

RADIO SIGNALNI OPTIK TOLALAR ORQALI UZATISH (RADIO OVER FIBER ROF) YONDASHUVINING INTEGRATSIYALANGAN ARXITEKTURADA ASOSIY TAMOYILLARI

Xodjayev Djaxongir Baxtiyorovich

“O'zbektelekom”AK Samarqand filiali bo‘lim boshlig‘i,

Jo‘raqulov Abduxafiz Hasanovich

Muxammad al-Xorazmiy nomidagi TATU mustaqil izlanuvchi doktoranti,

“O'zbektelekom”AK Samarqand filiali 1-toifali muhandisi.

Annotatsiya:

Maqola radio optik aloqa (RoF) yondashuvining integratsiyalangan arxitekturalardagi asosiy tamoyillarini tahlil qiladi. RoF texnologiyasi radio va optik aloqa tizimlarini birlashtiradi, bu esa yuqori tezlikdagi ma'lumot uzatishni ta'minlaydi. Asosiy tamoyillar, integratsiya usullari, afzalliklar, cheklovlar va amaliy qo'llanishlar muhokama qilinadi. Maqola RoF texnologiyasining samarali ishlatilishi va kelajak istiqbollari haqida ma'lumot beradi.

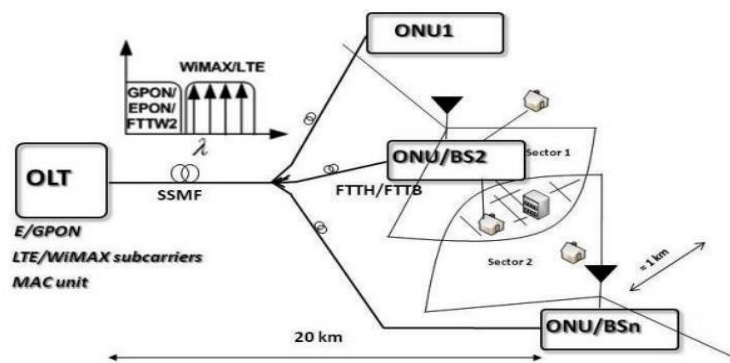
Kalit so'zlar: radio optik aloqa, integratsiya, mobil aloqa, fikslil aloqa, topologiya, trafik, optik to'lqin, signal, transmitter, mikroto'lqinli signal.

Qisqartmali atamalar: RoF- Radio over Fiber; FDM- Frequency Division Multiplexing; TDM- Time Division Multiplexing; PON- Passive Optical Network; WiMAX- Worldwide Interoperability for Microwave Access; ONU/BS-Optical Network Unit/Base Station; OLT- Optical Line Terminal; RF- Radio Frequency; ONU/BS-Optical Network Unit/Base Station; ODN- Optical Distribution Network; BTS- Base Transceiver Station; TDMA- Time Division Multiple Access; LO- Local Oscillator; IM-DD- Intensity Modulation with Direct Detection; MZM-Mach-Zehnder modulyator.

RoF texnikasining [1] iqtisodiy samaradorligi va kengayuvchanligi, FDM orqali mobil aloqa bilan fikslil aloqa integratsiyasini ta'minlash xususiyatlari keng polosali simsiz tarmoqlarni va TDM-PON ishlashini takomillashtirishda kuchli xususiyatlar hisoblanadi [2, 3]. Garchi gibrid optik/simsiz arxitekturalarning keng ko'lamli takliflari ko'rib chiqilgan bo'lsa-da, WiMAX texnologiyasining eski PON tarmoqlariga qo'llanilishi, ularning umumiy sig'im, masofa va qo'llab-quvvatlanadigan foydalanuvchilar soni bo'yicha ishlash xususiyatlarini



yaxshilash bilan birga, to'liq o'rganilmagan. 1-rasmda bu xususiyatlarni hisobga olgan holda arxitektura tasvirlangan. Garchi rasm aniq arxitekturaning asosiy ko'rinishini namoyish etayotgan bo'lsa-da, ushbu bo'limda keltirilgan argumentlar uchun uning takomillashuvlari va tegishli ishlash rejimlari yuqorida keltirilgan kengayuvchanlik va dinamiklik xususiyatlarini to'liq qamrab oladi.



