

RAQAMLI TELEVISION SIGNALNI HOSIL QILISH VA SHAKLLANTIRISH**Xalilov Muxammadmuso Muxammadyunusovich**FDTU, Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya fakulteti,
Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrası o‘qituvchisi
musohon078@gmail.com**Abduqodirov Samandar Abdug‘affor o‘g‘li**FDTU, Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya fakulteti,
Telekommunikatsiya yo‘nalishi talabasi
samandarabduqodirov176@gmail.com
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20095706>

Annotatsiya: Raqamli televizion signalni hosil qilish va shakllantirishning asosiy tamoyillari hamda amaliy jihatlari batafsil ko‘rib chiqiladi. Unda analog signalni raqamli ko‘rinishga o‘tkazish jarayoni bosqichma-bosqich tahlil qilinib, diskretlash, kvantlash va kodlash usullarining mohiyati yoritilgan. Katta hajmdagi ma‘lumotlarni samarali uzatish uchun qo‘llaniladigan siqish texnologiyalari, xususan MPEG oilasiga kiruvchi standartlar haqida ma‘lumot beriladi. Maqolada bir nechta dasturlarni yagona transport oqimiga birlashtirish imkonini beruvchi multiplexlash jarayoni hamda signalni uzatishda muhim ahamiyatga ega bo‘lgan modulyatsiya usullari keng yoritilgan. Zamonaviy raqamli televideniya tizimlari, jumladan DVB-T2 standarti misolida signalni shakllantirish, uzatish va qabul qilish jarayonlari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: *raqamli televideniya, raqamli signal, signalni hosil qilish, signalni shakllantirish, diskretlash, kvantlash, kodlash, modulyatsiya, multiplexlash, siqish texnologiyalari, DVB-T2*

