ANALOG VA RAQAMLI SIGNAL (ZAMONAVIY AXBOROT TEXNOLOGIYALARINING ASOSI)

Usanov Davronbek
Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti
ATT fakulteti 732-23 guruh talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada analog va raqamli signallarning fizik mohiyati, matematik asoslari, texnologik xususiyatlari va amaliy qo‘llanilishi keng yoritiladi. Signallarni taqqoslash, ularning afzalliklari va kamchiliklari, shuningdek zamonaviy raqamli inqilob davridagi o‘rni muhokama qilinadi. Maqola muhandislik, fizika va axborot texnologiyalari sohasida tahsil olayotgan talabalarga, shuningdek ushbu mavzuga qiziqqan har qanday o‘quvchiga mo‘ljallangan.

Kalit so‘zlar: Analog signal, raqamli signal, signal, axborot texnologiyalari, diskret signal, uzluksiz signal, ADC, DAC, sampling, kvantlash, shovqin, chastota, amplituda.

Kirish

Biz yashayotgan olam — bu to‘xtovsiz o‘zgaruvchan ma'lumotlar oqimi. Yerning tortishish kuchi, shamolning shiviri, quyoshning nuri — bularning barchasi bizga biror narsa "aytadi". Ammo bu "aytilgan" ma'lumotni masofaga uzatish, saqlash va qayta ishlash uchun uni signal shakliga o‘tkazish kerak.

Fizika fanida signal — bu vaqt yoki makon bo‘yicha o‘zgaruvchi biror fizik kattalikdir. Bu elektr kuchlanishi, tovush bosimi, yorug‘lik intensivligi yoki hatto magnit maydoni bo‘lishi mumkin. Signal atrofidagi muhitdan ma'lumot tashiydi va uni qabul qiluvchiga yetkazadi.

"Axborot — bu tanlash va berilgan imkoniyatlar to‘plamidagi erkinlik o‘lchovidir." — Norbert Viner, Kibernetika asoschilaridan biri

Signallarning ikki asosiy turi mavjud: analog va raqamli. Bu ikki tushuncha zamonaviy texnologiyaning poydevori bo‘lib, ular o‘rtasidagi farqni tushunish — muhandislik, informatika va fizika sohasidagi har qanday mutaxassis uchun zaruriy bilimdir.

Analog Signal: Tabiatning Tili

Ta'rif va mohiyat. Analog signal (yunoncha analogos — "proporsional, o‘xshash" so‘zidan) — bu uzluksiz (kontinual) ravishda o‘zgaradigan signal bo‘lib, u tabiatdagi fizik jarayonlarni bevosita aks ettiradi. Analog signalda qiymat har qanday miqdor bo‘lishi mumkin — chegarasiz ko‘p oraliq qiymatlar mavjud.

Matematik jihatdan, analog signal f(t) funksiyasi sifatida ifodalanadi, bu yerda t — vaqt, va f — istalgan haqiqiy son qiymatini qabul qila oladigan miqdor. Masalan, mikrofon membranasining tebranishi — bu analog signal: u havo bosimidagi ozgina o‘zgarishni ham aniq qayd etadi.

Tarixiy ma'lumotnoma. *Analog signallar insoniyat texnologiyasining dastlabki asosi edi. 1876-yilda Alexander Graham Bell ixtiro qilgan telefon — birinchi uzoq masofali analog qurilma. Undagi elektr toki ovoz to‘lqinini aniq "nusxalab" oqar edi. 1877-yilda Thomas Edison fonografni yaratdi — analog ovoz yozuvining boshlanishi. Bu texnologiya 20-asrning oxirigacha hukmron bo‘lib qoldi.*

Analog signalning xususiyatlari

Amplituda: Signalning eng katta va eng kichik qiymatlari orasidagi farq. Masalan, musiqa kuchli bo‘lsa, amplituda katta bo‘ladi.

Chastota: Signalning bir soniyada necha marta takrorlanishi. O‘lchov birligi — Gerts (Hz). Inson qulog‘i 20 Hz dan 20 000 Hz gacha eshitadi.

Faza: Signalning vaqt bo‘yicha o‘rini. Faza siljishi ikki signalning bir-biriga nisbatan farqini ko‘rsatadi.

Uzluksizlik: Analog signalning eng muhim xususiyati — u istalgan vaqt momentida aniq bir qiymatga ega bo‘ladi. Hech qanday "bo‘shliq" yo‘q.

Analog signalning kamchiliklari

Analog signalning eng katta muammosi — shovqinga (noise) sezgirligidir. Signal uzatilganda atrofdan elektromagnit halaqitlar, issiqlik shovqini va boshqa omillar signalga qo‘shilib ketadi. Buni asl signaldan ajratish juda qiyin, ba'zan esa mumkin emas.

Misol: Eski vinyl plastinkalardagi "shitirlash" — bu analog signalga qo‘shilgan shovqin. Yoki uzoq masofali analog telefon suhbatidagi "xirillash" ham shu hodisaning natijasi.