1-rasm: Taklif qilingan optik/simsiz integratsiya uchun FDM yondashuvi

Bu topologiya joylashgan bitta OLT va foydalanuvchi joyida yoki masofaviy antenna punktlarida joylashgan bir nechta ONU/BSlardan iborat bo'lib, ular mobil terminallarga ulanishni ta'minlash uchun ishlatiladi. Bitta optik tolali magistral OLTdan yuqoriga va pastga yo'naltirilgan barcha signallarni passiv bo'luvchigacha olib o'tish uchun ishlatiladi, bu esa signallarni bir nechta tarmoq segmentlariga tarqatadi.

OLT ichida bir nechta RF keng polosali simsiz kanallar spektral oynada chastota bo'yicha ko'p yo'naltiriladi va pastga yo'naltirilgan signallar PON tarmoqlariga aralashishni oldini olish uchun spektr birlashtiriladi. Birlashtirilgan spektr optik tashuvchiga modulyatsiya qilinib, har bir masofaviy ONU/BSga uzatiladi. Bu yondashuv simsiz signal formatlariga nisbatan to'liq shaffoflikni ta'minlaydi, chunki radiochastota subtashuvchilari xPON funksiyalaridan mustaqil ravishda optik tolalar orqali uzatiladi. Shuning uchun, masofaviy baza stansiyalari soddalashtirilgan bo'lib, barcha simsiz qayta ishlash va subtashuvchilarni taqsimlash markaziy OLTda amalga oshiriladi. Natijada, zich joylashgan baza stansiyalarini keng spektral samaradorlik va chastotalarni qayta ishlatish bilan birgalikda o'rnatish mumkin.

OLT katta miqdordagi subtashuvchilarga trafikni taqsimlashni boshqaradi, ular optik taqsimlash tarmog'i (ODN) bo'ylab uzatiladi va faqat foydalanuvchi tomonida de-multiplekslanadi va aksincha. Shu sababli, CO odatda PON OLT

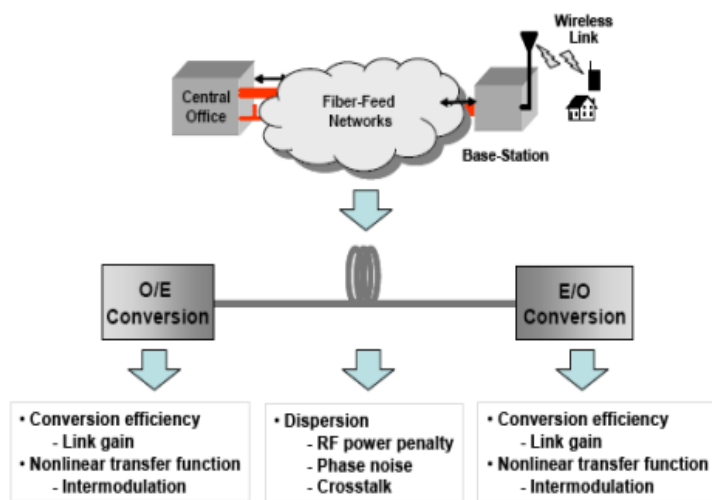


sifatida qaralishi mumkin, lekin u simsiz baza transiver stansiyasining (BTS) qo‘shimcha funksiyalarini ham o‘z ichiga oladi.