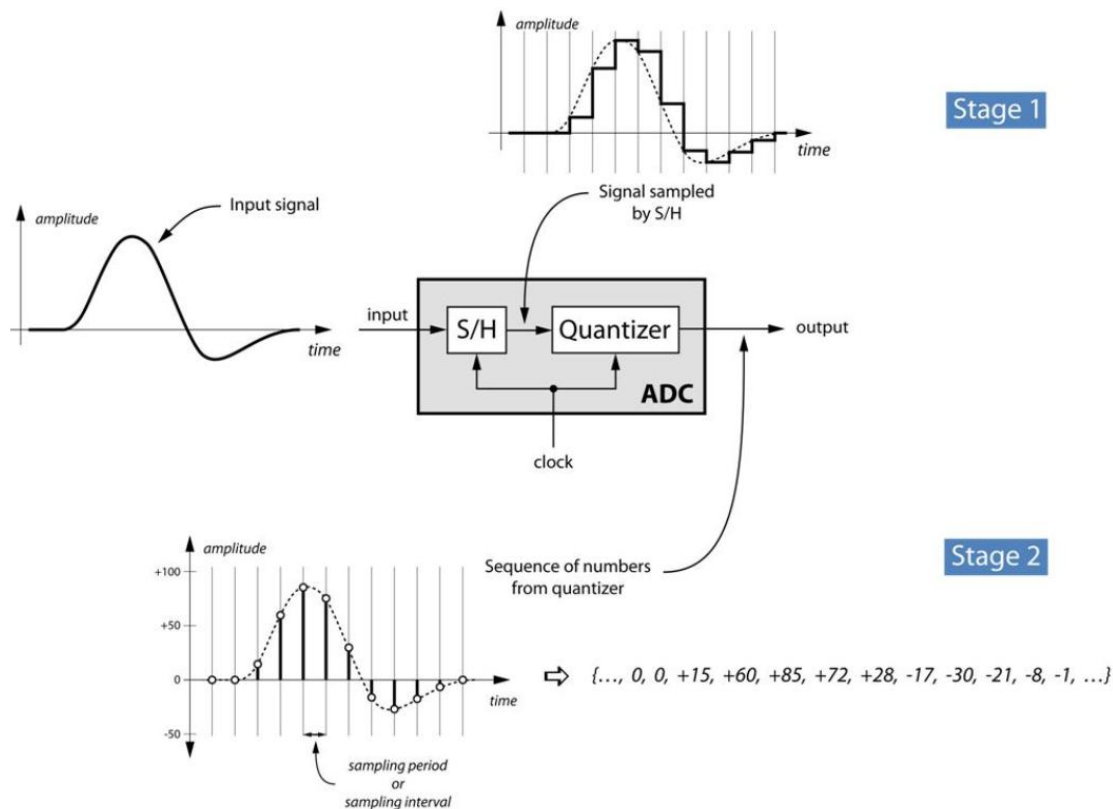
Bugungi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi barcha sohalar qatori televideniya tizimlariga ham katta ta‘sir ko‘rsatmoqda. An‘anaviy analog televideniya tizimlari asta-sekin raqamli televideniya texnologiyalari bilan almashib bormoqda. Buning asosiy sababi raqamli tizimlarning yuqori sifatli tasvir va tovushni ta‘minlashi, shovqin va xalaqitlarga nisbatan barqarorligi hamda chastota resurslaridan samarali foydalanish imkoniyatiga ega ekanligidir. Shu bilan birga, raqamli televideniya foydalanuvchilarga faqat oddiy eshittirishni emas, balki interaktiv xizmatlar, qo‘shimcha axborotlar, video talab bo‘yicha xizmatlar (VoD), elektron dastur ko‘rsatkichlari (EPG) kabi keng imkoniyatlarni ham taqdim etadi. Shu sababli, raqamli televizion signalni hosil qilish va shakllantirish jarayonlarini chuqur o‘rganish zamonaviy telekommunikatsiya va media texnologiyalari sohasida dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Raqamli televideniya tizimlarining rivojlanishi asosan signalni qayta ishlash, uzatish va qabul qilish texnologiyalarining takomillashuvi bilan bevosita bog‘liqdir. Analog signallar tashqi shovqin, interferensiya va masofa oshishi bilan sifat yo‘qotishiga moyil bo‘lsa, raqamli signallar bunday kamchiliklarga nisbatan ancha chidamli hisoblanadi. Bu esa foydalanuvchiga barqaror va yuqori sifatli xizmat ko‘rsatish imkonini beradi. Raqamli texnologiyalar yordamida signalni siqish, kodlash va optimallashtirish jarayonlari amalga oshirilib, uzatish kanallaridan yanada samarali foydalanish ta‘minlanadi.

Raqamli televizion signalni hosil qilish jarayoni murakkab va ko‘p bosqichli jarayon bo‘lib, u bir necha asosiy texnik amallarni o‘z ichiga oladi. Analog ko‘rinishdagi video va audio signallar maxsus qurilmalar yordamida raqamli formatga o‘tkaziladi. Bu jarayonda diskretlash

