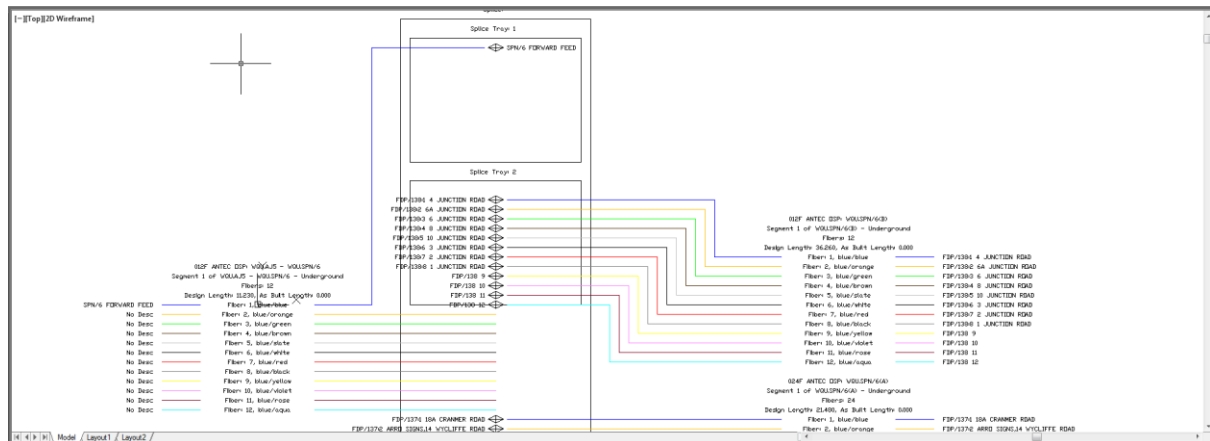
Sá hugbúnaður sem til er á markaði og áður hefur verið nefndur, getur yfirleitt tekið tillit til þeirra lagna sem eru til staðar, og hægt er að flytja gögn þriðja aðila, t.d. frá ýmsum veitufyrirtækjum og fjarskiptafyrirtækjum inn í gagnagrunninn sem hugbúnaðurinn notar. Slík aðgerð hlýtur þó alltaf að vera háð samningi við eiganda sömu gagna.

4.6.3 Gerð lokaáætlunar

Á verkhönnunarstiginu urðu til áætlanir (e. „*to-build-plan*“) sem eru til þess fallnar að auka gæði og nákvæmni niðurstaðna lokahönnunar. Í lokaáætlun þurfa eftirfarandi atriði að koma fram:

- Upplýsingar um tengingu heimtauga, frá hvaða dreifistað og til inntaks hjá notenda

- Upplýsingar um pípur og strengi, þ.e. hvaða strengur er lagður í hvaða pípu eða beint í jörð án pípu. Hér er hægt að styðjast við litakóðun til merkinga
- Hnitsettar staðsetningar allra tengistaða, með upplýsingum um tegund tenginga og/eða tengja, einnig tegund pípa
- Merkingar; hver eining skal merkt á sérstakan hátt þannig að tilvísanir í einingar gangi vel
- skipulag notkunar ljósleiðara á dreifi- og tengistöðum, einnig ljósleiðarasuður; skilgreina þarf nákvæmlega tengingu hvers ljósleiðara, í hvaða tengiskúffu hann er o.s.frv.



Mynd 11: Dæmi um tengimynd ljósleiðara; litamerkingar, notkun, dreifi- og tengistaði.

Ásamt fyrrgreindum atriðum þurfa auk þess að vera til staðar nákvæmar upplýsingar um það sem þarf til uppfæra netið síðar með nýjum búnaði, framkvæma bilanaleit og endurræsa það eftir viðgerðir, þ.e.:

- Gögn um “to-build” net
- Gögn um aðgangspunkta (POP) með upplýsingum um tækjaskápa ásamt staðsetningu allra passífra og virkra eininga
- Gögn með verk- og vinnuferlum fyrir flóknari aðgerðir, t.d. tengingar ljósleiðara í dreifiskápum (ODF) og deilum (splitters)
- Skýrslur með helstu niðurstöðutölum, efnislistum, kostnaði og gögnum yfir blástur ljósleiðara
- Gögn sem nota má sem hluta af útboðsgögnum

4.6.4 Verklutur og stjórn þeirra

Almennt getur bygging nýrra ljósleiðaraneta tekið langan tíma, jafnvel mánuði eða ár, og fer slíkt fyrst og fremst eftir stærð og umfangi netanna. Því er byggingu slíkra neta stundum skipt í nokkra áfanga eða verkluta. Verklutar geta verið litlir, t.d. þegar nýju hverfi í þéttbýli er bætt við fyrirliggjandi ljósleiðaranet, eða stórir eins og gerist þegar byggja þarf nýtt ljósleiðaranet í strjálbýli.

Í lokahönnun er því mikilvægt að sá hugbúnaður og annað sem notað hefur verið við hönnun og áætlanagerð sé þannig úr garði gert að hægt sé nýta öll gögn til síðari tíma breytinga og viðbóta. Þannig þarf í raun að uppfæra þau gögn sem notuð voru í upphafi í hvert skipti sem einhver viðbót við net er framkvæmd.

4.7 Eftirlit og stjórnun aðfanga

4.7.1 Hugbúnaður

Þær breytingar sem kunna að verða frá áætlun um byggingu nýs ljósleiðaranets til þess tíma að byggingu netsins sé lokið, hafa áhrif á þær kröfur sem gera ber til allra gagna og þess hugbúnaðar sem notaður er við hönnun.

Sem inniber :

- Auknar áherslur á gæði þeirra landfræðilegu gagna sem notuð eru til að útbúa (opinberan) gagnagrunn um staðsetningu lagna
- Að þörf er á hugbúnaði sem gerir mögulega myndræna stjórnun og viðhald gagna þess nets sem byggja á
- Að þörf er á gagnagrunni fyrir tæki, gögn, rekstur, breytingar, bilanir, viðskiptavini, bilanagreiningu og viðgerðir, markaðsvinnu o.fl.

4.7.2 Stjórnun vinnuferla

Eins og fram hefur komið hér að framan, þá eru þau gögn sem til urðu í verkhönnun í raun forsenda lokahönnunar. Lokahönnun er þó alls ekki endapunkturinn, því enn hefur ljósleiðaranetið ekki verið byggt. Þegar öllum hönnunarstigum er lokið, hefjast nýir áfangar, sem eru í meginatriðum þessir:

- Samþykki, byggt á fjárhagslegum forsendum
 - heimild til að hefja verk sem byggir á fyrirbyggjandi hönnun
- Aðföng
 - útboð, pantanir, afhending og flutningur efnis og búnaðar á verkstað
- Útvegum mannafla ef við á
- Verkfræðileg hönnun
 - lagnaleiðir, tengibrunnar
- Lagning ljósleiðarastrengja
 - plæging og/eða gröftur pípa og strengja, blástur, ídráttur
- Tengingar
 - suður (e. „*splicing*“)
 - millitengingar á dreifistöðum og víðar
- Breytingar m.v. hönnun
 - á að leyfa eðlilegar breytingar úti á vettvangi mörkinni eða hanna að nýju?
- Prófanir og mælingar
- Gangsetning tækja og búnaðar
- Staðfesta endanlegt fyrirkomulag („*as-built*“) og uppfæra öll gögn í samræmi við það
- Afhenda net til eiganda/rekstraraðila til reksturs (ef við á)

Þessi þrep þarf að stilla saman við gögn sem urðu til sem „*to-build*“ og „*as-built*“ gögn.

Oft vill rekstraraðili sjálfur sjá um að öll gögn séu í lagi og uppfærð, einkum í þeim tilgangi að nýta þau í sínum kerfum. Hugbúnaður sá sem notaður var við hönnun netsins er oft útbúinn með tengingum við þau hugbúnaðarkerfi sem rekstraraðilinn notar, t.d. við stjórn og öflun viðskipta og önnur verkefni.

Byggingu nýs FTTH-ljósleiðaranets má oft frekar líkja við skipulagslega áskorun frekar en hönnun nets. Því er afar mikilvægt að litið sé á stjórnun kostnaðar, samanburð tæknilegra eiginleika, stjórnun tíma og aðfanga sem hluta verkefnisins hverju sinni.