Bundan tashqari, yuqoriga yo‘naltirilgan uzatish, xPONlardagi kabi, TDMA yondashuvi asosida yoki har bir ONU/BSga maxsus to‘lqin uzunliklari berilishi orqali amalga oshirilishi mumkin, bu esa optik to‘lqinli interferensiyani oldini oladi va subtashuvchilarni ko‘p yo‘naltirish talab qilinmasligi sababli o‘rnatish xarajatlarini yanada kamaytiradi. Nihoyat, RoF turli xil buzilishlarni simsiz signal formatlariga kiritishi mumkinligi sababli, tarmoq samaradorligini signal yo‘naltirish nuqtai nazaridan baholash bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar talab qilinadi.

Radioto‘lqinlarni tola orqali uzatishni simulyatsiya qilish

RoF signallarini optik tola orqali uzatish uzoq masofaviy baza stansiyalarining arxitekturasini soddalashtirish uchun imkoniyat sifatida keng o‘rganilgan texnologiyadir [4-5]. Tolaning katta o‘tkazish qobiliyati yuqori sig‘imli uzatishni qo‘llab-quvvatlashi mumkin bo‘lsa-da, hozirgi va kelajakdagi simsiz ilovalar keng chastotalar diapazonini ishlatishda davom etadi [4]. Bu RoF tizimlarini iqtisodiy samarali usulda joriy etish uchun qo‘shimcha qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi, chunki analog fotonik ulanishda simsiz signallar bir qator muqarrar signal buzilishlariga duch keladi, ayniqsa yuqori chastota diapazonlarida, bu 2-rasmda ko‘rsatilganidek [6, 7].



2-rasm: RoF ulanishlarida odatdagi buzilishlar [30]

Bu buzilishlar transmitter va qabul qilgichdagi optoelektron konversiya jarayonining chiziqli bo‘lmagan xususiyatlari natijasida yuzaga keladi, bu esa



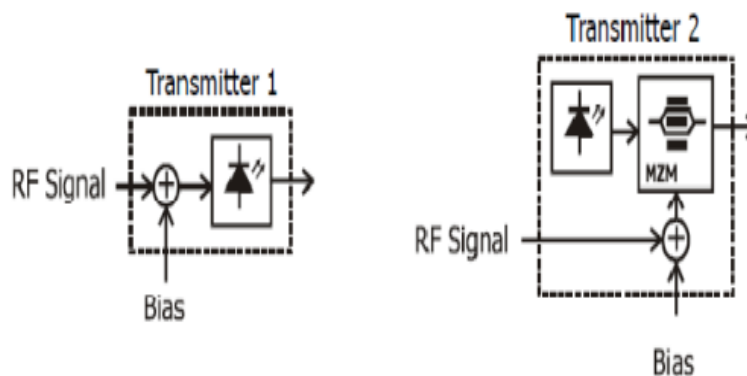
inter-modulyatsiya buzilishining ortishi va dinamik diapazonning kamayishiga olib keladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, optik oldingi blokda chiziqli bo'lmaganliklar umumiy tizimning dinamik diapazonini cheklaydi [4]. Optoelektron konversiya natijasida kelib chiqadigan chiziqli bo'lmagan buzilishlarni kamaytirish uchun boshqaruv signallarining amplitudasi sezilarli darajada kamaytirilishi kerak, bu esa konversiya samaradorligining pasayishiga va ulanish kuchayishining kamayishiga olib keladi.

RoF (Radio-over-Fiber) texnologiyasini amalga oshirishda, RF signali bosh stantsiyada RoF ulanishiga kiritilgan chastotaga qarab, uchta toifaga ajratish mumkin: RF-over-fiber, IF-over-fiber, va baseband-over-fiber [32]. RF-over-fiber usuli RF signalining o'zi tola orqali uzatilishini o'z ichiga oladi. Ammo, agar IF yoki baseband tola orqali uzatilsa, kerakli mikroto'lqinli signal masofaviy antenna birliklarida mahalliy osillyator (LO) bilan yuqori chastotaga aylantiriladi. LO esa alohida yetkazib beriladi yoki masofadan uzatiladi. Shu sababli, baza stansiyasining murakkabligi uzatish usuliga bog'liq bo'ladi, va RF-over-fiber yondashuvi eng soddaligini ta'minlaydi. Shu yo'nalishda, hozirgi tarmoq arxitekturasida FDM orqali amalga oshirish soddaligi qo'llab-quvvatlanadi, bu esa masofaviy radio boshlaridagi komponentlar narxini va signal qayta ishlash talablarini kamaytiradi.

