Vol. 1, Issue 3

ZAMONAVIY MULTIMEDIA ALOQA TARMOQLARIDA WEBRTC VA ADAPTIVE BITRATE STREAMING (ABR) TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TRAFIKNI OPTIMALLASHTIRISH HAMDA XIZMAT SIFATINI (QOS/QOE) TA'MINLASH MEXANIZMLARI

Ismoilov Nizomjon A'zamjon o'g'li

Farg'ona davlat texnika universiteti talabasi

E-mail: ismoilovnizomjon895@gmail.com

Dalibekov Lochinbek Rustambekovich

Ilmiy rahbar, FDTU, ATT fakulteti, Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrasi katta o'qituvchisi

E-mail: dalibekov86@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tezisda zamonaviy IP-tarmoqlarda real vaqt rejimidagi multimedia trafigini (audio, video, interaktiv ma'lumotlar) uzatishning arxitektura tamoyillari va muammolari tadqiq etilgan. Xususan, kechikishga (latency) va paketlar yo'qolishiga (packet loss) o'ta sezgir bo'lgan oqimli ma'lumotlar uchun WebRTC protokollari steki hamda MPEG-DASH va HLS kabi moslashuvchan bitreytli striming (ABR) algoritmlarining ishlash mexanizmlari tahlil qilingan. Shuningdek, tarmoq o'tkazuvchanlik qobiliyati o'zgaruvchan bo'lgan sharoitlarda foydalanuvchi tajribasi sifatini (QoE) yuqori darajada saqlab qolish uchun DiffServ modeli va FEC (Forward Error Correction) xatoliklarni tuzatish usullarini integratsiyalash bo'yicha ilmiy-texnik tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: Multimedia tarmoqlari, WebRTC, Adaptive Bitrate Streaming (ABR), QoS, QoE, RTP/RTCP, kodeklar, jitter, trafik muhandisligi.

Kirish

Bugungi kunda global internet trafigining 80 foizdan ortig‘ini video va multimedia ma’lumotlari tashkil etmoqda. Masofaviy ta’lim, telemeditsina, 4K/8K formatidagi striming xizmatlari hamda bulutli o‘yin (Cloud Gaming) platformalarining jadal rivojlanishi aloqa tarmoqlari oldiga o‘ta qat’iy talablarni qo‘ymoqda. Oddiy matnli ma’lumotlardan farqli o‘laroq, multimedia trafigi izoxron xususiyatga ega bo‘lib, unda paketlarning yetib kelish vaqti va ketma-ketligi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. An’anaviy TCP protokoli paket yo‘qolganda uni qayta uzatish (retransmission) mexanizmidan foydalangani sababli, real vaqt rejimidagi videoaloqada katta kechikishlarni yuzaga keltiradi. Shu bois, zamonaviy multimedia aloqa tarmoqlarida UDP bazasidagi tezkor protokollar, aqlli buferlash algoritmlari va tarmoq resurslarini dinamik taqsimlash texnologiyalarini qo‘llash dolzarb ilmiy-texnik vazifa hisoblanadi.

Multimedia oqimlarini tarmoq orqali samarali uzatishning birinchi bosqichi bu — analog signalni raqamlashtirish va yuqori samarali siqish (kompressiya) algoritmlaridan foydalanishdir. Zamonaviy tarmoqlarda quyidagi video va audio kodeklar asosiy o‘rin tutadi: H.265 (HEVC) va AV1: H.264 standartiga nisbatan bir xil tasvir sifatini saqlagan holda bitreyt talabini 40–50% gacha kamaytirish imkonini beradi. AV1 ochiq kodli va litsenziyasiz bo‘lib, veb-strimingda keng qo‘llanilmoqda. Opus audio kodeki: Nutq va musiqani 6 kbit/s dan 510 kbit/s gacha bo‘lgan keng diapazonda, o‘ta past algoritmik kechikish (2.5 ms dan 60 ms gacha) bilan kodlash imkoniyatiga ega. Siqilgan media-oqimlar tarmoqqa uzatilishidan oldin RTP (Real-time Transport Protocol) paketlariga joylashtiriladi. RTP har bir paketga vaqt belgisi (timestamp) va tartib raqamini (sequence number) biriktiradi. Qabul qiluvchi tomon esa RTCP (RTP Control Protocol) orqali tarmoq holati — paketlar yo‘qolishi foizi, kechikishlar tebranishi (jitter) va o‘tkazuvchanlik haqida uzatuvchiga teskari aloqa (feedback) yuboradi.