Ýmsir ferlar verkefnisstjórnunar henta vel til þess að halda utan um verkefni á borð við byggingu ljósleiðaranets, og geta í raun orðið til þess að minnka kostnað.

4.7.3 Lokagögn (e. „as-built“)

Þegar byggingu ljósleiðaranets er lokið getur lokaniðurstaðan verið nokkuð frábrugðin upphaflegri hönnun. Hafi breytingar verið gerðar á upphaflegri hönnun er mikilvægt að uppfæra upphaflega áætlun. Eðlilegast er að nota uppfærða áætlunina, sem oft er nefnd á ensku „as-built“ áætlun, sem grunn að öllum skráningum gagna um netið. Þær breytingar sem kunna að hafa verið gerðar má oft rekja til staðháttar og aðstæðna við gröft og plægingu, t.d. vegna lagna frá öðrum aðilum, sem ekki var vitað um. Mikilvægt er að skrá öll frávik frá upphaflegri áætlun til þess að færa megi réttar upplýsingar í öll kerfi rekstraraðilans og e.t.v. annarra.

Í lokagögnum þurfa að koma fram eftirfarandi upplýsingar fyrir allar strengleiðir og strengi:

- Jarðvinna; gröftur, plæging o.þ.h.
 - Nafn og heimilisfang þess fyrirtækis eða verktaka sem annaðist vinnuna
 - Staðfest og undirrituð gögn vegna leyfa o.þ.h. (t.d. frá eftirlitsaðila verks)
 - Nákvæmar staðsetningar (t.d. íslenska landshnitakerfið (ISN93) eða GPS-hnit)
 - Nákvæmar lengdir grafinna skurða og plógfara
 - Tilgreina þarf framleiðanda og tegund hvernar einingar sem ekki er í samræmi við upphaflega áætlun, t.d. stærri tengibrunna, viðbótarpípur o.þ.h.)
 - Skráning á notkun pípa (tilgangurinn er að hafa á reiðum höndum upplýsingar um síðari tíma viðbætur)
- Strengir: Framleiðendur strengja og upplýsingar um framleiðslumánuð eða ár

5 Samnýting innviða

Vegna hins mikla kostnaðar við að byggja FTTH-net, er æskilegt að viss samvinna þeirra sem eiga og reka fjarskiptainnviði eigi sér stað.

Þeir aðilar sem leika hér stærsta hlutverkið, auk stjórnvalda, eru sveitarfélög, eigendur og rekendur fjarskiptainnviða og ýmis veitufyrirtæki.

Hérlendis hafa verið byggð nokkur ný FTTH-ljósleiðaranet undanfarin ár, og hafa veitufyrirtæki og/eða fyrirtæki á þeirra vegum átt þar nokkurn hlut að máli.

5.1 Viðskiptalíkön

Sé horft til nágrannalanda hafa þau FTTH-net sem byggð hafa verið aðallega fylgt einhverjum af þessum fjórum viðskiptalíkönum:

1. **Heildarþjónusta** – Eitt (stórt) fjarskiptafyrirtæki, t.d. eigandi fjarskiptainnviða, þjónustu- eða efnisveitandi, veitir þjónustu alla leið til notenda. Fjarskiptaumferð er flutt um eigin kerfi og aðrir fjarskiptarekendur geta haft aðgang að passífum hluta innviða, yfirleitt á heildsölugrunni.
2. **Samnýting passífra innviða** – Hér getur eigandi fjarskiptainnviða heimilað passífan aðgang að eigin passífa hluta innviða þannig að aðrir geti veitt þjónustu um eigin passífan og virkan búnað.
3. **Virk samnýting** – Hér er aðgangur milli þjónustuveitenda, þannig að báðir aðilar geta skoðað og uppfært viðskiptavinagrunn hvors annars.
4. **Aðskilnaður** – Í sumum löndum eru rekin net sem skiptast í lög (layers) milli aðila, þ.e. eiganda innviða, rekanda kerfis, og fjölda þjónustuveitenda.

5.2 Innviðir - samnýting

Í öllum útfærslum sem nefndar eru í 6.1. þarf að samnýta innviði. Samnýting getur verið á mismunandi stigum:

1. **Pípur/rör** – Margir aðilar á smásölu- og heildsölustigi geta blásið ljósleiðurum sínum, hver um sig, um kerfi pípna á ákveðnu svæði. Þeir keppa síðan sín á milli á þjónustustiginu.
2. **Ljósleiðarar** – Margir aðilar á smásölu- og heildsölustigi geta notað FTTH-net með því að tengjast beint við ljósleiðara, og keppt sín á milli á þjónustustiginu.

Aðgangur að ljósleiðurum getur hér verið heimilaður á ýmsum stöðum, í sírstöðvum, afhendingarstöðum og víðar. Aðgangsstaðurinn getur þannig t.d. einnig verið þar sem ljósleiðarar í FTTH-neti eru tengdir saman (dreifistaður) og aðgangur fæst að mörgum notendum.

Þjónustuveitandi sem rekur PON-net getur sett upp deila á slíkum stöðum og tengst um fáa ljósleiðara til afhendingarstaðar (POP).

Þjónustuveitandi sem rekur P2P-net getur sett upp Ethernet-netskipta á slíkum stöðum og á sama hátt flutt umferð til og frá afhendingarstað. Einnig getur þjónustuveitandi sett upp tengiskáp og tengst ljósleiðurum til hvers notanda.

3. **Ljósbylgjur** – Þjónustuveitendur eða heildsöluaðilar nota FTTH-net með því að tengja eigin ljósbylgju um netið hver um sig, og keppa sín á milli á þjónustustigi.
4. **Pakkaskipting** – Þjónustuveitendur tengjast FTTH-neti á pakkaskiptistigi og keppa sín á má milli á þjónustustigi.

Þegar sveitarfélag og/eða fjarskiptafyrirtæki telur vera möguleika á samlegð með framkvæmdum á vegum veitufyrirtækja getur reynt á ákvæði 36. gr. fjarskiptalaga, sem heimilar tiltekna kostnaðarskiptingu, sem felur í sér að fjarskiptahlutinn beri einungis s.k. *viðbótarkostnað* miðað við heildarkostnað framkvæmdarinnar.

DRÖG

6 Rekstur og viðhald neta

Almennt séð eru ljósleiðaranet (FTTH-net) yfirleitt hluti af stærra neti fjarskipta, t.d. vegna tenginga við almenn grunnnet. Sum net, t.d. þau sem byggð hafa verið af sveitarfélögum, hafa verið skilgreind þjónustusvæði innan sveitarfélaganna og eru oft tengd á einum eða tveimur stöðum við grunnnet fjarskipta. Slík net eru ýmist rekin af sveitarfélögum sjálfum eða reksturinn úthlutaður til annarra. Mikilvægt er að rekstraraðilinn, hver sem hann er, hafi á reiðum höndum allar upplýsingar sem til eru um viðkomandi kerfi, lagnaleiðir, búnað og staðsetningu hans o.s.frv.

Líkt og áður hefur komið fram á að lokinni byggingu FTTH-nets að liggja fyrir „as-built“ upplýsingar. Rekstraraðilinn ætti að geta nýtt slíkar upplýsingar til þess að flýta fyrir bilanagreiningu og viðgerðum og tryggja þannig gæði þjónustu sem veitt er til notenda nets.

Alla verkferla þarf að skipuleggja fyrirfram og samningar þurfa að vera til staðar við viðeigandi aðila um aðgang að mannafla, tækjum og öðru sem þarf þegar bilanir verða.

6.1 Skipulag viðhalds

6.1.1 Almenn stjórnun

Mikilvægt er að þekktir vinnuferlar séu notaðir við allt viðhald á strengjum, pípum og öðrum hlutum lagnaleiða. Þá er nauðsynlegt að samvinna sé höfð við yfirvöld á hverju svæði, og að fyrir liggja upplýsingar um ýmsar aðrar lagnir sem kunna að vera til staðar þar sem vinna fer fram. Einnig er minnt á það að þeir starfsmenn á vegum rekstraraðila netsins, hvort sem það er sveitarfélagið sjálft eða fjarskiptafyrirtæki, skulu hafa fengið nauðsynlega þjálfun til að annast rekstur og viðhald á fjarskiptavirkjum samkvæmt 67. gr. fjarskiptalaga.

