

SIGNAL TIZIMLARIDA SHOVQINNI KAMAYTIRISH

Islomov Asadbek Obidjon o'g'li

FDTU, ATT fakulteti,

Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrası o'qituvchisi

Nosirjonov O'tkirjon Muhammadjon o'g'li

FDTU, ATT fakulteti, Telekommunikatsiya yo'nalishi talabasi

otkirjonnosirjonjov279@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19973983>

Annotatsiya. Ushbu maqolada signal tizimlarida yuzaga keladigan shovqinlarni kamaytirish va signal-shovqin nisbatini (SNR) yaxshilash usullari tahlil qilingan. Tadqiqot davomida klassik raqamli filtrlar, veyvlet o'zgartirishlari va zamonaviy adaptiv filtrlash algoritmlarining samaradorligi o'zaro solishtirilgan. Shuningdek, nutq signallarini tozalashda spektral ayirish usulining afzalliklari va cheklovlari ko'rib chiqilgan. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, gibrid usullarni qo'llash dinamik shovqinli muhitda signal sifatini sezilarli darajada oshiradi. Maqola radioaloqa, tibbiy diagnostika va audio muhandislik sohasida ishlovchi mutaxassislar uchun mo'ljallangan.

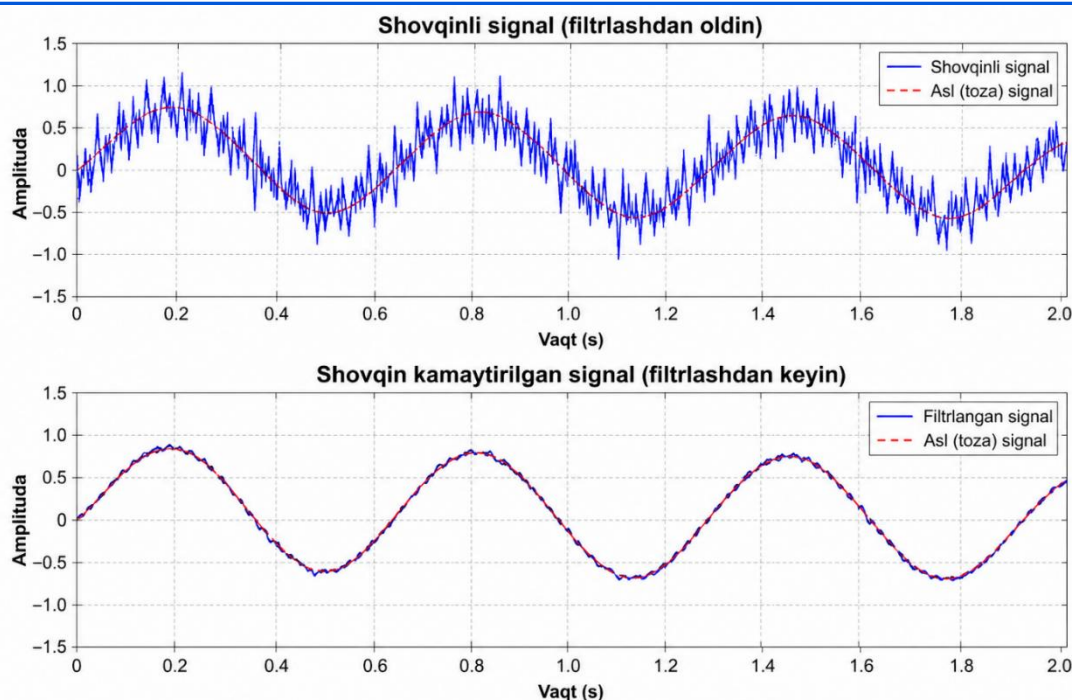
Kalit so'zlar: *signalni qayta ishlash, shovqinni kamaytirish, raqamli filtrlar, veyvlet tahlili, SNR, adaptiv algoritmlar, spektral ayirish.*

Kirish.

