

Ljósleiðari í 50 ár

Ráðstefna Ský 15.3. 2023

Sæmundur E. Þorsteinsson

Yfirlit

- Fjarskipti í 150 ár
 - Strengir yfir Atlantshafið
 - Síminn 1906
- Ljósleiðari í 50 ár
 - Tæknileg þróun
 - Deyfing, burðargeta, bylgjulengdir
 - Nýting ljósleiðarans
 - Bithraði skiptir öllu máli → Bitahraði skiptir engu máli
 - Ljósleiðaranotkun á Íslandi
 - Fyrstu samböndin 1985
 - Ljósleiðarahringurinn
 - PMD og fasamótun ljóss
 - CANTAT 3
 - Breiðbandið
 - Ljósleiðaranet OR
 - DSL tæknin
- Lokaorð



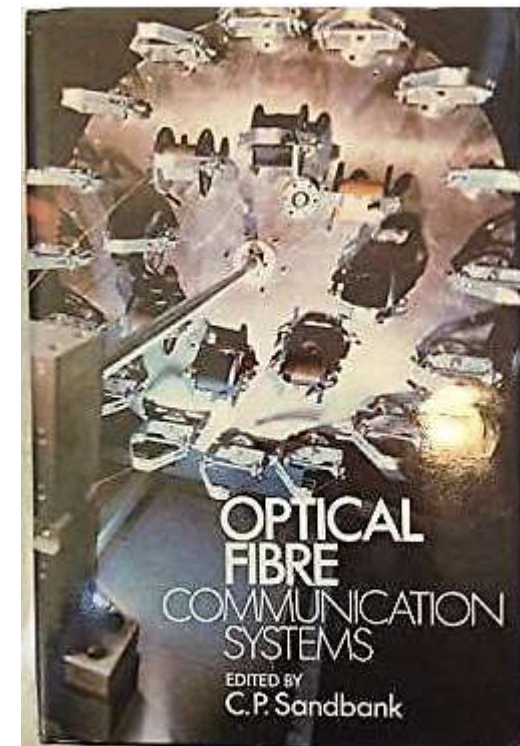
Fjarskipti í rúmlega 150 ár

- Strengir yfir Atlantshafið, allt saman ritsími
 - Ritsími = Morse yfir streng (telegrafi)
 - 1866 tókst að leggja streng yfir Atlantshafið. Fyrstu tilraunir voru 1856 en verkefnið reyndist afar erfitt.
 - Til er mjög heillandi lýsing á þessu eftir austurríska rithöfundinn Stefan Zweig
 - Bókin heitir Sternstunden der Menschheit
 - 1870 var kominn strengur London-Teheran-Kalkútta
 - 1880 var komið net um alla jörðina, um 2 milljónir km
 - 1906 er lagður strengur frá Færeyjum til Seyðisfjarðar. Hann lá áfram til Hjaltlands, Skotlands, London, Kaupmannahafnar
 - Fjarskiptahraði 70 orð/mínútu, um 30 b/s
 - Jafnframt var lögð loftlína frá Seyðisfirði til Reykjavíkur
 - Hægt að tala yfir hana og senda morse
 - 1956 var fyrsti símasæstrengurinn lagður yfir Atlantshafið, sem gat borið tal



Ljósleiðarar

- Undirritaður sótti námskeið í ljósleiðarataækni hjá Próf. Sæmundi Óskarssyni 1981 eða 1982
 - Stuðst við bókina Optical Fibre Communication Systems eftir C. P. Sandbank sem kom út 1980
- Þar kemur fram:
 - Fyrstu tilraunir hjá Standard Telecommunication Laboratories með að senda ljós um ljósbylgjuleiðara fóru fram árið 1964
 - Þegar menn urðu þess áskynja hve lítið pláss ljósleiðarar þurfa í samanburði við hefðbundna koparstrengi vaknaði áhuginn verulega
- Fyrsta fjarskiptakerfið með ljósleiðurum var þróað hjá rannsóknarstofum Telefunken í Þýskalandi, fyrsta einkaleyfið fékk Dr. Manfred Börner
- Árið 1968 notaði NASA ljósleiðarataækni í sjónvarpsmyndavélum sem voru sendar til tunglsins