6.1.2 Öryggisatriði

Sé líklegt að viðhaldsvinna geti valdið truflun á almennri umferð getur verið nauðsynlegt að auglýsa eða tilkynna vinnuna fyrirfram í samvinnu viðkomandi yfirvöld bæja eða sveitarfélaga. Um reglur í þessu sambandi er vísað til VI. kafla reglna nr. 1221/2007 um virkni almennra fjarskiptaneta, en hann fjallar um stjórn almennra fjarskiptaneta. Ef tengibrunnar sem þarf að opna eru nálægt jarðhitavirkjunum og svipuðum stöðum, er rétt að mæla gæði lofts í brunnunum áður en unnið er í þeim eða við þá.

Sama gildir um önnur lokuð og þröng svæði þar sem búast má við óæskilegum lofttegundum. Þeir sem vinna á slíkum svæðum ættu ávallt að hafa í för með sér viðurkenndan búnað til að fylgjast með gæðum lofts.

6.2 Almennar reglur við viðhald og viðgerðir

Rekstrar- eða viðhaldsaðili ætti alltaf að hafa á reiðum höndum eftirfarandi atriði:

- Niðurstöður mælinga frá því að net var byggt og prófað
- Nákvæma skrá yfir alla ljósleiðarastrengi og pípur í viðkomandi neti
- Skrá yfir merkingar allra tækja og búnaðar
- Amenn gögn sem fyrir liggja fyrir það net sem þjónað er
- Upplýsingar um einingar sem eru háðar reglulegu eftirliti og/eða viðhaldi
- Áætlun um verkferla sem nota skal við stærri bilanir, t.d. vegna strengslita sem verða vegna vinnu ytri aðila

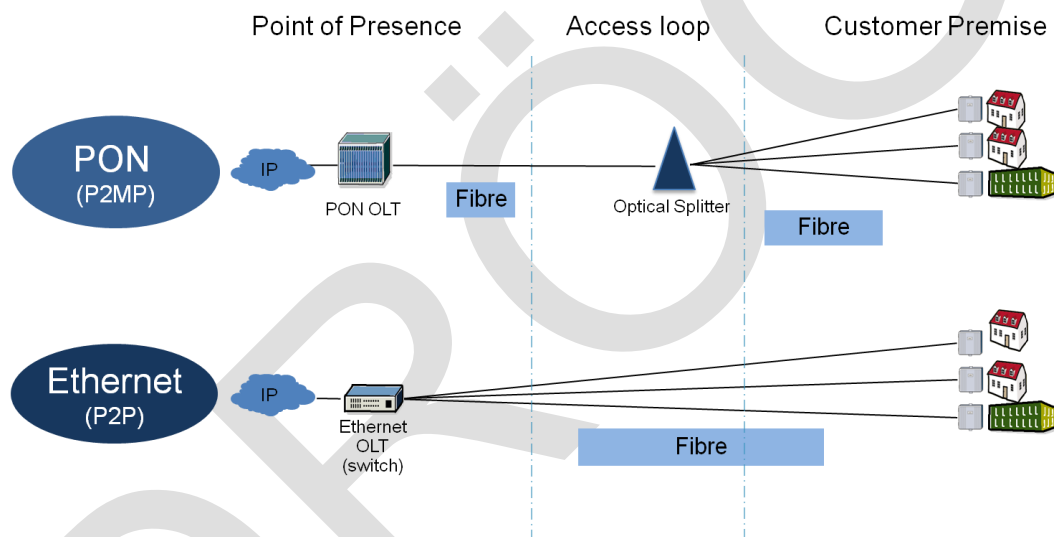
- Lista yfir varahluti fyrir viðkomandi net eða þann hluta sem unnið er við
- Upplýsingar um samninga sem kunna að hafa verið gerðir við aðra viðhaldsaðila

DRÖG

7 Viðauki 1: Búnaður og tæki

Passíf ljósnet (PON) P2MP og Ethernet P2P lausnir hafa um árabíl 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 fer oft eftir því hve auðvelt er að koma lausninni á með tilliti til hagkvæmni og fleiri atriða. Því er ekki hægt að halda því fram að önnur lausnin sé betri en hin og teljast þær báðar því 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. Stundum er annar ljósleiðari lagður fyrir myndflutning (RF-video overlay), og einnig eru stundum lagðir 2-4 ljósleiðarar á hvert heimili, til að tryggja samkeppnishæfni kerfanna auk framtíðarþarfa.



Mynd 12: Mismunandi FTTH-högun

7.1 Passíft ljósnet

Á afhendingarstað (POP) er staðsettur endabúnaður (e. „*optical line terminal*“ (OLT)). Einn ljósleiðari liggur síðan að passífum deili (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 milli afhendingarstaða og deila en í P2P-högun. Enginn virkur búnaður er milli afhendingarstaða og notenda og hægt er að viðhafa breytilega bandvidd 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 sams konar 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 passíf ljósnet frá öðrum gerðum 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 ljósleiðarapörf (fjöldi í strengjum) getur minnkað mjög mikið. Þetta á sérstaklega við þegar byggja þarf ljósnet á svæðum þar sem (takmarkaðir) ljósleiðarainnviðir 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, sjá skilgreiningu í kafla 2.1.).

7.1.1 PON lausnir

Nokkrar mismunandi tegundir lausna eru til í PON-netum.

Innan ITU 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.

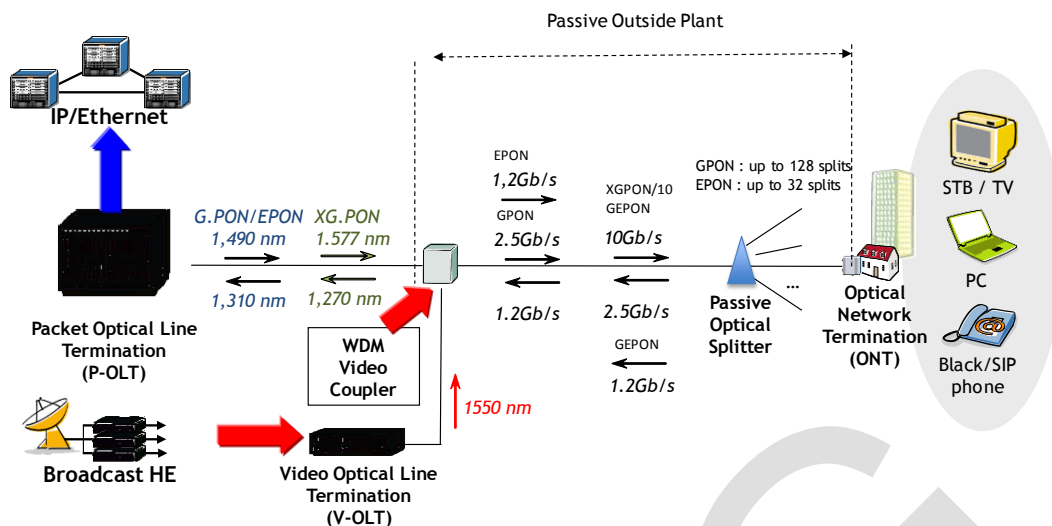
FSAN-hópurinn sér fyrir sér að árið 2015 hafi möguleg PON-flutningsgeta aukist í a.m.k. 40 Gbit/s (niðurhal) og 10 Gbit/s (upphal), og drægi verði að lágmarki 20 km m.v. 1:64 deilihlutfall (deiling til 64 notenda). Frekari endurbætur hafa verið ræddar, t.d. fjölgun ljósbylgna, 60 km drægi og deilihlutfallið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

Árið 2004 lagði *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) til staðal sem nefndur er EPON, en hann hefur 1 Gbit/s bandvidd í báðar áttir. Sérstækir 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 bandvidd (sama í báðar áttir).

Líklegt er að þróun næstu 10 ára verði í átt að samhverfri bandvidd. Aukning vegna skráaskipta, margs konar Internet-samskipta og gríðarlegrar aukningar ýmissa gagnasendinga krefst aukinnar flutningsgetu fyrir upphal. 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 bandvidd í náninni framtíð.