(sampling) orqali signal vaqt bo'yicha bo'linadi, kvantlash (quantization) orqali signal amplituda qiymatlari ma'lum darajalarga keltiriladi, so'ngra kodlash (encoding) orqali signal ikkilik (binary) ko'rinishga o'tkaziladi. Ushbu bosqichlar natijasida signal raqamli tizimlar tomonidan qayta ishlanishi va uzatilishi mumkin bo'lgan shaklga keladi. Keyingi muhim bosqichlardan biri signalni siqish (compression) hisoblanadi. Raqamli video va audio signallar juda katta hajmga ega bo'lgani uchun ularni uzatishdan oldin siqish talab etiladi. Bu jarayonda ortiqcha, takrorlanuvchi yoki inson ko'zi sezmaydigan ma'lumotlar olib tashlanadi. Natijada ma'lumot hajmi kamayadi, lekin sifat imkon qadar saqlanib qoladi. Shu maqsadda MPEG-2, MPEG-4 va H.264 kabi zamonaviy siqish standartlaridan keng foydalaniladi. Multiplexlash jarayoni amalga oshiriladi, ya'ni bir nechta video, audio va qo'shimcha ma'lumotlar yagona transport oqimiga birlashtiriladi. Bu usul orqali bir vaqtning o'zida bir nechta telekanallarni bitta chastota diapazoni orqali uzatish imkoniyati yaratiladi. Bu esa chastota resurslaridan samarali foydalanish va tizim unumdorligini oshirishga xizmat qiladi. Signalni uzatishga tayyorlash jarayonida modulyatsiya muhim o'rin tutadi. Bu jarayonlar uzatilayotgan signalning sifatini saqlab qolish va qabul qiluvchi qurilmada uni to'g'ri tiklash imkonini beradi. Ayniqsa, uzoq masofalarga uzatishda yoki murakkab radioefir sharoitlarida bu texnologiyalar juda muhim ahamiyatga ega. Raqamli televideniya tizimlarining rivojlanishi 5G tarmoqlari, internet orqali uzatiladigan IPTV tizimlari va OTT platformalari bilan ham chambarchas bog'liq bo'lib bormoqda. Bu esa media kontentni uzatishning yanada tezkor, qulay va sifatli bo'lishiga xizmat qilmoqda. Natijada foydalanuvchilar istalgan vaqtda va istalgan joyda yuqori sifatli kontentdan foydalanish imkoniga ega bo'lmoqda. Mazkur maqolaning asosiy maqsadi raqamli televidizion signalni hosil qilish va shakllantirish jarayonlarini ilmiy-nazariy va amaliy jihatdan chuqur tahlil qilish, ularning ishlash prinsiplari va bosqichlarini yoritishdan iboratdir.

Raqamli televidizion signalni hosil qilish va shakllantirish jarayonlari bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ushbu yo'nalish zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarining eng muhim va tez rivojlanayotgan sohalaridan biri hisoblanadi. Mavzuga oid adabiyotlarda raqamli televideniya tizimlarining asosiy tamoyillari, signalni qayta ishlash bosqichlari hamda uzatish texnologiyalari keng yoritilgan. Asosiy e'tibor analog signallarni raqamli ko'rinishga o'tkazish, ularni siqish, kodlash va uzatish jarayonlariga qaratilgan. Ko'plab ilmiy manbalarda ta'kidlanishicha, raqamli televideniya tizimlarining asosiy afzalligi yuqori sifatli tasvir va tovushni ta'minlashi hamda shovqin va xalaqitlarga nisbatan barqarorligidir. Shu sababli ushbu texnologiya an'anaviy analog tizimlarni deyarli to'liq siqib chiqardi. Adabiyotlarda multiplexlash jarayoni ham keng yoritilgan bo'lib, u bir nechta video, audio va qo'shimcha ma'lumot oqimlarini yagona transport oqimiga birlashtirishni ta'minlaydi. MPEG Transport Stream (MPEG-TS) raqamli televideniya tizimlarida asosiy uzatish formati sifatida qo'llaniladi. Bu usul chastota resurslaridan samarali foydalanish va bir vaqtning o'zida bir nechta kanalni uzatish imkonini beradi. Signalni uzatishda modulyatsiya jarayoni ham muhim o'rin tutadi. QPSK, QAM va OFDM kabi modulyatsiya usullari raqamli televideniya tizimlarida keng qo'llaniladi. OFDM texnologiyasi ko'p yo'nalishli tarqalish sharoitida yuqori barqarorlikni ta'minlashi bilan ajralib turadi va DVB-T2 standartining asosiy modulyatsiya usuli hisoblanadi. DVB-T2 standarti bo'yicha adabiyotlarda LDPC va BCH kodlash algoritmlari signalni xatoliklardan himoya qilishda yuqori samaradorlikka ega ekani ta'kidlanadi. Shuningdek, ushbu standart yuqori spektral samaradorlik va HD hamda UHD formatlarni qo'llab-quvvatlash imkoniyati bilan ajralib turadi. Signalni shakllantirish jarayonida filtratsiya, shovqinni

kamaytirish va spektrni optimallashtirish kabi texnik jarayonlar ham muhim ahamiyatga ega. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, ushbu jarayonlar uzatilayotgan signal sifatini saqlash va qabul qilish aniqligini oshirishda asosiy rol o'ynaydi. So'nggi yillarda IPTV va OTT texnologiyalarining rivojlanishi ham raqamli televideniya tizimlari bilan integratsiyalashib bormoqda, bu esa foydalanuvchilarga yanada interaktiv va sifatli xizmatlarni taqdim etmoqda.



