

XWDM VA DWDM TIZIMLARIDA OPTIK SIGNAL YO'QOTISHLARINI TAHLIL QILISH

¹Qo'ziyev Shahzod Ulug'bek o'g'li

**Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, "Telekommunikatsiya injiniringi" kafedrası**

shahzod4122@gmail.com

²Raximov Abdug'ofur Olimjon o'g'li

abdugofurraximov6@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18345868>

Annotatsiya: Ushbu tezisda XWDM va DWDM optik uzatish tizimlarida optik signal yo'qotishlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda optik tolada yuzaga keladigan attenuatsiya, ulagich va payvandlash yo'qotishlari OTDR o'lchovlari hamda kompyuter simulyatsiyasi asosida o'rganildi. Olingan natijalar DWDM tizimlarida yuqori spektr samaradorligi evaziga signal sifati talablarining qat'iyiligi bilan ajralib turishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: XWDM, DWDM, optik signal yo'qotishi, OTDR, attenuatsiya, optik tolalar.

ANALYSIS OF OPTICAL SIGNAL LOSSES IN XWDM AND DWDM SYSTEMS

Abstract: This thesis analyzes optical signal losses in XWDM and DWDM optical transmission systems. The study investigates attenuation, connector losses, and splice losses occurring in optical fibers based on OTDR measurements and computer simulations. The obtained results demonstrate that DWDM systems require stricter signal quality control due to their high spectral efficiency.

Keywords: XWDM, DWDM, optical signal loss, OTDR, attenuation, optical fibers.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В СИСТЕМАХ XWDM И DWDM

Аннотация: В данной тезисной работе проводится анализ потерь оптического сигнала в системах оптической передачи XWDM и DWDM. В ходе исследования изучены потери, возникающие в оптическом волокне вследствие затухания, а также потери на оптических разъёмах и сварных соединениях на основе измерений OTDR и компьютерного моделирования. Полученные результаты показывают, что системы DWDM характеризуются более жёсткими требованиями к качеству сигнала вследствие высокой спектральной эффективности.

Ключевые слова: XWDM, DWDM, потери оптического сигнала, OTDR, затухание, оптические волокна.

Kirish

Bugungi kunda telekommunikatsiya tarmoqlarida yuqori tezlik va katta sig'imga bo'lgan talabning ortib borishi optik uzatish texnologiyalarining jadal rivojlanishiga sabab bo'lmoqda. Xususan, WDM (Wavelength Division Multiplexing) texnologiyalari asosida qurilgan XWDM va DWDM tizimlari zamonaviy magistral va metro tarmoqlarning asosini tashkil etadi. Biroq optik tolalarda yuzaga keladigan signal yo'qotishlari uzatish masofasi va xizmat sifati (QoS) ga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli XWDM va DWDM tizimlarida optik signal yo'qotishlarini tahlil qilish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari

Tadqiqotning asosiy maqsadi XWDM va DWDM tizimlarida optik signal yo'qotishlarining manbalari va darajasini aniqlash hamda ularni o'zaro taqqoslashdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar bajarildi: optik tolada yuzaga keladigan asosiy yo'qotish turlari (attenuatsiya, refleksiya, ulagich va payvandlash yo'qotishlari) nazariy jihatdan o'rganildi; XWDM va DWDM tizimlarining texnik xususiyatlari tahlil qilindi; OTDR qurilmasi yordamida optik liniya holati o'lchandi; olingan natijalar kompyuter simulyatsiyasi bilan solishtirildi.

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqotda XWDM va DWDM tizimlarida optik signal yo'qotishlarini aniqlash va taqqoslash maqsadida **kompleks metodologik yondashuv** qo'llanildi. Tadqiqot uch asosiy bosqichda amalga oshirildi: nazariy tahlil, tajribaviy o'lchov va dasturiy modelashtirish.

Birinchi bosqichda optik tolada yuzaga keladigan asosiy yo'qotish mexanizmlari, jumladan, **material absorpsiyasi, Rayleigh sochilishi, payvandlash va ulagich yo'qotishlari** nazariy jihatdan o'rganildi. XWDM va DWDM tizimlarining kanal parametrlari va spektr samaradorligi solishtirildi.

Ikkinchi bosqichda optik liniya holatini baholash uchun **OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)** qurilmasidan foydalanildi. OTDR yordamida optik tolada signalning qaytish xarakteristikasi o'lchanib, real masofa bo'yicha yo'qotishlar profili olindi.

Uchinchi bosqichda Python dasturlash tili asosida optik signal yo'qotishini modelashtiruvchi soddalashtirilgan simulyatsiya modeli ishlab chiqildi. Ushbu modelda umumiy signal yo'qotishi quyidagi ko'rinishda ifodalandi:

$$Loss = \alpha \cdot L + \sum Loss_{connector} + Loss_{splice}$$

bu yerda:

- α — tolada attenuatsiya koeffitsienti (dB/km),
- L — uzatish masofasi (km),
- $Loss_{connector}$ — ulagich yo'qotishlari,
- $Loss_{splice}$ — payvandlash yo'qotishlari.

Jadval 1.