Samt sem áður 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.d. DSL um kópurlínur.

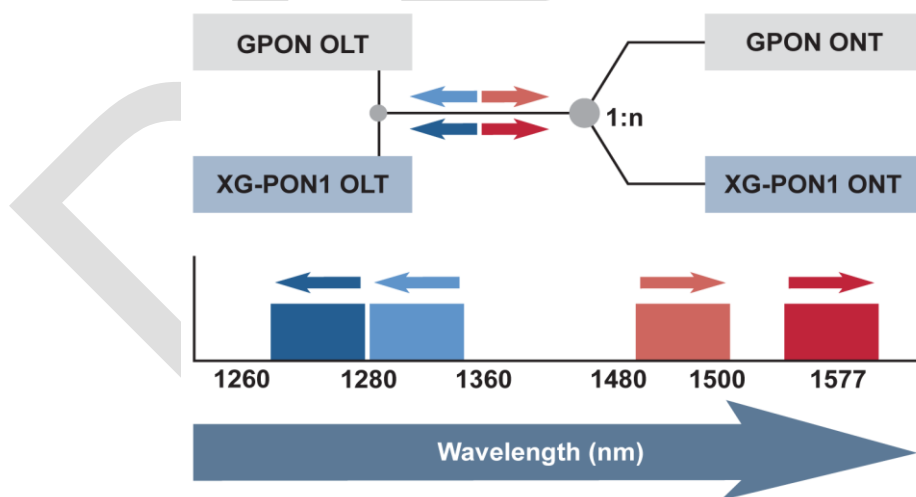
Drægi GPON er 20 km m.v. 28 dB útsent afl og deilihlutfallið 1:128. Hægt er að auka drægið í 30 km með því að minnka deilihlutfallið (og þar með fjölda notenda) í 1:16. Drægi 10G-EPON getur orðið 20 km með því að nota 29 dB útsent afl.



Mynd 13: Skýringarmynd af GPON-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.

Skilgreindir hafa verið staðlar til þess 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 14: XG-PON bylgjulengdir samkvæmt FSAN

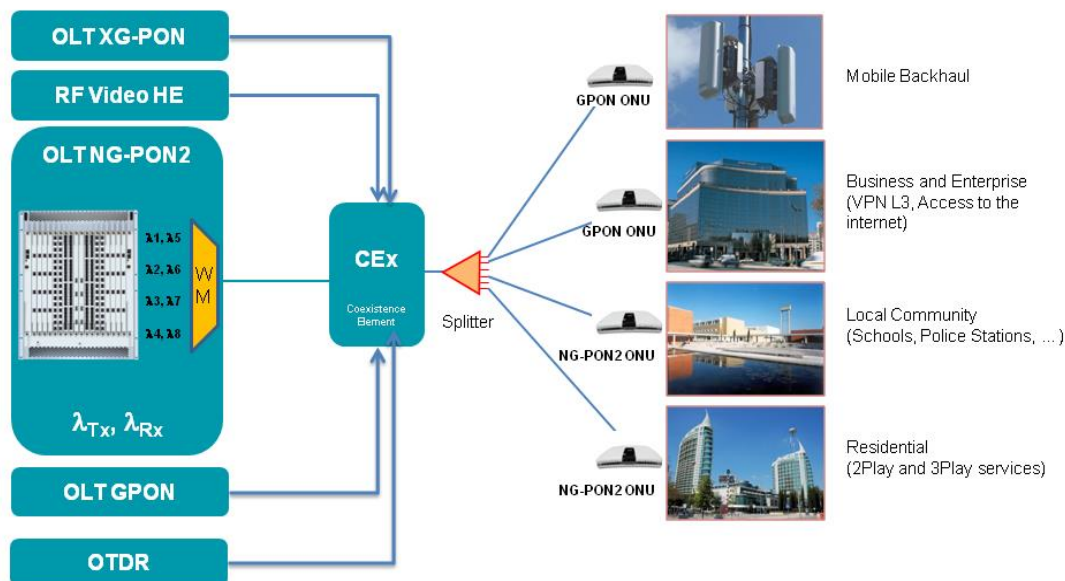
Hjá ITU og FSAN er enn fremur í skoðun NG-PON2, með eftirfarandi eiginleikum:

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 15: Samnýting fyrir mismunandi FTTH-högun og notkun

Samnýting ljósleiðara fyrir mismunandi tæknilega högun getur átt sér stað ef til staðar er passíf eining sem á mynd 15 er nefnd „Coexistence Element“ (CE). 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.

7.1.2 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.

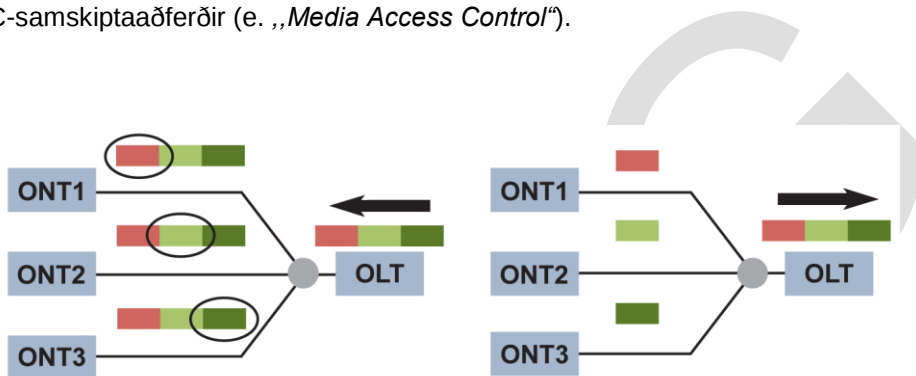
Venjulega eru mikilvægustu hlutir á afhendingarstað tvöfaldir, til aukins rekstraröryggis, t.d. aflgjafar o.fl.

Í upphafi byggingar ljósnets er hægt að setja upp OLT-kort af GPON, XG-PON eða NG-PON2 gerð, allt eftir hentugleikum hverju sinni. Síðari tíma uppfærslur, t.d. vegna nýrra aðferða og búnaðar, er síðan hægt að framkvæma þegar við á.

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.

7.1.3 Stjórnun bandvíddar

Í GPON, EPON, XG-PON og 10G-EPON er bandvídd úthlutað samkvæmt TDM-samskiptaaðferðum (e. „*time division multiplexing*“). Í niðurlagi eru öll gögn send til allra notenda, en þegar gögn berast ákveðnum notanda eru þau síuð m.v. kenni sama notanda. Í upphali úthlutar OLT mismunandi rásum til notanda, hvers fyrir sig. OLT stýrir þannig breytilegri bandvídd og forgangi notenda með því að nota MAC-samskiptaaðferðir (e. „*Media Access Control*“).



Mynd 18: Stjórnun bandvíddar í PON-netum

7.1.4 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 niðurlagsmerki í GPON-netum verði ekki fyrir truflunum.

Taka verður tillit til fleiri atriða hvað varðar stjórnun margra bylgjulengda í sama neti og er slík mál í

7.2 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.

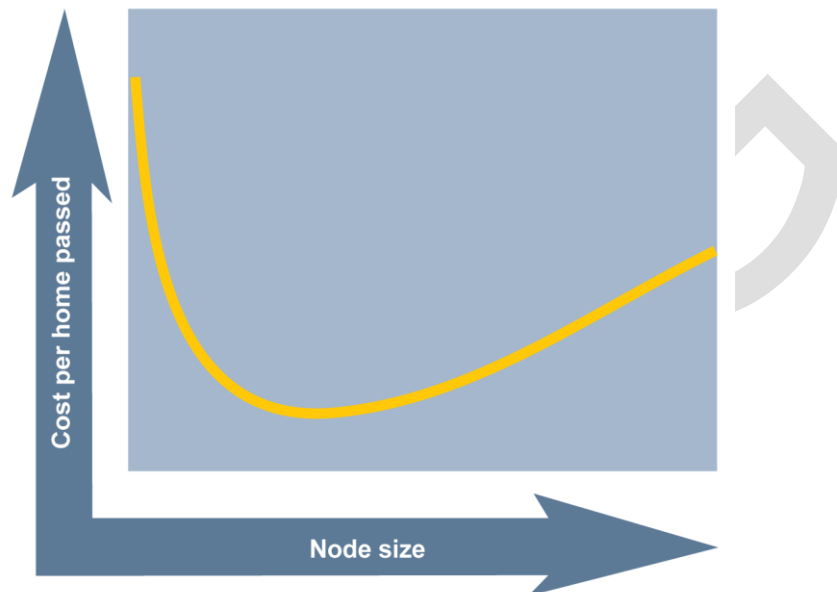
Taka þarf tillit til eftirfarandi atriða strax við hönnun:

- Hagkvæmustu notkunar virks búnaðar þannig að meðalnotkun 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.