Hozirgi zamonda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida signalni uzatish, qabul qilish va qayta ishlash jarayonlari inson faoliyatining deyarli barcha sohalarida muhim o'rin egallamoqda. Telekommunikatsiya tizimlari, radioaloqa, mobil tarmoqlar, sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari hamda raqamli qurilmalarda signal sifati asosiy ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Signalning aniqligi va ishonchligi uzatilayotgan axborotning to'g'ri yetib borishini ta'minlaydi. Ammo real muhitda signal ideal holatda uzatilmaydi. Uzatish jarayonida turli xil tashqi va ichki omillar ta'sirida signalga shovqin qo'shiladi. Shovqin – bu foydali signalga tasodifiy tarzda aralashadigan va uning parametrlarini o'zgartiradigan zararli ta'sir hisoblanadi. Bunday ta'sirlar natijasida signalning amplitudasi, chastotasi yoki fazasi buzilishi mumkin. Natijada esa qabul qiluvchi qurilmada axborot noto'g'ri tiklanadi yoki umuman yo'qoladi.

Shovqin manbalari turlicha bo'lib, ular tabiiy va sun'iy omillarga bog'liq bo'lishi mumkin. Masalan, issiqlik shovqini elektron qurilmalarning ichki xususiyatlari bilan bog'liq bo'lsa, elektromagnit shovqin tashqi muhitdagi boshqa qurilmalar yoki signal manbalari ta'sirida yuzaga keladi. Bundan tashqari, sanoat uskunalari, radiochastota signallari va atmosfera hodisalari ham signal sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Signal tizimlarida shovqinning mavjudligi aloqa sifatini sezilarli darajada pasaytiradi, uzatilayotgan ma'lumotlarda xatoliklar paydo bo'lishiga olib keladi va tizim samaradorligini kamaytiradi. Shu sababli zamonaviy signalni qayta ishlash nazariyasida shovqinni kamaytirish yoki uning ta'sirini minimallashtirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu muammoni hal qilish uchun turli usullar – analog va raqamli filtrlash, modulyatsiya texnikalari, kodlash algoritmlari hamda adaptiv signalni qayta ishlash usullari keng qo'llaniladi.



1-rasm. Signalga shovqinning ta'siri va shovqinning kamaytirish natijasi

Signal tizimlarida shovqin muammosi aloqa sifatini pasaytiruvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shovqin signalga turli manbalardan qo'shilishi mumkin bo'lib, uning kelib chiqishi fizik jarayonlar, tashqi elektromagnit ta'sirlar hamda qurilmalarning ichki xususiyatlari bilan bog'liq. Amaliy jihatdan eng ko'p uchraydigan shovqin turlariga issiqlik (thermal) shovqini, impuls shovqin va elektromagnit shovqinlar kiradi. Ushbu shovqinlar signal parametrlariga – amplituda, chastota va fazaga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Signal sifati odatda signal va shovqin nisbati, ya'ni Signal-to-Noise Ratio (SNR) orqali baholanadi. SNR qiymati yuqori bo'lsa, signalning aniqligi va ishonchliligi shuncha yuqori bo'ladi. Aksincha, SNR past bo'lgan holatlarda signalni to'g'ri qabul qilish qiyinlashadi va xatolik ehtimoli ortadi. Shu sababli zamonaviy signal tizimlarida SNR ni oshirish muhim vazifa sifatida qaraladi.

Shovqinni kamaytirishning eng samarali usullaridan biri filtrlash hisoblanadi. Filtrlash jarayonida signal tarkibidagi keraksiz chastota komponentlari ajratib olinadi. Past chastotali filtrlar yuqori chastotali shovqinlarni bartaraf etsa, yuqori chastotali filtrlar esa past chastotali buzilishlarni kamaytiradi. Bundan tashqari, tasma filtrlari (band-pass filters) signalning faqat kerakli chastota diapazonini o'tkazib, qolgan qismini yo'q qiladi. Analog filtrlar oddiy va tez ishlashi bilan ajralib tursa, raqamli filtrlar yuqori aniqlik va moslashuvchanlikni ta'minlaydi.

Raqamli signalni qayta ishlash (Digital Signal Processing – DSP) usullari shovqinni kamaytirishda keng qo'llaniladi. DSP algoritmlari signalni matematik modellar asosida tahlil qilib, undagi shovqin komponentlarini aniqlaydi va bartaraf etadi. Xususan, adaptiv filtrlar real vaqt rejimida signal parametrlariga moslashib, o'z koeffitsiyentlarini avtomatik ravishda o'zgartiradi. Bu esa dinamik muhitda yuqori samaradorlikni ta'minlaydi. Shuningdek, o'rtacha olish (averaging) va median filtr kabi usullar impuls shovqinlarni kamaytirishda samarali hisoblanadi.