Multimedia aloqasini tashkil etish ikki asosiy yo‘nalishga bo‘linadi: real vaqt rejimidagi interaktiv aloqa va talab bo‘yicha yoki jonli striming. WebRTC (Web Real-Time Communication) texnologiyasi brauzerlar va mobil ilovalar o‘rtasida qo‘shimcha plaginlarsiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri (Peerto-Peer) audio, video va ma’lumotlar almashinuvini ta’minlaydi. WebRTC arxitekturasida NAT va Firewall to‘siqlarini chetlab o‘tish uchun ICE (Interactive Connectivity Establishment) freymvorki doirasida STUN va TURN serverlaridan foydalaniladi. Xavfsizlik esa majburiy tarzda DTLS va SRTP protokollari orqali shifrlash bilan kafolatlanadi. WebRTC da tarmoq tiqilinchini boshqarish uchun GCC (Google Congestion Control) algoritmi qo‘llanilib, u paketlarning yetib kelish vaqti gradientini tahlil qilish orqali video bitreytini millisekundlar ichida moslashtiradi. Adaptive Bitrate Streaming (ABR) texnologiyalari (MPEG-DASH va Apple HLS) esa bir vaqtning o‘zida ko‘plab foydalanuvchilarga video uzatishda samarali. Bu usulda video fayl serverda turli sifat darajalarida (masalan, 360p, 720p, 1080p, 4K) kodlanadi va 2–10 soniyalik kichik segmentlarga (chunks) bo‘linadi. Mijoz qurilmasi o‘zining joriy tarmoq tezligi va bufer to‘lganlik darajasini baholab, har bir keyingi segmentni qaysi sifat darajasida yuklab olishni mustaqil hal qiladi.

Parametr	Real-time (WebRTC)	ABR Striming (HLS / DASH)
Transport protokoli	UDP (RTP / SRTP)	TCP (HTTP/2, HTTP/3 QUIC)
Kechikish (Latency)	< 150–400 ms (o‘ta past)	2 – 15 soniya (Low-Latency rejimda ~1-2 s)
Xatoliklarni tuzatish	FEC, NACK (tanlab qayta so‘rash)	TCP to‘liq qayta uzatish mexanizmi
Qo‘llanilish sohasi	Videokonferensiya, IP-telefoniya, Cloud Gaming	IPTV, OTT platformalar, jonli efirlar

Multimedia tarmoqlarida trafik ustuvorligini ta’minlash uchun marshrutizatorlarda DiffServ (Differentiated Services) modeli joriy etiladi. IP-paket sarlavhasidagi DSCP (Differentiated Services Code Point) maydoni orqali ovozli trafik EF (Expedited Forwarding) sinfiga, interaktiv video esa AF41 (Assured Forwarding) sinfiga ajratiladi. Bu navbatlarda (queues) multimedia paketlarining oddiy fayl yuklash

(Best Effort) paketlaridan oldin xizmat ko‘rsatilishini kafolatlaydi. Shuningdek, qabul qiluvchi tomonda tarmoqdagi o‘zgaruvchan kechikishlarni tekislash uchun Adaptive Jitter Buffer qo‘llaniladi. Agar tarmoqda jitter ortsa, bufer hajmi avtomatik ravishda kengayib, ovoz va tasvirning uzilib qolishining oldini oladi; tarmoq barqarorlashganda esa umumiy kechikishni kamaytirish uchun bufer qisqaradi.

Xulosa

Zamonaviy multimedia aloqa tarmoqlarining samaradorligi nafaqat kanalning fizik o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga, balki transport va ilova pog‘onalaridagi intellektual boshqaruv algoritmlariga bevosita bog‘liq. WebRTC va ABR texnologiyalarining HTTP/3 (QUIC) protokoli bilan integratsiyalashuvi hamda tarmoq tugunlarida DSCP asosidagi QoS siyosatlarining to‘g‘ri konfiguratsiya qilinishi kechikishlarni minimal darajaga tushirish va foydalanuvchilarga yuqori sifatli (QoE) multimedia xizmatlarini taqdim etish imkonini beradi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Kurose J. F., Ross K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th Edition. Pearson, 2021
2. Johnston A. B., Burnett D. C. WebRTC: APIs and RTCWEB Protocols of the HTML5 Real-Time Web. Digital Codex LLC, 2020.
3. ITU-T Recommendation G.1010. End-user multimedia QoS categories. Geneva, 2022.
4. Sodagar I. The MPEG-DASH Standard for Multimedia Streaming Over the Internet. IEEE MultiMedia, Vol. 18, No.