Ljósleiðarar

- Charles K. Kao og George A Hockham hjá hinu breska Standard Telephone and Cables (STC) gerðu sér grein fyrir því að deyfing í ljósleiðurum stafaði af óhreinindum í efninu frekar en eðlisfræðilegum fyrirbærum eins og tvístrun (e. scattering)
 - Þeir fundu út að rétta efnið í ljósleiðara væri kísil gler (silica glass)
 - Fyrir þetta fékk Kao Nóbelsverðlaunin árið 2009
- 1970 tókst að búa til ljósleiðara með deyfingu 20 dB/km
 - Robert D. Maurer, Donald Keck og Peter C. Schultz hjá Corning Glass Works
 - Næst komu þeir með ljósleiðara sem hafði 17 dB/km deyfingu með því að íblanda (e. dópa) kísil gler með titanium
 - Fáum árum síðar tókst þeim að búa til ljósleiðara með 4 dB/km deyfingu



Ljósleiðarar

- Deyfing eins og hún er sýnd í bókinni eftir Sandbank
- Upphaflega voru ekki til hálfleiðarar sem gátu nýtt bylgjulengdir stærri en 1000 nm

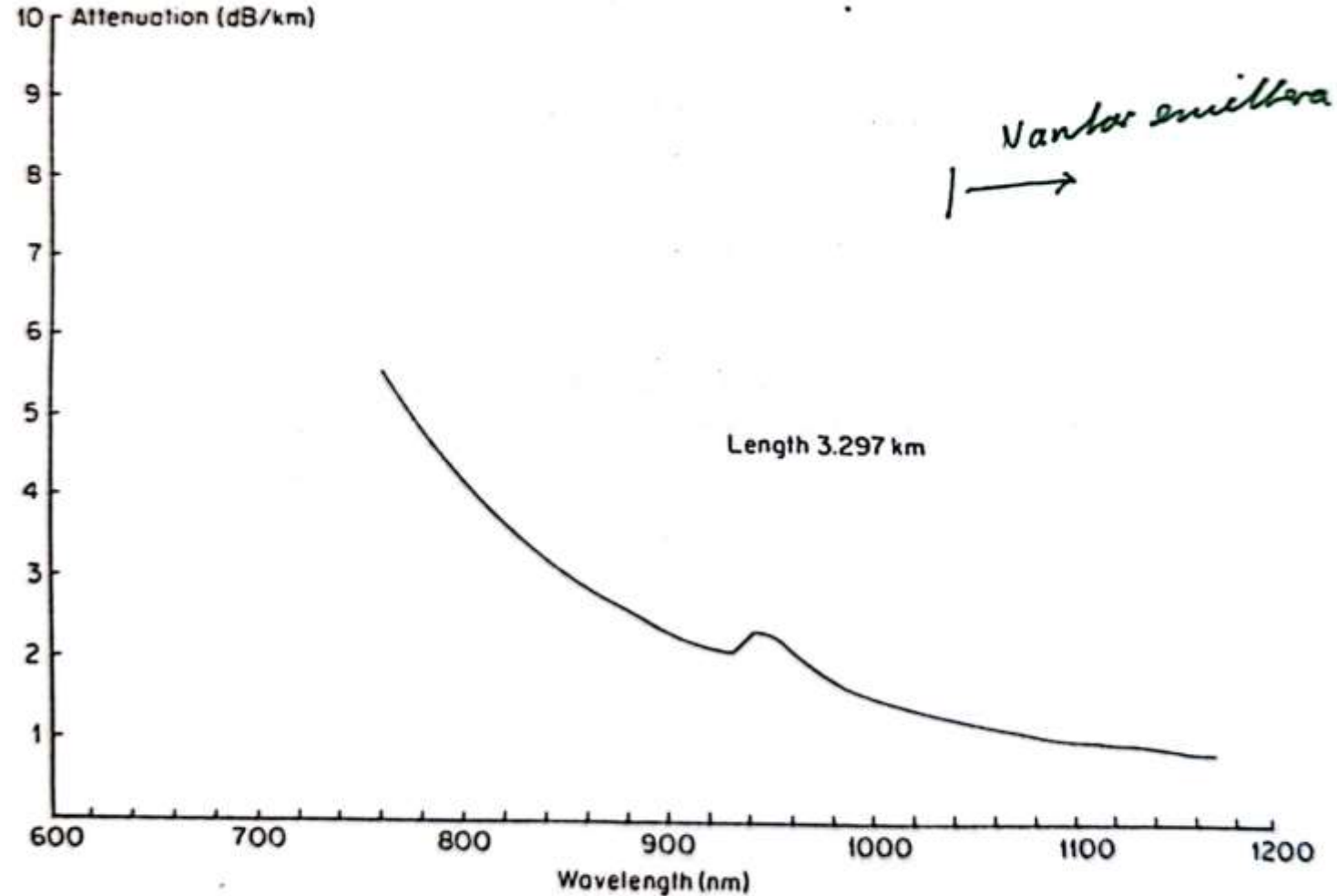
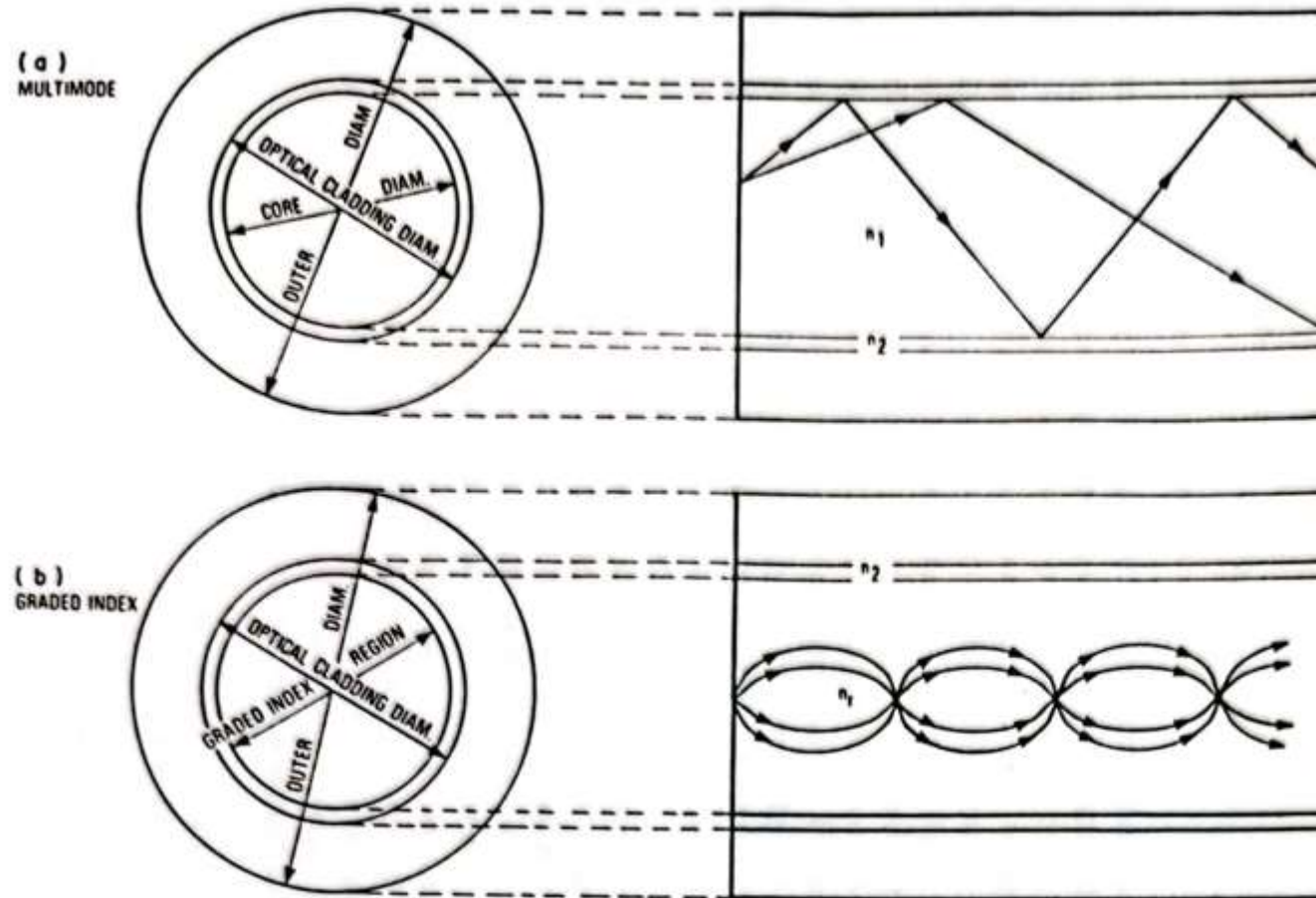