Raqamli Signal: Zamonaviy Inqilob

Ta'rif va matematik asosi. Raqamli signal (inglizcha digital — "raqam" so‘zidan) — faqat cheklangan miqdordagi diskret qiymatlarni qabul qila oladigan signal. Eng keng tarqalgan shakli — ikkilik (binary) signal bo‘lib, u faqat ikkita qiymat: 0 va 1 ni qabul qiladi. Bu qiymatlar fizik jihatdan kuchlanishning past (0 V) va yuqori (3.3 V yoki 5 V) darajalariga mos keladi. 1948-yilda Claude Shannon "Axborot nazariyasining matematik asoslari" asarini e'lon qildi. Bu asar raqamli aloqaning nazariy poydevorini qo‘ydi. Shannon bit (binary digit — ikkilik raqam) tushunchasini kiritdi va axborotni matematik tarzda o‘lchash mumkinligini isbotladi.

"Axborot siz bilmasligingizni yaxshi biladigan narsadir." — Claude Shannon

Diskretlashtirish jarayoni

Tabiatdagi analog signallarni raqamli formatga o‘tkazish uchun ikki asosiy jarayon bajariladi:

Namuna olish (Sampling): Analog signal ma'lum vaqt oraliqlarida o‘lchanadi. Namuna olish chastotasi Nyquist teoremasiga ko‘ra signal chastotasidan kamida 2 marta katta bo‘lishi shart. Masalan, musiqa uchun 44 100 Hz (CD sifati) — bu inson qulog‘ining 20 000 Hz chegarasidan ikki baravar ko‘p.

Kvantlash (Quantization): Har bir namuna yaqin butun songa yaxlitlanadi. Kvantlash chuqurligi signalning aniqligini belgilaydi. 8-bit kvantlash 256 ta daraja, 16-bit esa 65 536 ta daraja beradi.

QIZIQARLI FAKT. *Zamonaviy raqamli audio (24-bit/192kHz) analog signalning har bir soniyasidan 4 608 000 ta namuna oladi! Bu shunchalik ko‘pki, inson qulog‘i analog va raqamli ovoz o‘rtasidagi farqni sezmaydi. Aslida, CD (16-bit/44.1kHz) ham nazariy jihatdan inson eshitish qobiliyatining chegarasida ishlaydi.*

Raqamli signalning afzalliklari

Raqamli signallarning shovqinga chidamliligi ularga g‘alaba keltirdi. Signalni uzatishda shovqin qo‘shilsa ham, agar kuchlanish 0 yoki 1 ni aniqlash uchun yetarli

darajada saqlanib qolsa, signal regeneratsiya qilinib, asl holiga keltirilishi mumkin. Bu xususiyat raqamli signallarni masofali aloqada tengsiz qiladi.

Bundan tashqari, raqamli ma'lumotlarni siqish (compression) mumkin. MP3 formati musiqani original fayldan 10 marta kichik hajmda saqlaydi, sifatni deyarli yo‘qotmasdan. Bu analog texnologiyada mumkin emas edi.

Solishtirma Tahlil: Analog Va Raqamli

Quyidagi jadval analog va raqamli signallarning asosiy xususiyatlarini to‘liq solishtiradi:

Xususiyat	Analog signal	Raqamli signal
Tavsif	Uzluksiz to‘lqin shakli	Diskret (0 va 1) qiymatlar
Shovqinga chidamlilik	Past — shovqin signalni buzadi	Yuqori — shovqin filtrlash oson
Axborot sig‘imi	Cheksiz aniqliq (nazariy)	Bitlar soni bilan chegaralangan
Uzatish masofasi	Kuchaytirgichsiz cheklangan	Regeneratsiya bilan cheksiz
Qayta ishlash	Murakkab, analog qurilmalar	Oddiy, protsessor va dasturlar
Xotiraga yozish	Qiyin, sifat yo‘qoladi	Oson, hech qanday yo‘qotishsiz
Qo‘llanish sohalari	Audio, sensor, radio	Kompyuter, internet, raqamli TV
Standart misol	Eski telefon liniyasi	Zamonaviy smartfon

Amaliy qo‘llanilish sohalari

Analog signallar bugungi kunda ko‘pchilik "analog — eskirgan" deb o‘ylashi mumkin. Lekin bu yanglish. Analog signallar hozir ham ko‘plab sohalarda muqarrar:

Tibbiyot: EKG (yurak elektrokardiogramma), EEG (miya to‘lqinlari), ultratovush qurilmalari — bularning barchasi analog sensorlar asosida ishlaydi. Inson tanasidagi bioelektrik jarayonlar analog tabiatga ega.

Sanoat sensori: Zavod liniyalaridagi harorat, bosim, tezlik sensorlari analog signal chiqaradi. Ular uzluksiz monitoring uchun raqamli tizimlar bilan birgalikda ishlatiladi.