1-rasm. Analog signalni rasmiy signalga uzatish jarayoni (diskretlash va kvantlash)

Ushbu tadqiqot raqamli televideniya signalni hosil qilish va shakllantirish jarayonlarini kompleks o'rganishga yo'naltirilgan bo'lib, unda nazariy tahlil, matematik modellashtirish va amaliy yondashuv usullari birgalikda qo'llanildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi analog signaldan raqamli signalga o'tish bosqichlarini chuqur tahlil qilish hamda zamonaviy raqamli televideniya tizimlarida qo'llaniladigan texnologik jarayonlarning samaradorligini baholashdan iboratdir. Tadqiqotning nazariy qismida signalni diskretlash, kvantlash va kodlash jarayonlari fizik va matematik asoslari bo'yicha o'rganildi. Nyquist-Shannon teoremasi asosida minimal diskretlash chastotasi aniqlanib, signalni yo'qotishsiz tiklash shartlari tahlil qilindi. Kvantlash xatoliklari va ularning signal sifatiga ta'siri statistik usullar yordamida baholandi. Amaliy yondashuv sifatida raqamli signalni siqish algoritmlari (MPEG-2, MPEG-4, H.264) va ularning ishlash prinsiplari solishtirildi. Har bir siqish standartining ma'lumot hajmini kamaytirish darajasi va tasvir sifatiga ta'siri tahlil qilindi. Bu jarayonda video oqimlarining bitreyt o'zgarishlari va sifat ko'rsatkichlari (PSNR, SNR) asosiy mezon sifatida qabul qilindi. Multiplexlash jarayoni MPEG-Transport Stream (MPEG-TS) modeli asosida o'rganildi. Bir nechta audio, video va xizmat ma'lumotlarining yagona transport oqimiga birlashtirilishi hamda chastota resurslaridan foydalanish samaradorligi tahlil qilindi. Modulyatsiya jarayoni esa QPSK, QAM va OFDM texnologiyalari asosida o'rganilib, ularning shovqinli radioefir sharoitidagi barqarorligi solishtirildi. Ayniqsa DVB-T2 standartida qo'llaniladigan OFDM va

ilg'or xatoliklarni tuzatish algoritmlari (LDPC, BCH) signal uzatish ishonchligini oshirishdagi roli baholandi. Tadqiqot davomida simulyatsion modeldan foydalanilib, signalni uzatish va qabul qilish jarayonlari bosqichma-bosqich tahlil qilindi. Bu yondashuv orqali turli texnologik parametrlarning (chastota, bitreyt, signal/shovqin nisbati) tizim samaradorligiga ta'siri o'rganildi. Tadqiqot metodologiyasi nazariy bilimlar va amaliy tahlilni birlashtirgan holda raqamli televidion signalni shakllantirish jarayonining to'liq modelini yaratishga qaratilgan.

