

ZAMONAVIY ALOQA TIZIMLAR SIGNALLARINI UZATISH TEKNOLOGIYALARINING RIVOJLANISH TENDENTSIYALARI

Iskandarov U.U., Farg'ona davlat texnika universiteti. Telekommunikatsiya
muhandisligi kafedrasida dotsenti.

Iskandarov N.U., "Telekommunikatsiya texnologiyalari" yo'nalish magistri.

Annotatsiya. Maqolada zamonaviy signallarini uzatishdagi munosabat hamda muammolar qiyosiy tahlil etilgan. Ularning "yulduzlar to'plami" ko'rib chiqilgan. Solishtirma parametrlar tahlili hamda halaqitbardoshlik nuqtai nazaridan qarab chiqilgan. Zamonaviy aloqa tizimlar signallarini uzatish texnologiyalarining rivojlanish tendentsiyalar murakkabligiga e'tibor qilingan holda, signallarning kanallarda o'tishi hamda oqimlar yaratilishi ilmiy o'rganib chiqilgan.

Kalit so'zlar: DWDM, tola-optik aloqa tarmog'i, kogerent qabul qilish, spektral samaradorlik, modulyatsiya, format, belgi darajasi, spektrni shakllantirish, spektrni boshqarish, FlexGrid, NyquistWDM, super kanal, bir moda, ko'p moda, optik tola.

Kirish. Telekommunikatsiyalarda oqim muhim jarayon. Trafikni uzatishga bo'lgan talab doimiy ravishda oshib boradi, bu esa shaharlararo optik aloqa tizimlarining ishini, yuklamasini oshish ehtiyojini keltirib chiqaradi [1-5]. 2000 yillarning oxirida birinchi bo'lib tijorat kogerent tizimlari 40G va 100G ishlab chiqildi. 2013–2014 yillarda dunyoning eng yirik aloqa operatorlari magistral kanallarning asosiy turi sifatida 100G kanallariga kogerent o'tishga o'tdilar. 100 Gbit/s kanal yerdagi DWDM tizimlarda odatda 50 GGts diapazonda uzatiladi (spektral samaradorlik $SE = 100G/50 = 2$ bit/s/Gts)[1-12].

2015 yilda 50 GGts diapazonda bitta tashuvchi orqali 200 Gbit/s tezlikda uzatishni ta'minlaydigan birinchi tijorat optik qurilmalari yaratildi. 2016 yil boshida bunday bloklarni Acacia, ClariPhy, NEL kabi barcha yetakchi ishlab chiqaruvchilar taqdim etishdi. Ushbu turdagi optik bloklarning spektral samaradorligi 4 bit/s/Gts ni tashkil qilgan. Bu 100G tizimiga qaraganda ancha yuqori xisoblangan. 2017 yil boshlarida har

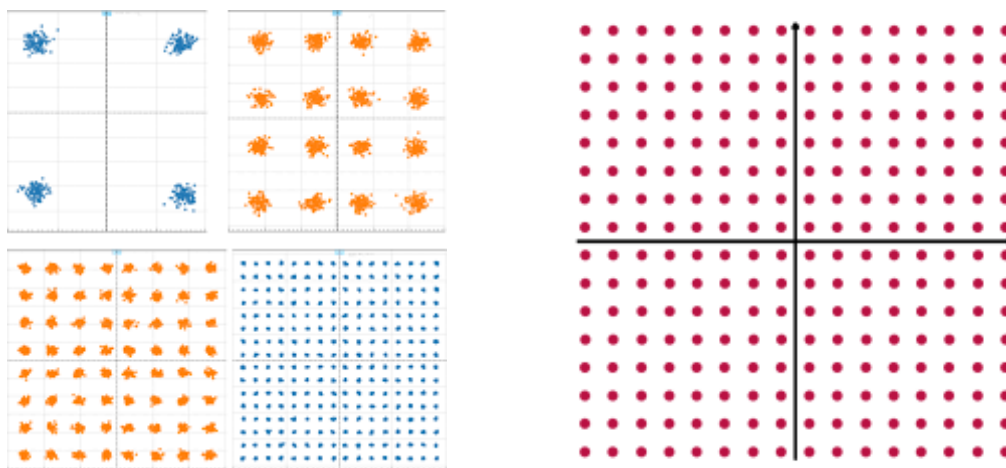
bir tashuvchiga 400 Gbit/s tezlikka ega optik bloklar paydo bo'ldi.