Radio eshittirish: AM va FM radioeshittirish hali ham analog. Garchi raqamli radio (DAB) joriy etilmoqda bo‘lsa-da, millionlab eski qurilmalar analog signallarni qabul qilishda davom etmoqda.

Raqamli signallarning hukmronligi

Zamonaviy dunyoning aksariyati raqamli signallar ustiga qurilgan. Internet butunlay raqamli protokollar (TCP/IP) asosida ishlaydi. Smartfonlar, kompyuterlar, raqamli televizorlar, GPS — bularning barchasi raqamli signallarni qayta ishlaydigan qurilmalardir.

5G texnologiyasi soniyada gigabit tezligida raqamli ma'lumot uzatadi. Suniy intellekt va machine learning algoritmlari ham raqamli ma'lumotlar bilan ishlaydi — bu soha hali ko‘p inqiloblar keltirishini va'da qilmoqda.

ADC va DAC: Ko‘prik qurilmalari

Real dunyoda analog va raqamli signallar birgalikda ishlaydi. Ular orasida ko‘prik qurilmalari mavjud:

ADC (Analog-to-Digital Converter) — Analog-Raqamli Konvertor: Analog signalni raqamli formatga o‘tkazadi. Mikrofon, kamera sensori — bularda ADC mavjud.

DAC (Digital-to-Analog Converter) — Raqamli-Analog Konvertor: Raqamli signalni analog formatga qaytaradi. Audio karnay oldida, monitor ekrani oldida — DAC ishlaydi.

MUSIQA TIZIMIDAGI TO‘LIQ ZANJIR. *Ovoz (analog) → Mikrofon (ADC) → Raqamli fayl (0 va 1) → Kompyuterda tahrirlash → MP3/FLAC → DAC → Kuchaytirgich → Karnay (analog to‘lqin) → Quloqqa etib boradi. Bu zanjirdagi ADC va DAC sifati to‘g‘ridan-to‘g‘ri ovoz sifatiga ta'sir qiladi.*

Kelajak: Gibrid Dunyoda Yashash

Raqamli inqilob analog signallarni butunlay yo‘q qilmadi — aksincha, ularni yangi darajaga ko‘tardi. Zamonaviy muhandislik bu ikki dunyoning eng yaxshi tomonlarini birlashtiradi. Kvant kompyuterlar esa mutlaqo yangi signal paradigmasini vujudga keltirmoqda — kvant bitlar (qubitlar) bir vaqtda ham 0, ham 1 bo‘la oladi.

Neyromorfik kompyuterlar inson miyasining analog ishlash tamoyilini raqamli donanmada simulyatsiya qilishga harakat qilmoqda. Bu yondashuv kelajakda energiya sarfini 1000 marta kamaytirishi mumkin deb kutilmoqda.

Internet of Things (Narsalar Interneti) texnologiyasi real dunyo sensorlari (analog) bilan bulut platformalar (raqamli) ni bog‘lamoqda. 2025-yilga kelib 75 milliarddan ortiq qurilma internetga ulangan bo‘ladi — bularning barchasi analog-raqamli ko‘prik orqali ishlaydi.

"Biz raqamli va analog dunyolarning birlashuvini ko‘rmoqdamiz. Kelajak texnologiyasi bu ikki olamning chegarasini yo‘q qiladi." — Michio Kaku, fizik va futurist

Xulosa

Analog va raqamli signallar — zamonaviy texnologiyaning ikki asosi. Analog signal tabiatning uzluksiz tilini gapiradi va insonning hissiy tajribasiga yaqinroq. Raqamli signal esa aniqlik, ishonchlilik va moslashuvchanlik jihatidan tengsiz.

Ularning birgalikdagi ishi — ADC va DAC qurilmalari orqali — zamonaviy dunyoni harakatga keltiradi. Mikrofonga so‘zlagan gapingiz soniyalar ichida analog to‘lqindan raqamli bitlarga, so‘ng yana analog tovushga aylanib, minglab kilometr naridagi quloqqa yetib boradi.

Bu ikki tushunchani chuqur tushunish — nafaqat muhandislar va olimlar, balki zamonaviy raqamli dunyo fuqarosi bo‘lgan har bir inson uchun muhimdir. Chunki biz analog tabiatda tug‘ilib, raqamli tsivilizatsiyada yashamoqdamiz.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Shannon, C.E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal, 27(3), 379-423.

2. Haykin, S. (2001). Communication Systems (4th ed.). John Wiley & Sons.

3. Proakis, J.G., & Manolakis, D.G. (2006). Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications. Pearson.

4. Oppenheim, A.V., & Schafer, R.W. (2009). Discrete-Time Signal Processing (3rd ed.). Prentice Hall.

5. Couch, L.W. (2012). Digital and Analog Communication Systems (8th ed.). Pearson Education.

6. O‘zbekiston Respublikasi. Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalar vazirligi. Milliy raqamlashtirish dasturi 2030.