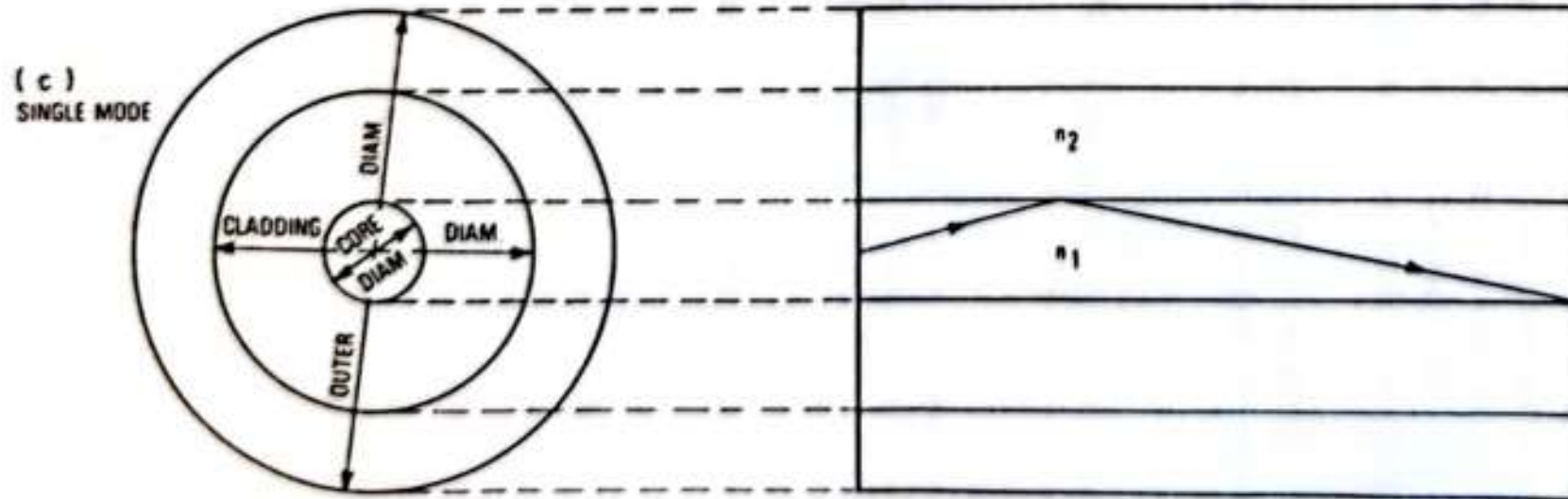
Figure 38. Loss curve of graded index fibre