Shunday qilib, mavjud bo'lgan DWDM aloqa tizimining bitta tolaga sig'imi C-diapazonda 9,6 Tbit/s (96 100G kanallari), kengaytirilgan C + L-diapazonida-27 Tbit/s (270 100G kanallari) foydalanishga topshirildi. $SE = 4 \text{ bit/s/Gts}$ bo'lgan tizimga o'tishda maksimal quvvat mos ravishda 19,2 yoki 54 Tbit/s gacha oshadi. Mavjud nazariy hisob-kitoblarga ko'ra, 400G kanal 50 GGts li diapazonda ($SE = 8$) uzatilishi mumkin, bu nazariy jihatdan C+L-diapazonida (270 400G) bitta tola ichida 100 Tbit/s sig'imga erishish imkonini beradi. Amalda, kengaytirilgan spektr diapazondan foydalanish (C+L), shuningdek, spektr samaradorligini oshirish bir qator texnologik muammolarni hal qilishni talab qiladi.

Metod va usullar. Kogerent aloqa tizimlarida elektromagnit maydonning to'rtta erkinlik darajasini ishlatishga imkon beradi: har ikki qutblanishning har birida amplituda va faza (yoki ikkita kvadrat). Bu, masalan DP -QPSK formatida (dual polarization – quater phase shift keying) har bir belgi uchun 4 bitni bitta quvvat darajasidan foydalangan holda uzatish imkonini beradi. Shunga ko'ra, kogorent detektorlash, simvol tezligini oshirmasdan ma'lumot uzatish tezligini oshirish imkonini beradi. Ya'ni to'lqin uzunligi bo'yicha multipleksrlangan (50 GGts) chastotada qabul qilingan signalni o'zgartirmaydi.

To'g'ridan-to'g'ri kogerent detektorlashga o'tish yangi avlod aloqa tizimlarida tabiiy hol deb qarash kerak. Chunki bunda spektral va polarizatsiya bo'yicha kanallarni zichlash, shuningdek spektral samarali modulyatsiya formatlari, xususan DP-QPSK formatidan foydalangan holda uzatiladigan axborot hajmini ko'paytirish imkonini paydo bo'ladi. So'nggi yillarda 10 - 40 Gbit/s uzatish tezligida ishlaydigan quvvat modulyatsiyasi tizimining almashtirilishi bejiz emas. Ular 40 va 100 Gbit/s takt chastotasiga ega bo'lgan kogerent modulyatsiya formatlarini qo'llaydi [1-12].

DP-QPSK vas hu kabi formatidagi optik signalning strukturasi quyidagi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. QAM turdosh formatidagi signalning “yulduzlar to’plami”.

Signalda ortogonal polarizatsiyalar bo'yicha QPSK formatida ikkita axborot komponenti mavjud. Bu shuni anglatadiki, polarizatsiya multiplekslash orqali amalga oshiriladi. Shuning uchun bu formatni belgilash DP-QPSK qisqartmasi bilan bir qatorda PM-QPSK qisqartmasi ishlatiladi. O'z navbatida, QPSK formatidagi ikkita ortogonal polarizatsiyalangan signallarning har biri $\pi/2$ ga o'zgargan ikkita BPSK binary fazali signallarining kombinatsiyasi sifatida ifodalanishi mumkin.

Natijalar va munozaralar. Zamonaviy aloqa tizimlarining transponderlari 30 va 40 G bod simvolli tezliklardan foydalanadi. Ularning ichida eng keng tarqalgani 30 G bod ga yaqin simvolli tezlikdagi aloqa tizimlari deyish mumkin. Aynan mana shu belgilar DP-QPSK formatida ma'lumotlarni uzatish tezligi eng keng tarqalgan 100 Gbit/s bo'lgan kogerent transponderlarda amalga oshiriladi. Simvollar tezligini oshishi tarmoqni boshqarish sifatini yaxshilanishini ta'minlaydi. Potentsial ravishda regeneratsiya punktlari va aloqa tarmoqlari tugunlarida energiya sarfi va uskunalarning (hajmining) kamayishiga olib keladi. Bundan tashqari, yangi kanal tezligiga o'tish vazifasi - har bir kanal uchun 400 Gbit/s va 1 Tbit/s - aloqa xizmatlari iste'molchilar tomonidan belgilanadi.

Aloqa liniyalari orqali uzatilishini osonlashtirish uchun yuqori tezlikdagi oqimlarni parallellashtirish g'oyasi yangi emas. U turli darajadagi aloqa tizimlarida va turli to'lqin uzunligi diapazonlarida ishlatiladi. Xususan, signalni parallellashtirish uchun bir nechta umumiy kanallarning har qanday to'plamidan foydalanish mumkin.