Mikroto'lqinli signallarni tola orqali hosil qilish va uzatish uchun turli sxemalar qo'llanilishi mumkin. Eng mashhur va iqtisodiy samarali yechim IM-DD (Intensity Modulation with Direct Detection) asosida amalga oshiriladi [8]. Ushbu usulda yorug'lik intensivligi analog signal bilan bevosita modulyatsiya qilinadi va foto-detektorda signalni qayta tiklash uchun to'g'ridan-to'g'ri aniqlash qo'llaniladi.

IM (intensiv modulyatsiya) laser oqimini bevosita modulyatsiya qilish yoki Mach-Zehnder modulyatori (MZM) kabi tashqi modulyator yordamida doimiy to'lqin lazerini tashqi modulyatsiya qilish orqali amalga oshirilishi mumkin. Ikkala variant 3-rasmda tasvirlangan [7]. Tola orqali uzatilgandan so'ng va fotodiodda to'g'ridan-to'g'ri aniqlashdan so'ng, fototok modulyatsiyalangan RF signalining nusxasini yaratadi.





3-rasm: RF signalini to‘g‘ridan-to‘g‘ri modulyatsiya (chapda) va tashqi modulyatsiya (o‘ngda) orqali hosil qilish[7]

RF va IM-DD texnikalarining bir kamchiligi shundaki, tolalardagi xromatik dispersiya va elektr komponentlarining cheklangan kengligi tufayli ularni yuqori chastotali mm-to‘lqinli ilovalar uchun qo‘llash qiyin. Ammo, ushbu dissertatsiyada tasvirlangan RoF yondashuvi mikroto‘lqinli chastotalarning uzatilishiga asoslangan bo‘lib, yuqorida aytib o‘tilgan buzilishlarga duch kelmaydi.

Xulosa

Radio over Fiber (RoF) texnologiyasi mobil va fikslil aloqa tizimlarini integratsiyalashda va keng polosali simsiz tarmoqlarni rivojlantirishda muhim rol o‘ynaydi. RoF yondashuvi orqali yuqori chastotali RF signallarni optik tolalar orqali samarali uzatish, tarmoqning iqtisodiy samaradorligini oshiradi va kengayuvchanligini ta‘minlaydi.

1. **Iqtisodiy samaradorlik va kengayuvchanlik:** RoF texnologiyasining iqtisodiy samaradorligi va kengayuvchanligi uning FDM (Frequency Division Multiplexing) yondashuvi orqali mobil va fikslil aloqa tarmoqlarini integratsiya qilish imkoniyatidan kelib chiqadi. Bu usul simsiz va optik tizimlarni birlashtirib, keng polosali tarmoqlarni samarali ishlashiga yordam beradi.

2. **Arxitektura va takomillashtirish:** 1-rasmda tasvirlangan arxitektura, optik tolalar orqali simsiz signal uzatishni ta‘minlaydi, bunda OLT (Optical Line Terminal) va ONU/BS (Optical Network Unit/Base Station) komponentlari o‘rtasida signallarni passiv bo‘luvchi orqali tarqatadi. Ushbu arxitektura, signal uzatishni soddalashtiradi va simsiz qayta ishlashni markazlashtiradi, shu bilan birga, chastota birlashtirilishi orqali spektral samaradorlikni oshiradi.