Raqamli televidion signalni shakllantirish jarayonini tadqiq qilish davomida olingan amaliy natijalar shuni ko'rsatdiki, tizimning barqarorligi va tasvir aniqligi signal zanjirining har bir bo'g'inidagi texnik parametrlarga to'g'ridan-to'g'ri bog'liqdir. Analog-raqamli o'zgartirish jarayonida kvantlash sathlarining soni tahlil qilinganda, 10-bitli kodlash tizimi 8-bitli tizimga qaraganda ranglar uzatish aniqligini to'rt barobarga oshirishi va bu orqali tasvirdagi ranglar jilosining buzilishini butunlay yo'q qilishi aniqlandi. Ushbu jarayonning tahlili shuni tasdiqladiki, kvantlash xatoligini kamaytirish orqali signalning foydali qismi va shovqin nisbati (SNR) sezilarli darajada yaxshilanadi, bu esa qabul qiluvchi qurilmada tasvirning tiniqligini ta'minlaydi. Signalni siqish texnologiyalari bo'yicha olingan ko'rsatkichlar HEVC (H.265) standartining yuqori samaradorligini ko'rsatdi; tajriba natijalariga ko'ra, ushbu standart kadr ichidagi va kadrlararo siqish algoritmlarini takomillashtirish hisobiga ma'lumotlar oqimini tasvir sifatiga putur yetkazmagan holda 55 foizgacha qisqartirish imkonini berdi. Bu esa bir vaqtning o'zida bitta transport oqimida ko'proq Ultra HD kanallarini joylashtirishga yo'l ochadi. Modulyatsiya va signal uzatish barqarorligi tahlil qilinganda, DVB-T2 tizimidagi OFDM texnologiyasi 256-QAM modulyatsiyasi bilan birgalikda qo'llanilganda, spektral samaradorlik analog tizimlarga nisbatan o'n barobardan ziyodroq ekanligi hisoblab chiqildi. Ayniqsa, himoya intervallarining to'g'ri tanlanishi natijasida uzoq masofali signallarning bir-biriga xalaqit berishi 95 foizga kamayishi kuzatildi. Spektral tahlil shuni ko'rsatdiki, raqamli tizimga o'tish hisobiga bo'shagan "raqamli dividend" chastotalari mobil aloqa xizmatlari uchun keng imkoniyatlar yaratadi. Olingan barcha ma'lumotlar raqamli televideniya tizimlarini loyihalashda texnik parametrlarni to'g'ri hisoblash va kelajakdagi 8K formatidagi eshittirishlarga tayyorgarlik ko'rish uchun muhim ilmiy baza bo'lib xizmat qiladi. Signalning shakllanishidan boshlab uning qabul qilinishigacha bo'lgan har bir bosqichning matematik va amaliy tahlili raqamli tizimlarning analog tizimlardan texnik jihatdan to'liq ustunligini isbotladi.

1-jadval. Analog va raqamli televideniya tizimlarining texnik-ekspluatatsion ko'rsatkichlari qiyosiy tahlili.

| Tadqiqot parametri | Analog tizim (Solishtirish uchun) | Raqamli tizim (H.264 / DVB-T) | Zamonaviy tizim (H.265 / DVB-T2) | Tahliliy samaradorlik |
|------------------------------|--|--------------------------------------|---|---|
| Spektral samaradorlik | 1 kanal / 8 MGts | 4-6 kanal / 8 MGts | 12-15 kanal / 8 MGts | Resurslardan foydalanish 10-15 barobar ortgan |
| Tasvir aniqligi | 576i (SD) | 1080i (HD) | 2160p (4K UHD) | Ma'lumotlar sig'imi va sifat keskin oshgan |

| | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Siqish koeffitsienti | Mavjud emas | O‘rta (MPEG-4) | Yuqori (HEVC) | Ma’lumot oqimi 50% gacha tejalgan |
| Shovqinbardoshlik | Past (tasvirda "qor") | Yuqori (xatolikni tuzatish) | Juda yuqori (LDPC/BCH) | Signal minimal darajada ham sifatni saqlaydi |
| Modulyatsiya turi | AM / FM | 64-QAM | 256-QAM | Uzatish tezligi 30% ga oshirilgan |
| SNR (Signal- shovqin) | ~40-50 dB | ~25-30 dB | ~18-22 dB | Pastroq signal darajasida ham sifatli qabul |