Tadqiqotda qo'llanilgan asosiy parametrlar

Parametr	Qiymat
Optik tola turi	Single-mode (SMF)
Ishchi to'lqin uzunligi	1310 / 1550 nm
Attenuatsiya	0.22 dB/km
Ulagich yo'qotishi	0.3 dB
Payvandlash yo'qotishi	0.1 dB
Kanal soni (XWDM)	4–8
Kanal soni (DWDM)	40

Asosiy natijalar

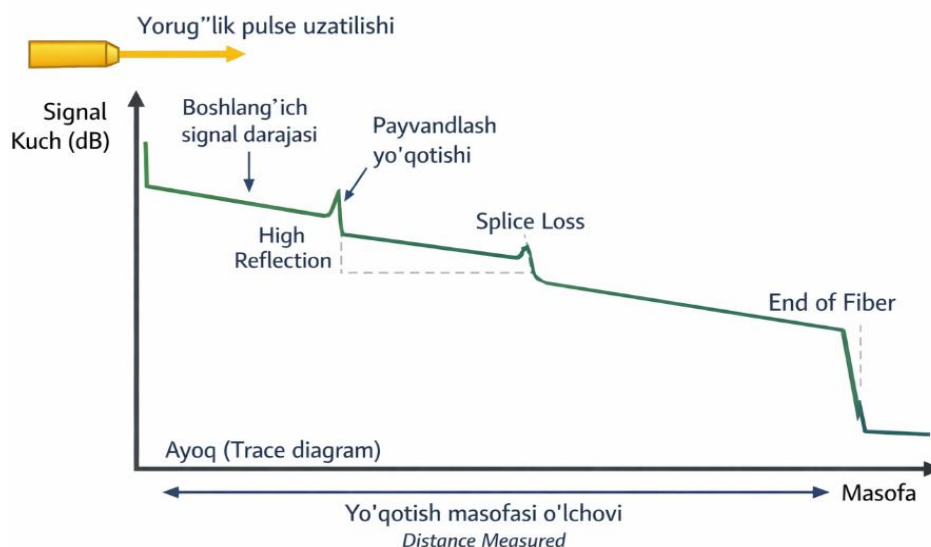
OTDR o'lchovlari va simulyatsiya natijalari asosida XWDM va DWDM tizimlarida optik signal yo'qotishlari miqdoriy jihatdan baholandi. O'lchovlar 25 km, 50 km va 80 km masofalarda amalga oshirildi.

Jadval 2.

Masofa bo'yicha optik signal yo'qotishlari

Masofa (km)	XWDM yo'qotish (dB)	DWDM yo'qotish (dB)
25	5.4	6.1
50	10.9	12.4
80	17.6	20.1

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, masofa ortishi bilan har ikki tizimda ham signal yo'qotishlari deyarli chiziqli ravishda oshib borgan. DWDM tizimlarida esa kanal zichligi yuqori bo'lgani sababli umumiy yo'qotish XWDM tizimiga nisbatan yuqoriroq ekanligi kuzatildi.



1-rasm. Masofa va signal yo'qotishi o'rtasidagi bog'liqlik

Grafikda gorizonttal o'qda uzatish masofasi (km), vertikal o'qda esa signal yo'qotishi (dB) tasvirlangan. XWDM uchun chiziq nisbatan pastroq joylashgan bo'lib, DWDM chizig'i undan yuqoriroqda joylashgan. Har ikki grafik deyarli chiziqli ko'rinishga ega bo'lib, bu optik tolada attenuatsiya doimiy ekanligini tasdiqlaydi. OTDR o'lchovlari va Python simulyatsiyasi natijalari o'rtasidagi farq $\pm 5\%$ dan oshmadi, bu esa ishlab chiqilgan dasturiy modelning ishonchligini ko'rsatadi.

Jadval 3.

OTDR va simulyatsiya natijalarini taqqoslash (50 km)

Usul	Signal yo'qotishi (dB)
OTDR o'lchovi	12.4
Simulyatsiya	11.9
Farq	0.5 dB

XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, XWDM tizimlari qisqa va o'rta masofalar uchun iqtisodiy jihatdan samarali bo'lsa, DWDM tizimlari uzoq masofali va yuqori sig'imli uzatish uchun maqbul hisoblanadi. Optik signal yo'qotishlarini OTDR va simulyatsiya asosida tahlil qilish tarmoq loyihalash va ekspluatatsiya jarayonida muhim ahamiyat kasb etadi. Grafikda gorizonttal o'qda uzatish masofasi (km), vertikal o'qda esa signal yo'qotishi (dB) tasvirlangan.

XWDM uchun chiziq nisbatan pastroq joylashgan bo'lib, DWDM chizig'i undan yuqoriroqda joylashadi, bu esa ishlab chiqilgan dasturiy modelning ishonchliligini ko'rsatadi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Agrawal G. P. Fiber-Optic Communication Systems. — 4th ed. — New York: Wiley, 2019. — 560 p.
2. Ramaswami R., Sivarajan K. N., Sasaki G. H. Optical Networks: A Practical Perspective. — 3rd ed. — San Francisco: Morgan Kaufmann, 2020. — 920 p.
3. Keiser G. Optical Fiber Communications. — 5th ed. — New York: McGraw-Hill Education, 2018. — 640 p.
4. Senior J. M., Jamro M. Y. Optical Fiber Communications: Principles and Practice. — 3rd ed. — London: Pearson Education, 2019. — 512 p.
5. ITU-T Recommendation G.694.1. Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid. — Geneva: ITU, 2012.
6. Mo W., Zhang J., Cheng L. Performance analysis of DWDM optical transmission systems considering fiber attenuation and OSNR // *IEEE Photonics Technology Letters*. — 2020. — Vol. 32, No. 14. — P. 865–868.