3. **Buzilishlar va cheklovlar:** RoF tizimlarida analitik va analog fotonik ulanishlarda yuzaga keladigan buzilishlar, masalan, inter-modulyatsiya buzilishlari va chiziqli bo'lmaganliklar, tarmoqning umumiy samaradorligini cheklaydi. 2-rasmda ko'rsatilgan buzilishlar, yuqori chastotali signal uzatishda muqarrar muammolarni keltirib chiqaradi, bu esa tizimni yanada samarali qilish uchun qo'shimcha tadqiqotlar va yechimlar talab qiladi.

4. **Signal uzatish usullari:** RoF texnologiyasida RF signalining tola orqali uzatilishi uchta asosiy usulda amalga oshiriladi: RF-over-fiber, IF-over-fiber, va baseband-over-fiber. RF-over-fiber yondashuvi eng soddaligi bilan ajralib turadi, chunki u signalni to'g'ridan-to'g'ri uzatadi va yuqori chastotali mikroto'liqlik ilovalar uchun eng maqbul yechimni ta'minlaydi.

5. **Modulyatsiya usullari:** RoF tizimlarida IM-DD (Intensity Modulation with Direct Detection) usuli eng keng qo'llaniladigan va iqtisodiy samarali yechim hisoblanadi. Ushbu usul yorug'lik intensivligini analog signal bilan modulyatsiya qiladi va signalni foto-detektor orqali qayta tiklaydi.

Yuqorida ta'riflangan RoF texnologiyasi kengaytirilgan tarmoq arxitekturalarini yaratishda va yuqori chastotali simsiz signal uzatishdagi muammolarni hal qilishda kuchli imkoniyatlarni taqdim etadi. Lekin, buzilishlarni kamaytirish va tizim samaradorligini oshirish uchun qo'shimcha tadqiqotlar va optimallashtirishlar zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. C. Lim, A. Nirmalathas, M. Bakaul, P. Gamage, K.-L. Lee, Y. Yang, D. Novak, and R. Waterhouse, "Fiber-Wireless Networks and Subsystem Technologies," J. Lightw. Technol., vol. 28, pp. 390-405, (2010).
2. H. Kim, J. H. Cho, S. Kim, K. U. Song, H. Lee, J. Lee, B. Kim, Y. Oh, J. Lee, and S. Hwang, "Radio-Over-Fiber System for TDD-Based OFDMA Wireless Communication Systems," J. Lightw. Technol., vol. 25, pp. 3419-3427, (2007).
3. C. Bock, T. Quinlan, M. P. Thakur, and S. D. Walker, "Integrated Optical Wireless Access: Advanced topologies for future access networks," presented at ICTON '09. 11th International Conference on Transparent Optical Networks, 2009
4. C. Lim, A. Nirmalathas, M. Bakaul, P. Gamage, K.-L. Lee, Y. Yang, D. Novak, and R. Waterhouse, "Fiber-Wireless Networks and Subsystem Technologies," J. Lightw. Technol., vol. 28, pp. 390-405, (2010).



5. J. E. Mitchell, "Techniques for Radio over Fiber Networks," presented at 19th Annual Meeting of the IEEE Lasers and Electro-Optics Society, LEOS 2006. , 2006.

6. L. Christina, N. Ampalavanapillai, Y. Yang, Dalma N, and W. Rod, "Radio-over-fiber systems," presented at Communications and Photonics Conference and Exhibition (ACP), Asia, 2009.

7. T. Kurniawan, A. Nirmalathas, C. Lim, D. Novak, and R. Waterhouse, "Performance analysis of optimized millimeter-wave fiber radio links," IEEE Transact. Microw. Theo. Techniq., vol. 54, pp. 921-928, (2006).

8. A. Ng'oma, A. M. J. Koonen, I. T. Monroy, H. P. A. Boom, and G. D. Khoe, "Using optical frequency multiplication to deliver a 17 GHz 64 QAM modulated signal to a simplified radio access unit fed by multimode fiber," presented at Optical Fiber Communication Conference OFC/NFOEC, 2005.