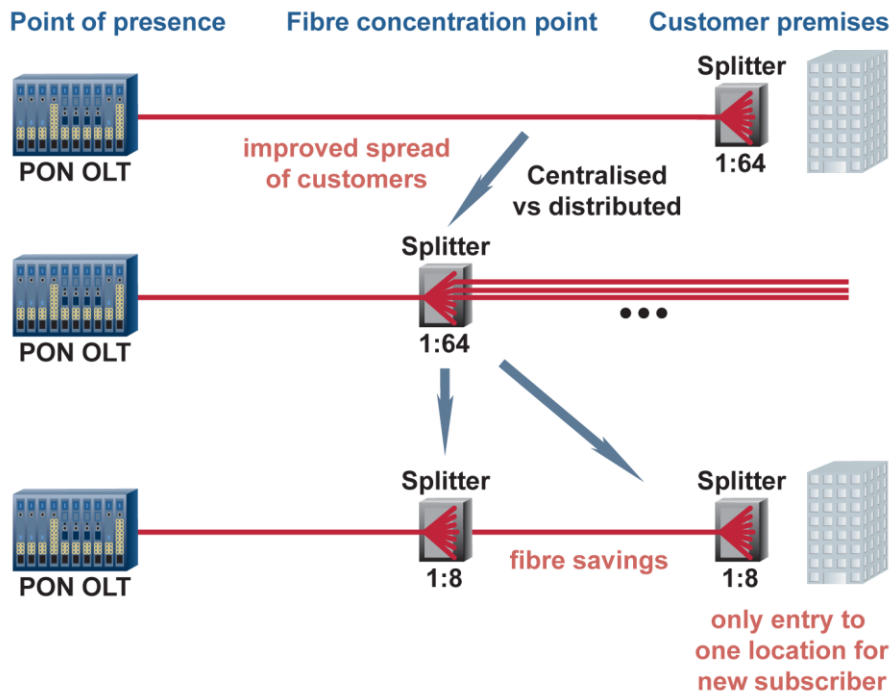
Til þess að nýta að fullu þá jákvæðu eiginleika PON-neta að ljósleiðarar séu jafnan styttri er mikilvægt að gæta vel að staðsetningu deila. Reynslan frá Evrópu segir okkur að í dæmigerðu þéttbýli geti hvert þjónustusvæði náð til 500-2000 heimila, en þessi reynsla þarf þó ekki að gilda fyrir Ísland.

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. Alltaf þarf að bera saman kostnað við fjölda tengiskápa og þörfina á fleiri ljósleiðurum (til notenda) ef tengiskápar eru færðir nær afhendingarstað. Hér skiptir landfræðileg stærð viðkomandi svæðis auðvitað verulegu máli. Á mynd 19 má sjá í grófum dráttum hvernig þessi kostnaður kemur fram sem fall af stærð þjónustusvæðis:



Mynd 19: 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, jafnvel meira. Þetta atriði er einnig mikilvægt 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 20: 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 þeim tilfellum að 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.

7.3 Ethernet P2P

Í Ethernet umhverfinu eru tvær meginaðferðir notaðar. Önnur aðferðin gerir ráð fyrir að sérstakur ljósleiðari (einn eða fleiri) liggi frá afhendingarstað til hvers einstaks notanda, og er þá ein tenging (port) við Ethernet-netskipti á afhendingarstaðnum á hvern notanda. Hin aðferðin 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. Seinni aðferðin er oft notuð þegar um er að ræða FTTB-högun.

7.3.1 Ethernet P2P-lausrir

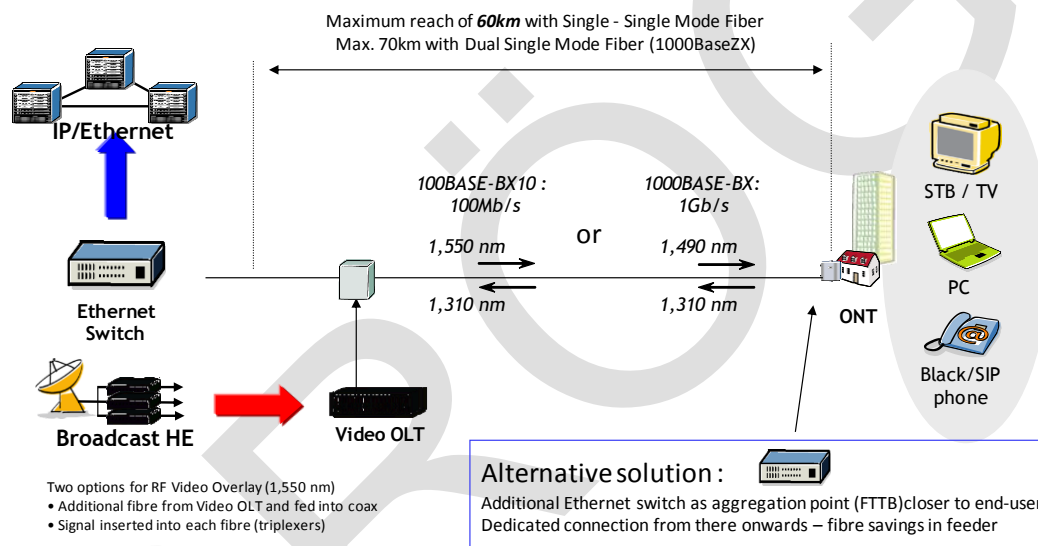
Í hönnunarlegu tilliti kann að líta svo út að fyrirkomulag ljósleiðarastrengja sé svipað fyrir P2P og PON. Svo er þó ekki, því að fjöldi ljósleiðara milli afhendingarstaðar og safnstaðar er jafnan minna þegar PON-högun er notuð.

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 á afhendingarstöðum mjög lítið 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 21: Ethernet-net

7.3.2 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 frávikstílfellum, 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.

7.3.3 Myndflutningur með radíómerki 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:

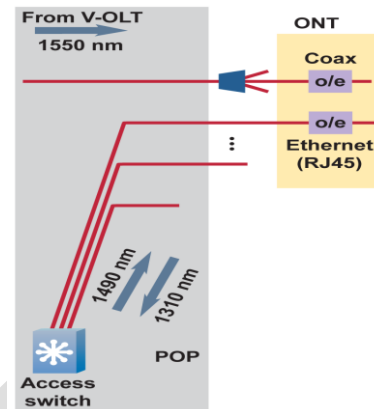
Í fyrsta lagi er hægt að nota sérstakan ljósleiðara til notandans og ljósmerkið á þeim leiðara notað til að flytja RF-merki sem síðan tengist kóax-kerfi í húsnæði notandans. Í þessari lausn þarf fleiri ljósleiðara í stofnstrengjum.

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.

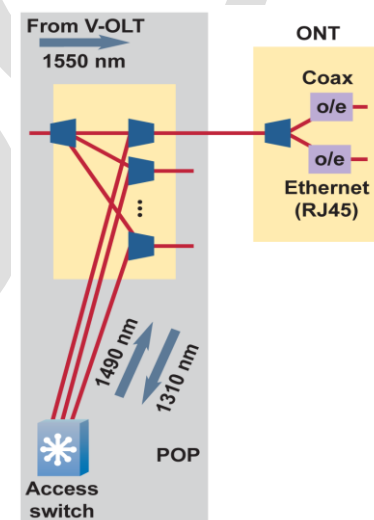
Í endabúnaði notandans er í báðum tilfellum að finna eftirtaldir tvær einingar:

- Breytieiningu 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 (switch) eða beini (router)

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



Mynd 22: RF-video flutt með aukaljósleiðara.