Útbreiðsluhættir

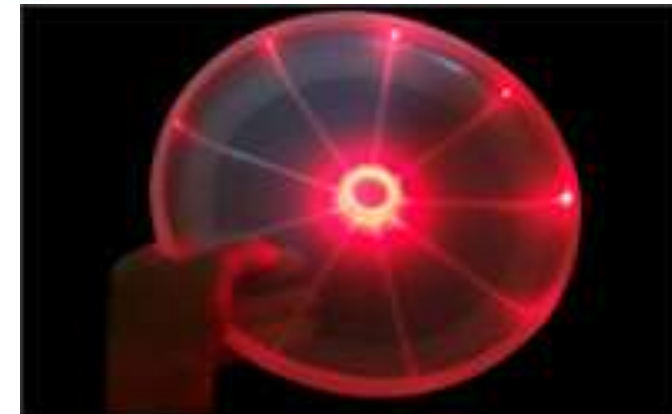


- Margháttu ljósleiðari (e. multimode)
 - Púlsdreifing mikil (e. dispersion), lítil bandbreidd
 - Ljosið berst um leiðarann eftir mörgum leiðum

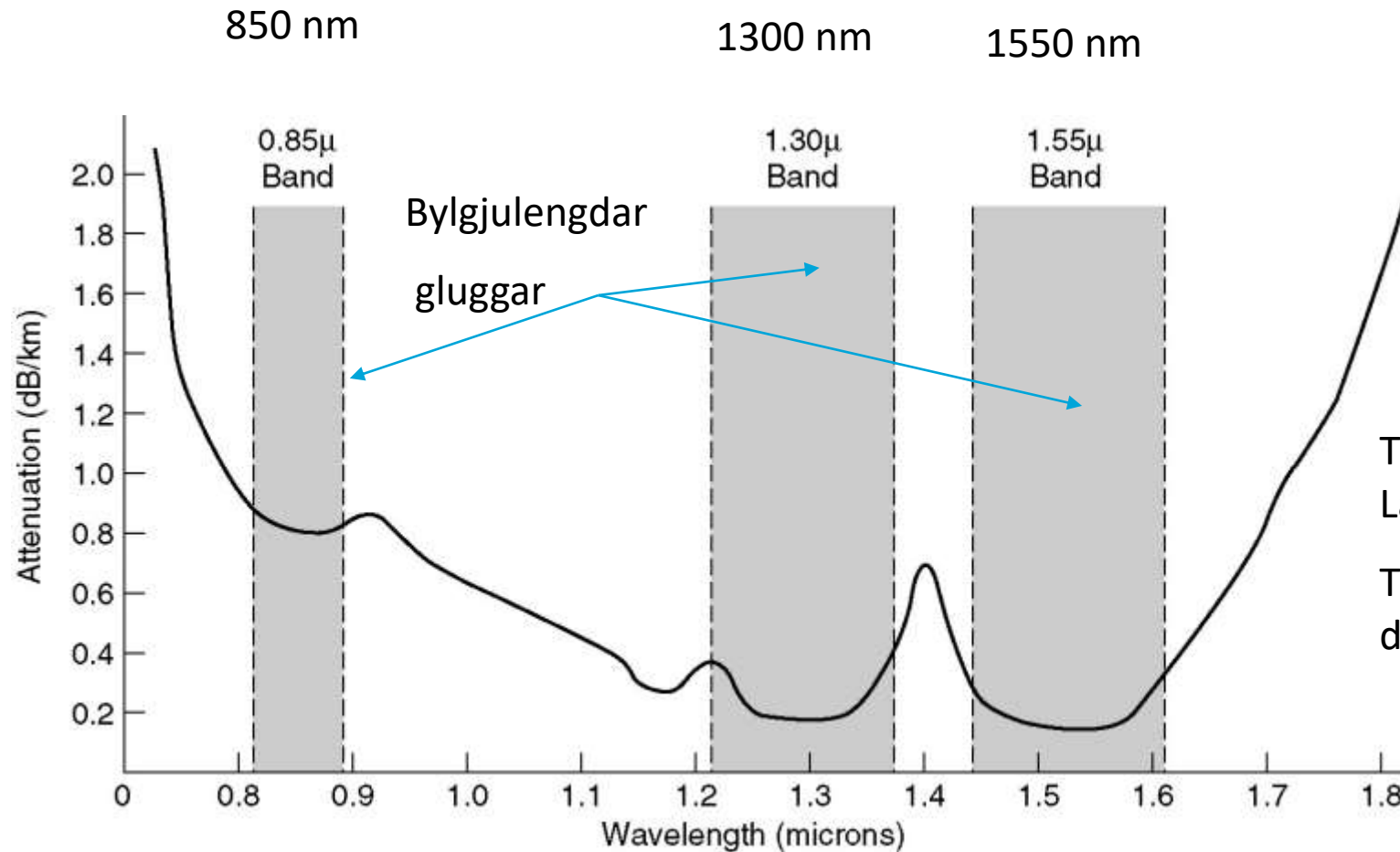
Útbreiðsluhættir



- Eins háttar ljósleiðari (e. single mode)
 - Afar grannur, ljósið getur aðeins borist undir einum hætti
 - Púlsdreifing engin, gríðarleg bandbreidd
 - Ljóshraði í ljósleiðara 0,66 C, í TP 0,8 C, í radíói 1 C



Ljósdeyving í ljósleiðara á innrauða sviðinu



Til sendingar eru notaðar LED eða Laser

Til viðtöku er notaðar ljósnæmar díóður (photodiodes)

Fræðileg bandbreidd ljósleiðara

- Ljóshraði, bylgjulengd og tíðni eru tengd með:

$$C = \lambda f \qquad C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- Skv. reglu Shannons er upplýsingamagnið sem hægt er að flytja yfir tiltekna fjaskiptarás í réttu hlutfalli við bandbreiddina W :

$$Cap = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P}{N} \right)$$

- Dæmigert er að hægt sé að flytja 1 b/s/Hz og til 8 b/s/Hz, fer eftir merkis-suðs hlutfallinu

$$f = \frac{C}{\lambda}$$

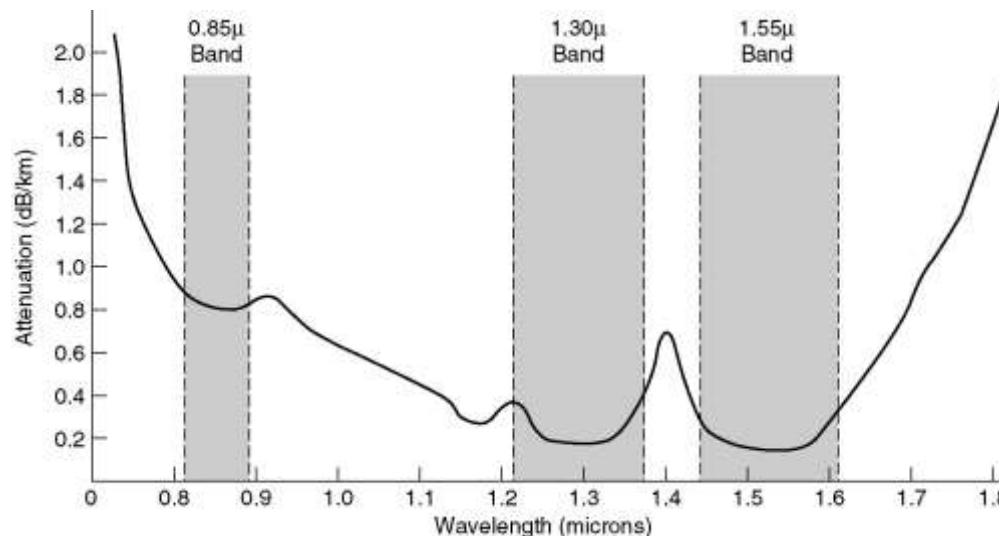
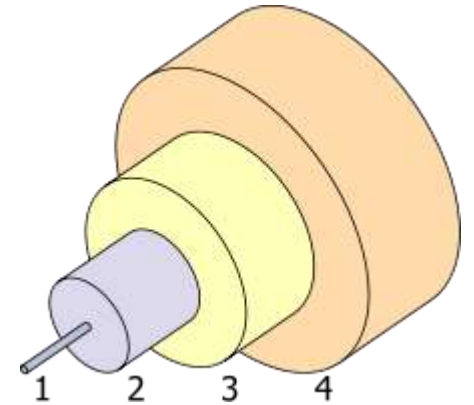
$$\frac{df}{d\lambda} = \frac{-C}{\lambda^2}$$

Fræðileg bandbreidd ljósleiðara

- Leyfum okkur að fara úr diffurkvótum í endanlegan mismun:

$$\Delta f = -C \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2}$$

- Δf er bandbreiddin sem hægt er að nýta til merkjaflutnings og $\Delta \lambda$ er bylgjulengdarsviðið sem hægt er að nýta á ljósleiðaranum



The structure of a typical single-mode fiber.