Magistral aloqa tarmoqlarida, umuman olganda, yuqori tezlikda birlashtirilgan kanalning tarkibiy qismlari guruhini optik darajada boshqarish imkoniyatiga ega bo'lish maqsadga muvofiq. Bu imkoniyat optik super kanallar texnologiyasi bilan ta'minlangan.

Fotonik integratsiyalashuv darajasini oshirish yanada ixcham fotonik qurilmalarni yaratishga qaratilgan bo'lib, bu ishlab chiqarish xarajatlari va energiya xarajatlarini kamaytirish imkonini berdi [1-12]. Fotonik integral mikrosxemalar kiritilishidan kutilayotgan iqtisodiy effekt optik tolali aloqa tizimlari uchun komponentlar ishlab chiqaruvchilarning tadqiqot sohasiga bo'lgan qiziqishini ortib borayotganligini aniqlaydi.

Bitta fotonli integral qurilma (PLC) da birlashtirilishi mumkin bo'lgan ko'plab komponentlar orasida nurni ajratuvchi (beam splitters), panjara (gratings), muftalar (couplers), polarizatorlar (polarizers), interferometrlar (interferometers), nurlanish manbalari, kuchaytirgichlar va detektorlar mavjud.

Integratsiya ketma-ket va parallel ravishda amalga oshirilishi mumkin. Ketma-ket integratsiya paytida (masalan, telekommunikatsiya qurilmalari uchun) chipning turli elementlari: lazer va lazer quvvat manbai, modulyator va boshqaruv elektronikasi, foto qabul qiluvchi ketma-ket ulanadi. Parallel integratsiyada chip kuchaytirgichlar, fotodetektorlar, multipleksorlar va demultipleksatorlar to'plamidan iborat bo'ladi. Ikki arxitekturaning kombinatsiyasi kirish-chiqish modullari, kalitlari va o'zaro bog'liqliklari yordamida bo'lishi mumkin.

Xulosalar. Bugungi kunda shaharlararo optik aloqa tizimlarining tezligini oshirishga imkon beradigan texnologiyalar bo'yicha faol tadqiqotlar olib borilmoqda. Uzoq masofali optik tizimlarning barqaror rivojlanishini davom ettirish uchun nafaqat mavjud texnologiyalar va yondashuvlarni ishlab chiqish, balki yangi jismoniy g'oyalar va tamoyillarni izlash, ulardan foydalanib, kelajak avlodning yutuqli texnologiyalari yaratilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Umarovich, I. U., Mukhammadyunosovich, K. M., Rustambekovich, D. L., & O'G'Li, N. RM (2020). Methods of reducing the probability of signal loss on optical fiber communication lines. *Science, technology and education*,(6 (70))
2. Iskandarov, U. U. (2022). The Aspects of Solar and Geothermal Energy

Conversion. *Eurasian Research Bulletin*, 15, 185-189.

3. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Jo'raeva, G., & Ergashev, S. (2024, March). Research of the highly sensitive deformation sensor. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
4. Nurdinova, R., Rayimjonova, O., Djalilov, B., & Iskandarov, U. (2024, March). Determination of the near areas of micro parameters for anomalous photo voltage elements. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
5. Iskandarov, U., Ismoilov, M. M., & Yuldashev, N. (2023). Develop and usage virtual schemes of remote acoustic laser microphones with visible and invisible waves. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 452, p. 03008). EDP Sciences.
6. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Ergashev, S., & Tillaboev, M. (2023). Practical approach to aspects of operation and practical use of optoelectronic linear transducer of movements of the first hazard category objects. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 452, p. 01011). EDP Sciences.
7. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching of the degradation process of laser diodes used in optical transport networks. In *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1-4).
8. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Jo'raeva, G., & Ergashev, S. (2024, March). Research of the highly sensitive deformation sensor. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
9. Nurdinova, R., Rayimjonova, O., Djalilov, B., & Iskandarov, U. (2024, March). Determination of the near areas of micro parameters for anomalous photo voltage elements. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
10. Turgunov, B., Iskandarov, U., Dalibekov, L., & Jurayeva, G. (2024, March). Prospects for using alternative energy sources to generate high power electrostatic fields in the primary processing of raw cotton. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
11. Iskandarov, U., Ismoilov, M. M., & Yuldashev, N. (2023). Develop and usage virtual schemes of remote acoustic laser microphones with visible and invisible waves. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 452, p. 03008). EDP Sciences.
12. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Ergashev, S., & Tillaboev, M. (2023). Practical approach to aspects of operation and practical use of optoelectronic linear transducer of movements of the first hazard category objects. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 452, p. 01011). EDP Sciences.