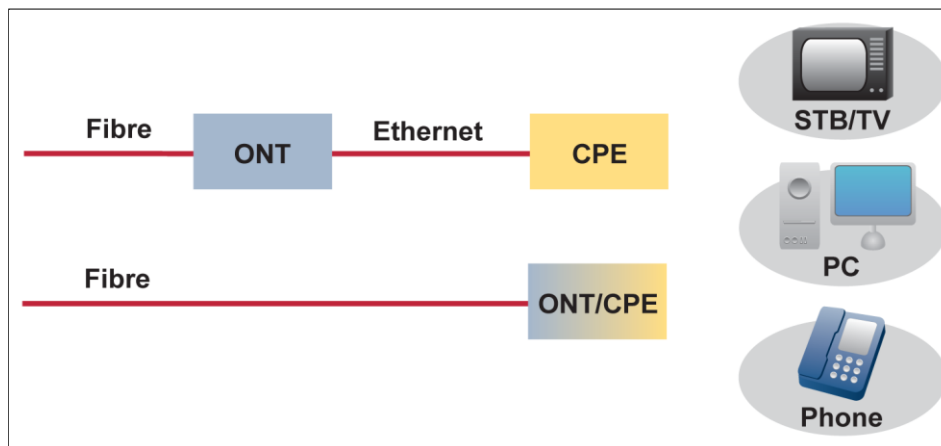


Mynd 23: RF-video í Point-to-Point netum.

7.4 Búnaður notandans

Á fyrri árum nettenginga létu menn sér nægja sambönd um mótöld sem tengdust koparlínur og þættu frekar hægðir í dag. 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 þess virkni í eitt tæki, sem á ensku hefur verið kallað „residential gateway“ (RG), og er í raun hlið notandans út í hina stafrænu veröld.



Mynd 24: 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:

- **Tengiskilin er við endabúnað þjónustuveitanda:** Hér er endabúnaður hjá notanda hluti af vöruframboði þjónustuveitandans og þjónusta er 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.
- **Tengiskilin 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 endbúnaður 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.

7.5 Þróun til næstu framtíðar

7.5.1 Bandvíddar þörf heimila

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

7.5.2 Þróun bandvíddar 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.

DRÖG

8 Viðauki 2: Prófanir, mælingar og bilanaleit

8.1 Tengi á ljósleiðurum

8.1.1 Hreinsun tengja

Við hönnun ljósnetna hefur hönnuður alltaf ákvarðað og miðað við ákveðin mæligildi á ljósmerkjum á ýmsum stöðum í netunum. Eftirfarandi atriði skipa þar mestu máli:

- Sendiafl ljósgjafa, hiti og öldrun
- Tengingar ljósleiðara – gæði tengja og suða (e. „splicing“)
- Ljósleiðarastrengur – tap í strengjum, áhrif hita
- Næmni móttakara ljósmerkis
- Önnur atriði, t.d. fjöldi viðgerða og aukageta (e. „margin“) sem ákveðin var í upphafi

Ef eitthvað af þessum atriðum er utan skilgreindra marka hefur það áhrif á almenn gæði viðkomandi nets, og getur haft þær afleiðingar að rof og aðrar bilanir verði. Einn mikilvægasti þátturinn er rétt meðferð samtengja.

Óhrein tengi eru algengasta orsök truflunar á ljósmerkjum og ætti því alltaf að hefja bilunarleit með skoðun á tengjum.

Örlítill ögn af óhreinindum sem sest á tengi getur valdið verulegri deyfingu og truflun á ljósmerki. Sjónskoðun er í raun besta leiðin til þess að staðfesta að tengi séu hrein.

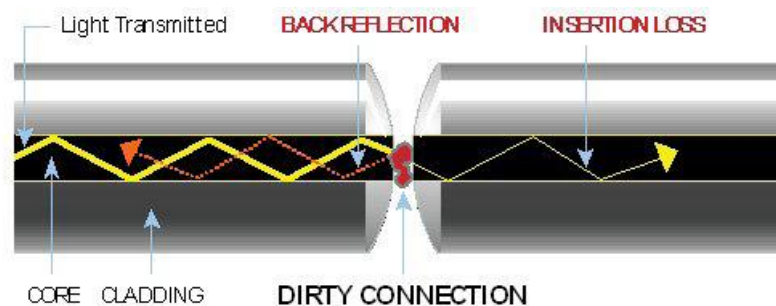
Sé fylgt einföldum en markvissum aðferðum við skoðun og hreinsun tengja, má forðast truflanir og bilanir sem geta annars orðið.

Stundum eru óhreinindi svo lítil að erfitt er að greina þau án þess að nota sérstök tæki til þess. Slík tæki eru til og ætti að nota ef einhver grunur er um að óhreinindi séu til staðar.

8.1.2 Hver eru helstu óhreinindir?

Mikilvægt er að tryggja hreinlæti á tengjum, þrátt fyrir að hönnun og framleiðsla hvers konar samtengja fyrir ljósleiðara hafi tekið miklum framförum á síðari árum.

Óhreinindi eru alls staðar í umhverfinu, þannig getur rykkorn sem er 2–15 μm að þvermáli valdið verulegum truflunum á ljósmerki.



Mynd 25: Óhreinindi geta valdið deyfingu og endurspeglun á tengi eða samsetningu.

8.1.3 Hvaða hluti þarf að skoða og hreinsa?

Eftirfarandi hluti ætti alltaf að skoða vel og hreinsa ef þörf er á:

- Tengingar í skápum (e., „patch panels“)
- Mælisnúrur
- Endatengi sem sett eru á ljósleiðara

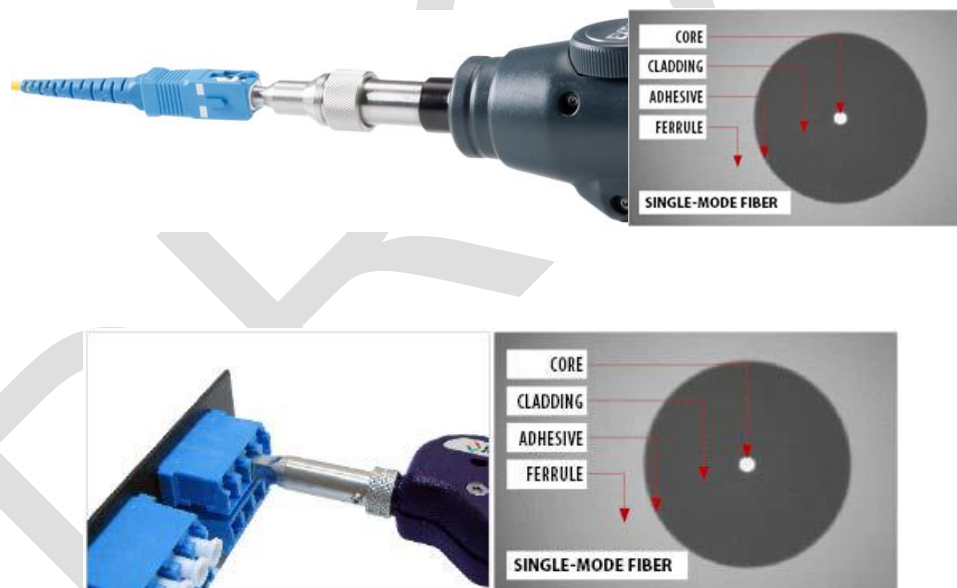
8.1.4 Hvenær þarf að skoða og hreinsa?

Sjónskoðun tengja ætti að gera til þess að koma í veg fyrir tímafreka og kostnaðarsama bilanaleit síðar. Þetta þarf að gera:

- Eftir uppsetningu búnaðar
- Áður en prófað er
- Áður en endanleg tenging fer fram

8.1.5 Tæki til skoðunar tengja

Hægt er að skoða enda ljósleiðara með tveimur aðferðum. Ef endinn er laus og aðgengilegur er hægt að skoða hann í til þess gerðri smásjá, en ef endinn er í tengi eða tengiskáp er hægt að nota sérstakt tæki sem þrýst er inn í tengið eða móttengið í tengiskápnum (sjá myndir hér að neðan).



Mynd 26: Tæki til skoðunar á ljósleiðara.