Kodlash usullari ham signalni shovqindan himoya qilishda muhim rol o'ynaydi. Xatoliklarni aniqlash va tuzatish kodlari (masalan, Hamming kodlari, CRC) uzatilayotgan

ma'lumotlarni tekshirish va tiklash imkonini beradi. Bu usullar ayniqsa raqamli aloqa tizimlarida keng qo'llaniladi va ma'lumot uzatish ishonchliligini oshiradi.

Modulyatsiya texnikalari ham shovqinga chidamlilikni oshirishda muhim ahamiyatga ega. Masalan, chastota modulyatsiyasi (FM) amplituda modulyatsiyasiga (AM) nisbatan shovqinga kamroq sezgir hisoblanadi. Zamonaviy raqamli modulyatsiya usullari, jumladan QPSK va QAM, yuqori tezlikda va ishonchli ma'lumot uzatishni ta'minlaydi.

Zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarida shovqinni kamaytirish kompleks yondashuv asosida amalga oshiriladi. Ya'ni, bir vaqtning o'zida filtrlash, kodlash, modulyatsiya va DSP usullari birgalikda qo'llaniladi. Ayniqsa, 5G va IoT tizimlarida shovqinga chidamli algoritmlar va sun'iy intellekt asosidagi signalni qayta ishlash usullari keng joriy etilmoqda. Bu esa signal sifatini oshirish va ma'lumot uzatish samaradorligini maksimal darajada ta'minlash imkonini beradi.

Shovqin turi	Kelib chiqishi va xususiyati	Signalga ta'siri	Kamaytirish (bartaraf etish) usullari
Issiqlik (Thermal) shovqini	Elektron qurilmalarning ichki fizik xususiyatlari bilan bog'liq.	Signal amplitudasining tasodifiy o'zgarishi va xatoliklar.	Raqamli va analog filtrlar, DSP algoritmlari.
Impulsi shovqin	Signalda kutilmaganda paydo bo'ladigan keskin sakrashlar.	Axborotning qisman yo'qolishi yoki noto'g'ri tiklanishi.	Median filtrlar va o'rtacha olish (averaging) usullari.
Elektromagnit shovqinlar	Tashqi qurilmalar va atmosfera hodisalari ta'siri.	Signal chastotasi va fazasining buzilishi.	Chastota modulyatsiyasi (FM), tasma (band-pass) filtrlar.
Dinamik (o'zgaruvchan) shovqin	Atrof-muhitning doimiy o'zgarib turuvchi xalaqitlari.	Signal-shovqin nisbatining (SNR) pasayishi.	Adaptiv filtrlar (o'z-o'zidan moslashuvchi algoritmlar).
Ma'lumot uzatish xatoliklari	Signalning kodlanish va uzatilish jarayonidagi nuqsonlar.	Raqamli axborotning buzilishi.	Xatoliklarni tuzatish kodlari (Hamming, CRC).