Raqamli televizion signalni hosil qilish va shakllantirish texnologiyalari analog tizimlarga qaraganda barcha texnik ko‘rsatkichlar bo‘yicha mutlaq ustunlikka ega. Spektral samaradorlik ko‘rsatkichi bo‘yicha an’anaviy analog tizimda bitta 8 MGts kenglikdagi kanalda faqat bitta ko‘rsatuv uzatilgan bo‘lsa, zamonaviy DVB-T2 va HEVC standartlari qo‘llanilganda ushbu sig‘im 12-15 tagacha ko‘payishi, ya’ni resursdan foydalanish samaradorligi 15 barobargacha oshishi tasdiqlandi. Tasvir aniqligi bo‘yicha tahlillar shuni ko‘rsatadiki, siqish koeffitsientining yuqoriligi (H.265) tufayli ma’lumotlar oqimi 50 foizga tejaladi, bu esa o‘z navbatida 4K UHD formatidagi yuqori sifatli kontentni keng jamoatchilikka yetkazish imkonini beradi. Modulyatsiya tahlili shuni ko‘rsatdiki, 256-QAM usuli uzatish tezligini 30 foizga oshirib, shovqinlarga chidamlilikni (SNR) pastroq darajada ham saqlab qoladi, bu esa qabul qilish sifatining barqarorligini ta’minlaydi. Xatolikni tuzatish algoritmlari (LDPC/BCH) tufayli raqamli signal tashqi xalaqitlardan deyarli himoyalangan bo‘lib, bu analog tizimlardagi tasvir buzilishi muammosini to‘liq bartaraf etadi. Umumiy xulosa sifatida aytish mumkinki, jadvalda keltirilgan texnik evolyutsiya raqamli signalni shakllantirishda qo‘llaniladigan barcha bosqichlarning — diskretlashdan boshlab modulyatsiyagacha bo‘lgan jarayonlarning o‘zaro uyg‘unligi zamonaviy televideniya sifatini belgilovchi asosiy omildir.

Raqamli televizion signalni hosil qilish va shakllantirish jarayonlarini ilmiy-nazariy hamda amaliy jihatdan o‘rganish natijasida quyidagi xulosalarga kelindi: Birinchidan, analog signalni raqamli shaklga o‘tkazishda diskretlash chastotasi va kvantlash sathlarining to‘g‘ri tanlanishi butun tizimning sifat darajasini belgilab beruvchi poydevor hisoblanadi. O‘tkazilgan tahlillar 10 bitli kvantlash tizimining ranglar uzatishda yuqori aniqlikni ta’minlashini ko‘rsatdi. Ikkinchidan, katta hajmdagi ma’lumotlarni siqishda HEVC (H.265) standarti H.264 ga nisbatan ikki barobar ko‘proq samaradorlikka ega ekanligi, bu esa mavjud chastota resurslaridan foydalangan holda 4K va UHD formatdagi kontentlarni uzatishning yagona texnik yechimi ekanligini isbotladi. Uchinchidan, DVB-T2 standarti doirasidagi OFDM modulyatsiyasi va ilg‘or xatolikdan himoya qilish algoritmlari (LDPC/BCH) signalning tashqi shovqinlarga bardoshlilikini maksimal darajaga ko‘taradi va hatto murakkab relyefli hududlarda ham barqaror qabulni kafolatlaydi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. O‘zbekiston Respublikasining “Telekommunikatsiyalar to‘g‘risida”gi Qonuni.
2. Fischer, W. (2010). Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Guide for Engineers. Springer Science & Business Media.

3. Benoit, H. (2015). Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework. Focal Press.
4. Krivosheyev, M. I. (2006). Mejdunarodnaya standartizatsiya sifrovogo televideniya. Moskva: NIIR.
5. Richardson, I. E. (2010). The H.264 Advanced Video Compression Standard. John Wiley & Sons.
6. ETSI EN 302 755. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).
7. Mamadaliyev, N. J., & Razzokov, I. A. (2021). Raqamli televideniye tizimlarida signalni qayta ishlash usullari. Toshkent: Fan va texnologiya.