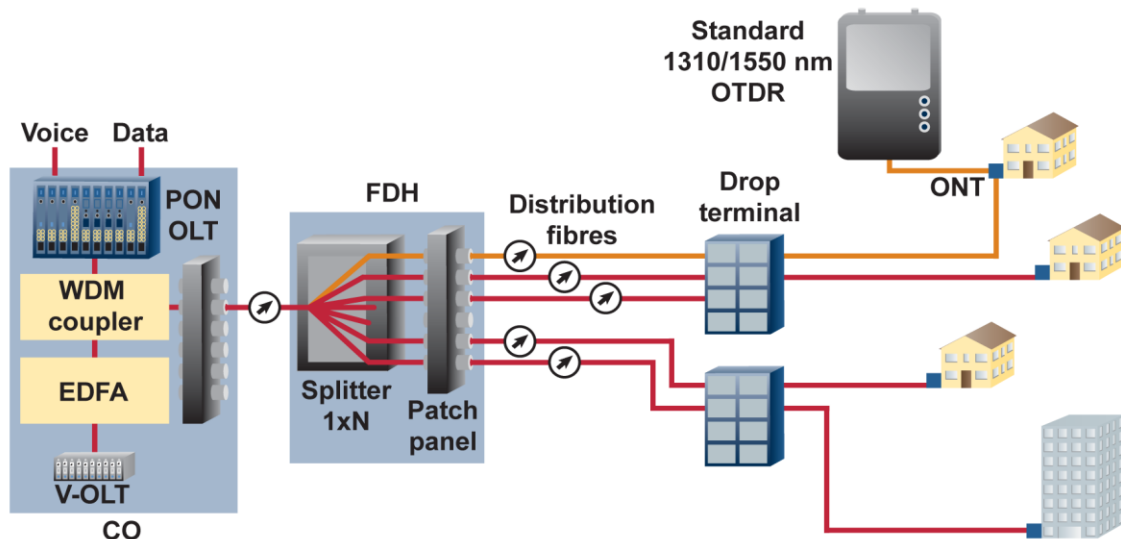
8.2 Prófanir við lagningu og byggingu FTTH-neta

Þegar ljósleiðari hefur verið lagður og tengja þarf hann við annan ljósleiðara, annað hvort með tengjum eða suðu, er mikilvægt að mæla gæði viðkomandi tenginga með til þess gerðum mælitækjum (e. „Optical Time Domain Reflectometer“ (OTDR)).

Í heildarprófun á neti, t.d. áður en að það er afhent til notkunar, er jafnframt mikilvægt að mæla og prófa hvern hluta þess á sama hátt. Hérlandis hefur það tíðkast að sá aðili, t.d. verktaki, sem framkvæmir suður og setur endatengi á ljósleiðara, mælir einnig hvern ljósleiðara og skilar skýrslu um þær mælingar til eiganda netsins. Niðurstöður þessara mælinga ætti að skrá í endanleg („as-built“) gögn netsins.

Kunnátta og þekking þeirra einstaklinga sem tengja saman ljósleiðara er afar mikilvæg. Mjög kostnaðarsamt getur verið að þurfa að endurgera tengingar vegna lélegra vinnubragða sem valda deyfingu og öðrum truflunum.

8.2.1 Mælingar með OTDR



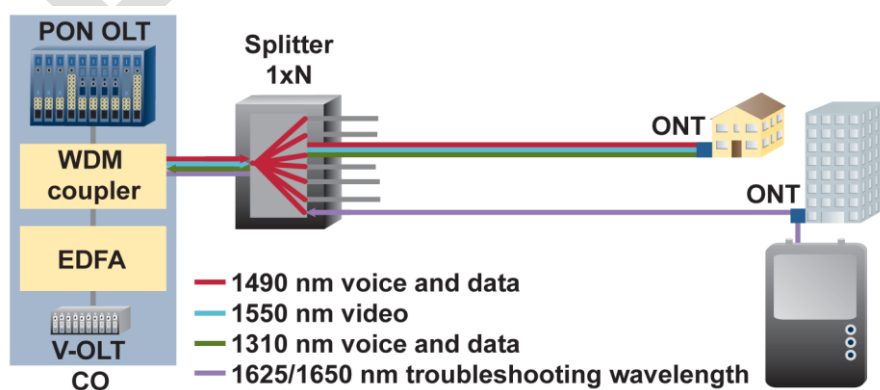
Mynd 27: Mælingar með OTDR

Myndin hér að ofan sýnir dæmigerðar mælingar með OTDR, en slíkt mælitæki sýnir gæði á suðum, tap í tengjum, speglun, og einnig sýnir OTDR-mæling heildartap viðkomandi ljósleiðara.

8.2.2 Bilanaleit

Bilanaleit í FTTH-netum er yfirleitt hægt að framkvæma með aflmæli fyrir ljósmerki og/eða með OTDR.

Í PON-neti þarf að nota PON-aflmæli sem sýnir merki í báðar áttir, þ.e. til og frá notanda. OTDR sem staðsettur er hjá notanda sýnir rof á ljósleiðaranum, gallaðar suður og tengingar.



Mynd 28: Bilanaleit í PON-net

9 Viðauki 3: FTTH staðlar og orðskýringar

9.1 Almennt

Í fjarskiptaheiminum er til mikill fjöldi skammstafana, sem sumar eru almennt viðurkenndar og aðrar hafa átt uppruna sinn í ýmsum fyrirtækjum og stofnunum. Á vegum IEC hefur verið tekinn saman heildarlisti yfir þessar skammstafanir og þýðingu þeirra, þannig að aðilar noti sömu staðla og skilgreiningar.

Notkun staðla er afar mikilvæg, og ætti að tryggja að hönnuðir og aðrir noti réttar lausnir, vörur og annað sem tryggir best gæði neta.

9.2 Listi yfir helstu staðla

Taflan hér að neðan sýnir lista yfir ýmsa fjarskiptastaðla sem á einn eða annan hátt geta skipt máli við hönnun FTTH-neta. Staðlar þessi eru endurskoðaðir reglulega af viðkomandi útgefendum og geta tekið breytingum og nýir staðlar orðið til um svipað efni.

Source	Title	Number	Int/Reg
IEC	<i>Cable Networks for television signals, sound signals and interactive services</i>	IEC 60728	Int
IEC	<i>Optical fibres – Part 1: Generic Specifications - Measurement methods and test procedures</i>	IEC 60793-1	Int
IEC	<i>Optical fibres – Part 2: Product specifications</i>	IEC 60793-2	Int
IEC	<i>Optical fibre cables - Part 1: Generic specifications - Basic optical cable test procedures</i>	IEC 60794-1	Int
IEC	<i>Optical fibre cables – Part 2: Indoor fibre cables</i>	IEC 60794-2	Int
IEC	<i>Optical fibre cables – Part 3: Outdoor cables</i>	IEC 60794-3	Int
IEC	<i>Optical fibre cables – Part 4: Aerial optical cables along electrical power lines</i>	IEC 60794-4	Int
IEC	<i>Optical fibre cables – Part 5: Sectional specifications – Micro-duct cabling for installation by blowing</i>	IEC 60794-5	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components - Connectors for optical fibres and cables</i>	IEC 60874	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components - Non-wavelength-selective fibre optic branching devices</i>	IEC 60875	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Mechanical splices and fusion splice protectors for optical fibres and cables</i>	IEC 61073	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components - Adaptors for fibre optic connectors</i>	IEC 61274	Int
IEC	<i>Fibre optic communication subsystem basic test procedures</i>	IEC 61280	Int
IEC	<i>Optical amplifiers - Test methods</i>	IEC 61290	Int
IEC	<i>Optical amplifiers</i>	IEC 61291	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components –Test and measurement procedures</i>	IEC 61300	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic fan-outs</i>	IEC 61314	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components -</i>	IEC 61753	Int