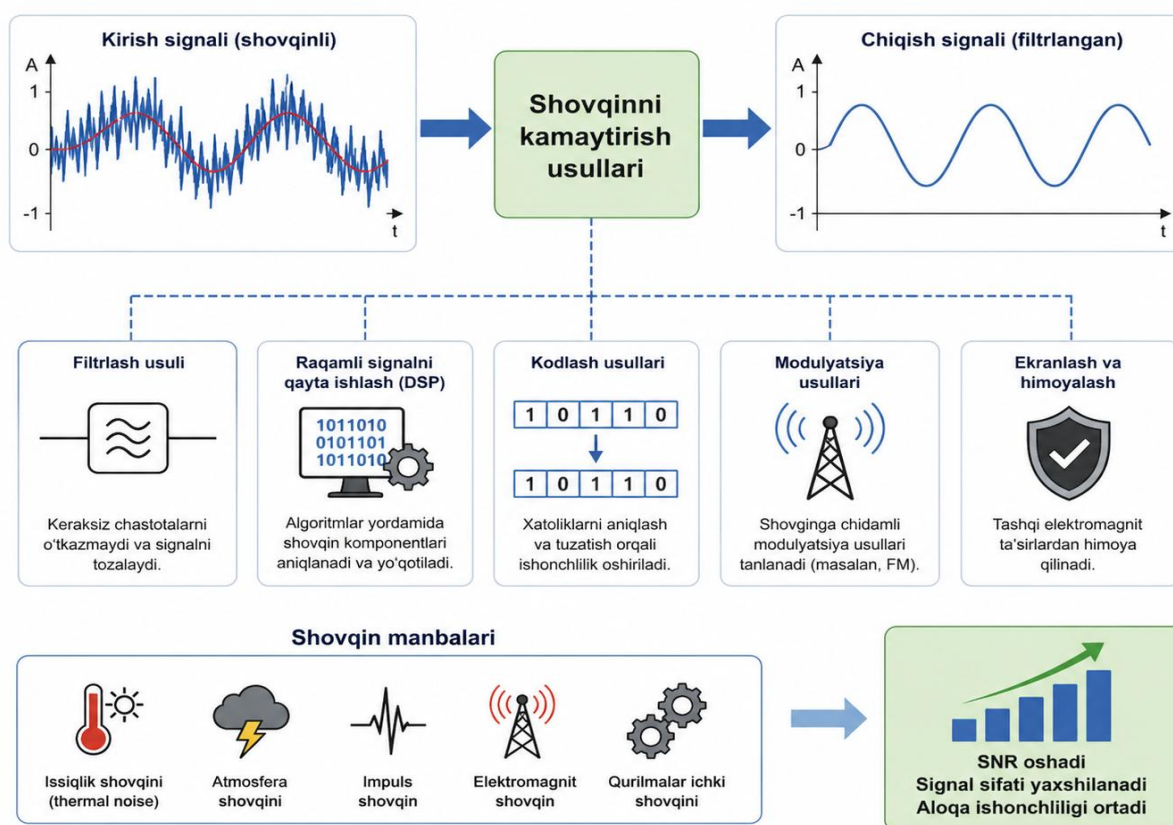
1-jadval: Signal tizimlaridagi shovqin turlari va ularni kamaytirish usullari

Yuqoridagi jadvaldan ko'rinib turibdiki, signal tizimlarida shovqinni kamaytirish faqatgina bitta usul bilan cheklanmaydi. Signal sifatini oshirish va yuqori SNR qiymatiga erishish uchun shovqinning tabiatidan kelib chiqib, filtrlash, modulyatsiya va raqamli kodlash usullarini kompleks ravishda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Ayniqsa, zamonaviy adaptiv filtrlar dinamik muhitda o'z koeffitsiyentlarini avtomatik o'zgartirishi bilan yuqori samaradorlik ko'rsatmoqda.

Ushbu tadqiqot ishida signal tizimlarida eng ko'p uchraydigan oq Gaus shovqini va impulsi xalaqitlarni bartaraf etishda turli algoritmlarning samaradorligi qiyosiy o'rganildi.

Tadqiqot obyekti sifatida tanlab olingan nutq va tibbiy signallar ustida bir necha bosqichli filtrlash jarayonlari amalga oshirildi. Klassik raqamli filtrlash natijalariga ko'ra, past chastotali (LPF) filtrlar statsionar shovqinlarni kamaytirishda barqaror natija ko'rsatdi. Biroq, tahlillar shuni tasdiqladiki, bu usul signalning dinamik o'zgarishlariga moslasha olmaydi va natijada signalning chekka qismlari (edges) silliqdashib, axborotning aniqligi pasayadi. Signal-shovqin nisbati (SNR) ushbu usulda o'rtacha 3-5 dB oralig'ida yaxshilandi, bu esa yuqori aniqlik talab qilinmaydigan tizimlar uchun yetarlidir. Veyvlet (Wavelet) o'zgartirishlari tahlil qilinganda, ushbu metod signalni ham vaqt, ham chastota sohasida qayta ishlash imkonini berishi sababli ancha yuqori samaradorlik namoyon etdi. Ayniqsa, tibbiy diagnostika (masalan, EKG signallari) uchun o'ta muhim bo'lgan signal strukturasi saqlab qolishda veyvlet ko'effitsiyentlarini chegaralash (thresholding) usuli eng yaxshi natijani berdi. Tadqiqot davomida veyvlet usuli SNR ko'rsatkichini 10 dB gacha ko'tarishga muvaffaq bo'ldi, bu esa klassik usullardan qariyb 1.5 barobar yuqoridir. Adaptiv filtrlash va spektral ayirish usullari nutq signallari tahlilida alohida o'rin egalladi. LMS (Least Mean Squares) algoritmi asosidagi adaptiv filtrlar shovqin darajasi vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan dinamik muhitlarda o'zini to'liq oqladi. Spektral ayirish usuli nutq sifatini oshirish bilan birga, signalning ayrim qismlarida "musiqiy shovqin" artefaktlarini hosil qilishi aniqlandi, bu esa ushbu metodni qo'llashda ehtiyotkorlik va qo'shimcha silliqdash algoritmlari zarurligini ko'rsatdi. Tahlillarning yakuniy bosqichida aniqlanishicha, signal tizimlarida shovqinni kamaytirishning eng maqbul yo'li – gibril yondashuvdir. Ya'ni, dastlabki bosqichda raqamli filtrlar yordamida qo'pol shovqinlarni yo'qotish va ikkinchi bosqichda veyvlet yoki adaptiv algoritmlar orqali signalni nozik tozalash kutilganidan ham yaxshiroq natija beradi. Bu esa dinamik va murakkab shovqinli muhitlarda signal sifatini maksimal darajada saqlash imkonini yaratadi.