1. Core: 8 µm diameter
2. Cladding: 125 µm dia.
3. Buffer: 250 µm dia.
4. Jacket: 400 µm dia.

Fræðileg bandbreidd ljósleiðara

- Það er deyfingargluggar kringum 850 nm (notaður í árdaga) en sérstaklega kringum 1300 nm og 1550 nm. Glugginn kringum 1550 nm nær u.þ.b. frá 1440 nm upp í 1610 nm og því eru um 170 nm sem nýta má til fjarskipta, þ.e.

$$\Delta\lambda = 170 \text{ nm}$$

Þá er

$$\Delta f = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 170 \text{ nm}}{(1550 \text{ nm})^2} = 2 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$$

- Ef merkis-suðs hlutfallið leyfir t.d. 8 b/s/Hz verður bitahraðinn 8 föld bandviddin

$$R = 1,7 \cdot 10^{14} \frac{\text{b}}{\text{s}} = 1600 \frac{\text{Tb}}{\text{s}}$$

- Það væri hægt að flytja 100 milljónir 4K sjónvarpsrása um einn ljósleiðaraþráð

Saga ljósleiðarataækninnar á Íslandi

- Póstur og sími lagði fyrsta ljósleiðarann milli Múlastöðvar og Landssímahúss við Austurvöll árið 1985
- Ljósleiðarahringurinn umhverfis landið kom 1992
- CANTAT-3 sæstrengurinn kom 1994
 - Ísland fékk þá góða tengingu við internetið
 - Byrjað var á Breiðbandinu (FTTC, Fibre to the Curb) neti 1994
- 1999 byrjaði ADSL þjónusta á Íslandi sem er FTTO (Fibre to the Office) net
 - Sítinging internetsins hefst
- 2005 tilkynnir OR um ljósvæðingu Reykjavíkur og nágrennis, FTTH
- 2013 er útboð á tíðnum fyrir 4G þjónustu
 - 4G og 5G má kalla ljósnet með þráðlausum seinasta spotta
- 2016 hefst verkefnið Ísland ljóstengt

Ísland ljóstengt



- Markmiðið var að gefa öllum lögheimilum og vinnustöðum í dreifbýli kost á ljóstengingu
 - Sveitabæir, kirkjur, veiðihús
 - Varlega áætlað þáðu um 90% allra aðila tengingu
 - Nokkurn veginn allir sveitabæir með atvinnustarfsemi þáðu tengingu
 - Leysir í raun úr öllum fjarskiptaþörfum í sveitum
 - Hægt er að veita t.d. 4G/5G tengingar með femtó sellum
 - Líklega einstakt í heiminum

Lokaorð

- Ljósleiðarinn
 - Hefur breytt öllu í umhverfi fjarskipta
 - Ljósleiðari er megin burðarmiðill í öllum fjarskiptakerfum nútímans (nema BAN, PAN, LAN)
 - Þar á meðal í farsíma
 - Fólk veit ekki hvaða bitahraða það nýtur – Nóg er til
 - Á Íslandi er ljósleiðari kominn til allra sem vilja
 - Líka í þéttbýlisstöðum úti á landi þar sem VDSL er seinasta spölinn
 - Ísland ljóstengt
 - Ef til vill er ljósleiðarinn eitt fullkomnasta fyrirbæri sem mannsandinn hefur getið af sér
 - Flutningsgetan er gríðarleg
 - Léttur, meðfærilegur, tekur lítið pláss, langdrægni er tugir km vegna lítillar deyfingar
 - Kostnaður við ljósleiðarastrengi er hverfandi m.v. heildarkostnað framkvæmda
 - Búinn til úr efni sem enginn skortur er á