	<i>Performance standard</i>		
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components - Fibre optic connector interfaces</i>	IEC 61754	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components - Fibre optic connector optical interfaces</i>	IEC 61755	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Interface standards for fibre management systems</i>	IEC 61756	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Interface standards for closures</i>	IEC 61758	Int
IEC	<i>Fibre optic - Terminology</i>	IEC 61931	Int
IEC	<i>Guidance for combining different single-mode fibre types</i>	IEC 62000 TR	Int
IEC	<i>Reliability of fibre optic interconnecting devices and passive optical components</i>	IEC 62005	Int
IEC	<i>Semiconductor optoelectronic devices for fibre optic system applications</i>	IEC 62007	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic WDM devices</i>	IEC 62074	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic closures</i>	IEC 62134	Int
IEC	<i>Fibre optic active components and devices – Package and interface standards</i>	IEC 62148	Int
IEC	<i>Fibre optic active components and devices – Performance standards</i>	IEC 62149	Int
IEC	<i>Fibre optic active components and devices –Test and measurement procedures</i>	IEC 62150	Int
IEC	<i>Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 01: Fibre optic connector cleaning methods</i>	IEC 62627-01 TR	Int
ISO/IEC	<i>Information technology – Generic cabling systems</i>	ISO/IEC 11801	Int
ISO/IEC	<i>Information technology - Implementation and operation of customer premises cabling</i>	ISO/IEC 14763	Int
ITU-T	<i>Characteristics and test methods of optical fibres and cables</i>	G.65x series	Int
ITU-T	<i>Transmission characteristics of optical components and subsystems</i>	G.671	Int
ITU-T	<i>Construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant</i>	L. xy series	Int
ANSI	<i>Commercial building telecommunications pathways and spaces</i>	ANSI/TIA/EIA 569-B	Reg
ANSI	<i>Residential telecommunications infrastructure standard</i>	ANSI/TIA/EIA 570	Reg
ANSI	<i>Administration standard for commercial telecommunications infrastructure</i>	ANSI/TIA/EIA 606-A	Reg
ANSI	<i>Commercial building grounding and bonding requirements for telecommunications</i>	ANSI/TIA/EIA 607	Reg
ANSI	<i>Customer-owned outside plant telecommunications infrastructure standard</i>	ANSI/TIA/EIA 758_A	Reg
ANSI	<i>Customer-owned outside plant telecommunications infrastructure standard</i>	ANSI/TIA/EIA 758-A	Reg
ANSI	<i>Building automation systems cabling standard for commercial buildings</i>	ANSI/TIA/EIA 862	Reg

CENELEC	<i>Family specification – Optical fibre cables for indoor applications</i>	EN 187103	Reg
CENELEC	<i>Single mode optical cable (duct/direct buried installation)</i>	EN 187105	Reg
CENELEC	<i>Sectional specifications: Optical cables to be used along electrical power lines (OCEPL)</i>	EN 187200	Reg
CENELEC	<i>Generic specifications: Optical fibres</i>	EN 188000	Reg
CENELEC	<i>Information technology – Generic cabling systems</i>	EN 50173	Reg
CENELEC	<i>Information technology – Cabling Installation</i>	EN 50174	Reg
CENELEC	<i>Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment</i>	EN 50310	Reg
CENELEC	<i>Information technology – Cabling installation – Testing of installed cabling</i>	EN 50346	Reg
CENELEC	<i>Connector sets and interconnect components to be used in optical fibre communication systems - Product specifications</i>	EN 50377	Reg
CENELEC	<i>Fibre organisers and closures to be used in optical fibre communication systems – Product specifications</i>	EN 50411	Reg
CENELEC	<i>Simplex and duplex cables to be used for cords</i>	EN 50551	Reg
CENELEC	<i>Optical fibres - Measurement methods and test procedures</i>	EN 60793-1	Reg
CENELEC	<i>Optical fibres - Product specifications</i>	EN 60793-2	Reg
CENELEC	<i>Optical fibre cables</i>	EN 60794	Reg
CENELEC	<i>Generic cabling systems – Specification for the testing of balanced communication cabling</i>	EN 61935	Reg

9.3 Skammstafanir/orðskýringar

Hér að neðan er að finna skýringar á ýmsum þeirra fjölmörgu skammstafana sem notaðar eru í fjarskiptaheiminum.

ADSS	All-Dielectric Self-Supporting
AN.....	Access Node
APC	Angle-Polished Connector
ATM.....	Asynchronous Transfer Mode
APON	Asynchronous Transfer Mode PON
BEP	Building Entry Point
Bit	Binary Digit
Bit rate	Binary Digit Rate
BPON	Broadband Passive Optical Network
Bps.....	Bit Per Second
CATV	Cable Television
CPE	Customer Premises Equipment
CRM.....	Customer Relation Management
CTB	Customer Termination Box
CO.....	Central Office
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing
DBA.....	Dynamic Bandwidth Allocation
DN.....	Distribution Node
DOCSICS.....	Data over Cable Service Interface Specification
DP	Distribution Point
DSL.....	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DWDM.....	Dense Wavelength Division Multiplexing
EFM	Ethernet in the First Mile (IEEE 802.3ah)
EMS	Element Management System
EP2P.....	Ethernet over P2P (IEEE 802.3ah)
EPON	Ethernet Passive Optical Network
FCCN	Fibre Cross Connect Node
FBT	Fused Biconic Tapered
FCP.....	Fibre Concentration Point
FDB	Fibre Distribution Box
FDF.....	Fibre Distribution Field
FDH	Fibre Distribution Hub (another term for FCP)
FITH	Fibre In The Home
FTTB.....	Fibre To The Building
FTTC	Fibre To The Curb
FTTH	Fibre To The Home
FTTN	Fibre To The Node
FTTO	Fibre To The Office
FTTP.....	Fibre To The Premises
FTTx	Generic term for all of the fibre-to-the-x above
FWA.....	Fixed Wireless Access
Gbps	Gigabits per second
GIS	Geographic Information System
GPON.....	Gigabit Passive Optical Network
HC.....	Home Connected
HDPE	High-Density PolyEthylene
HFC.....	Hybrid Fiber Coax
HP	Homes Passed
IDP	Indoor Distribution Point

IEEEInstitute for Electrical and Electronics Engineers
 IL.....Insertion loss
 IMPIndoor Manipulation Point
 IECInternational Electrotechnical Commission
 IPIngress Protection (also intellectual property)
 ISOInternational Organization for Standardization
 ISPInternet Service Provider
 ITU-TInternational Telecommunication Unit – Telecommunications Standards
 LANLocal Area Network
 LI.....Local interface
 LMDSLocal Multipoint Distribution Service
 LSZH.....low smoke, zero halogen
 MbpsMegabits per second
 MDUMulti-Dwelling Units
 MEMS.....Micro Electro Mechanical Switch
 MMDSMultichannel Multipoint Distribution Service
 MMFMultiMode Fibre
 MNMain Node
 NGANext Generation Access Network
 NGN.....Next Generation Network
 NMS.....Network Management System
 NTUNetwork Termination Unit
 ODFOptical Distribution Frame
 ODPOptical Distribution Point
 ODR.....Optical Distribution Rack
 OE.....Optical Ethernet
 OLA.....Operational Level Agreement
 OLTOptical Line Termination
 OLTSOptical Loss Test Set
 OMPOptical Manipulation point
 ONTOptical Network Termination
 ONU.....Optical Network Unit
 OPGW.....Optical Power Ground Wire
 OTDROptical Time-Domain Reflectometer
 OTOOptical Telecommunication Outlet
 P2MP.....Point-To-Multi-Point
 P2P / PtP.....Point-To-Point (communication, configuration or connection)
 PCPhysical Contact or Polished Connector
 PEPolyEthylene
 PONPassive Optical Network
 POP.....Point Of Presence
 PVC.....PolyVinylChloride
 RU.....Rack Unit
 RLReturn Loss
 ROWRight Of Way
 S/NSignal-to-Noise ratio
 SDSL.....Symmetric Digital Subscriber Line
 SFUSingle Family Unit
 SLA.....Service Level Agreement
 SMFSingle Mode Fibre
 STPShielded Twisted Pair
 STUSingle-Tenant Units
 UPC.....Ultra Polished Connector
 UPS.....Uninterruptible Power Supply

UTPUnshielded Twisted Pair
TDMA.....Time Division Multiplex Access
VDSLVery high bit rate Digital Subscriber Line
VODVideo on Demand
WDMWavelength Division Multiplexing
WiMAXWorldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN.....Wireless LAN
WFM.....Workforce Management
WANWide Area Network
WMS.....Workforce Management System

DROGG