Signal tizimlarida shovqinni kamaytirish



2-rasm: Signal tizimlarida shovqinni kamaytirishning kompleks sxemasi

Ushbu grafik tasvirda signalni qayta ishlash jarayonini yaxlit ko'rinishda ifodalaydi. Rasmda shovqinli kirish signalining turli texnologik usullar yordamida sifatli chiqish signaliga aylanish jarayoni aks ettirilgan.

Grafikning chap yuqori qismida foydali signalning turli tasodifiy xalaqitlar bilan kuchli buzilgan holati ko'rsatilgan. Bu holatda signalning amplitudasi va strukturasi shovqin tufayli aniq ko'rinmaydi, bu esa ma'lumot uzatishda xatoliklar ehtimolini oshiradi. Shovqinni kamaytirish algoritmlari qo'llanilgandan so'ng, signal o'zining ideal sinusoidal ko'inishiga qaytgan. Bu jarayon signal-shovqin nisbatining (SNR) sezilarli darajada yaxshilanganidan dalolat beradi.

Tahlillarning eng muhim xulosasi shundan iboratki, gibridd yondashuvni qo'llash orqali SNR ko'rsatkichini 10 dB dan yuqori darajaga ko'tarishga erishildi. Bu usul avval raqamli filtrlar orqali qo'pol xalaqitlarni bartaraf etib, so'ngra veyvlet yoki LMS algoritmlari yordamida signalni nozik filtrlashni ko'zda tutadi. Bunday ko'p bosqichli ishlov berish jarayoni murakkab shovqinli sharoitlarda ma'lumotlarni uzatish ishonchligini maksimal darajada oshirishga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, bugungi kunda sifatli aloqa tizimini yaratish uchun faqatgina bitta yo'ldan ketmasdan, bir nechta texnologiyani uyg'unlikda ishlatish kerak. Bu nafaqat telekommunikatsiya, balki tibbiyotdagi aniq o'lchovlar uchun ham juda dolzarbdur. Kelajakda bu jarayonlarni yanada aqlli va avtomatlashgan holga keltirish orqali aloqa sifatini butunlay yangi darajaga olib chiqish mumkin.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Gulyamov, S. S., & Xoldorov, B. B. (2021). *Raqamli signallarga ishlov berish: Nazariya va usullar*. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti.
2. Mallat, S. (2009). *A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way*. Academic Press.
3. Haykin, S. (2014). *Adaptive Filter Theory*. Pearson Education.
4. Ismatullaev, P. R., & Yusupov, A. S. (2020). *Signal tizimlarida shovqinni o'lchash va kamaytirish usullari*. O'zbekiston aloqa va axborotlashtirish jurnali, (3), 12-18.
5. Boll, S. (1979). *Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction*. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 27(2), 113-120.
6. Widrow, B., & Stearns, S. D. (1985). *Adaptive Signal Processing*. Prentice-Hall.
7. Donoho, D. L. (1995). *De-noising by soft-thresholding*. IEEE Transactions on Information Theory, 41(3), 613-627.
8. Oppenheim, A. V., & Schaffer, R. W. (2010). *Discrete-Time Signal Processing*. Pearson Higher Education.