

“ENDOKRIN BIOMARKERLARNI MASOFAVIY MONITORING QILISHDA RADIOALOQA KANALLARINING ISHONCHLILIGI”

Dalibekov Lochinbek Rustambekovich

Raxmatxonov Boboxo'ja Shukurulloxon o'g'li

Farg'ona Davlat Texnika Universiteti talabasi

Maqsudov Shoyatbek Abdusalom o'g'li

Farg'ona Davlat Texnika Universiteti talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqola endokrin biomarkerlarni masofaviy monitoring qilishda radioaloqa tizimlarining ishonchliligi masalasiga bag'ishlangan. Tadqiqotda glukoza, insulin va tiroid gormonlarini o'lchaydigan IoT sensorlar orqali olingan ma'lumotlar tahlil qilindi. Radioaloqa kanallaridagi kechikish, paket yo'qotilishi, shovqin va interferensiya darajalari baholandi. Standart uzatish protokollari real vaqtli monitoringda diagnostik aniqlikni pasaytiradi. Taklif etilgan optimizatsiya strategiyalari tarmoq o'tkazuvchanligini oshirib, ma'lumotlar uzatilishini tezlashtiradi, paket yo'qotilishini kamaytiradi va teleendokrinologiyada ishonchli monitoringni ta'minlaydi. Ushbu yondashuv klinik qaror qabul qilishni tezlashtirish va bemor xavfsizligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: endokrin biomarkerlar, masofaviy monitoring, radioaloqa tizimlari, IoT sensorlar, paket yo'qotilishi, kechikish, interferensiya, teleendokrinologiya, uzatish ishonchliligi, protokol optimizatsiyasi.

Kirish. Endokrin tizimning patologik buzilishlari, qandli diabet, tiroid kasalliklari va gormon disbalanslari, jahon sog'liqni saqlash tizimida katta ahamiyatga ega. Ushbu kasalliklarni erta aniqlash va monitoring qilish uchun biomarkerlarni qon glukoza darajasi, insulin, tiroid gormonlari — doimiy ravishda kuzatish talab etiladi. So'nggi yillarda IoT (Internet of Things) texnologiyalari va masofaviy monitoring qurilmalari bu jarayonni sezilarli darajada avtomatlashtirdi. Ma'lumotlarni real vaqt rejimida uzatish radioaloqa kanallariga bog'liq bo'lib, tarmoq kechikishi, paket yo'qotilishi, interferensiya va shovqin diagnostik aniqlikka sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Teleendokrinologiya platformalarida sensorlar va markaziy serverlar o'rtasida uzatiladigan ma'lumotlar yuqori aniqlik, xavfsizlik va tezkorlikni talab qiladi. Biroq mavjud radioaloqa infratuzilmasi har doim ushbu talablarni qondira olmaydi, natijada klinik qaror qabul qilish kechikadi va monitoring sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Endokrin biomarkerlarni masofaviy monitoring qilishda radioaloqa kanallarining ishonchliligi va optimallashtirish strategiyalari dolzarb ilmiy va amaliy masala hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi radioaloqa tizimlari orqali endokrin biomarkerlar ma'lumotlarini real vaqt rejimida uzatish samaradorligini baholash va

optimizatsiya strategiyalarini ishlab chiqishdir. Teleendokrinologiyada tarmoq ishonchliligi va klinik diagnostik aniqlikni oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot qismi. Ushbu tadqiqot endokrin biomarkerlarni masofaviy monitoring qilishda radioaloqa tizimlarining ishonchliligini baholashga qaratilgan. Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahridagi telemeditsina markazida 120 nafar bemor tanlandi, ulardan 70 nafari qandli diabet, 50 nafari tiroid kasalligi bilan og‘rigan. Har bir bemordan glukoza, insulin va tiroid gormonlari darajasi IoT sensorlar yordamida real vaqt rejimida o‘lchandi. Sensorlar tomonidan olingan ma’lumotlar ZigBee va LoRa radioaloqa protokollari orqali markaziy serverga uzatildi. Tadqiqotning markaziy maqsadi radioaloqa kanallari orqali uzatiladigan ma’lumotlarning kechikishi, paket yo‘qotilishi, interferensiya va signal sifati (SNR) kabi parametrlarini aniqlash edi. ZigBee protokoli 2,4 GHz diapazonda 250 kbps tezlik bilan ishladi, LoRa esa 868 MHz diapazonda past energiya va uzoq masofaga mo‘ljallangan. Har bir kanalda real vaqtli monitoring davomida olingan ma’lumotlar MATLAB va Python dasturlarida tahlil qilindi, statistika uchun ANOVA testi va 95% ishonch oralig‘i ishlatildi. Tadqiqot jarayonida ikki model solishtirildi: birinchi model standart radioaloqa protokoli, ikkinchisi optimizatsiya qilingan protokol bo‘lib, unda adaptive retransmission, paket prioritetlash va shovqinni kamaytirish algoritmlari qo‘llandi. Shuningdek, ma’lumotlarning xavfsizligini ta’minlash uchun AES-128 bitli shifrlash ishlatildi. Har bir bemorning monitoring ma’lumotlari 7 kun davomida 24/7 tarzda kuzatildi. Ma’lumotlar o‘tkazuvchanlik, kechikish, paket yo‘qotilishi va SNR bo‘yicha o‘rganildi. Optimizatsiya qilingan protokol paket yo‘qotilishini 0,87% dan 0,21% ga kamaytirdi, kechikishni 5,2 ms dan 3,6 ms ga qisqartirdi va SNR 25,4 dB dan 28,1 dB ga oshirdi. Glukoza monitoring aniqligi 88% dan 97% ga, insulin va tiroid gormonlari monitoring aniqligi 89–90% dan 95–96% ga yetdi. Tadqiqot natijalari optimizatsiya qilingan radioaloqa protokoli real vaqtli teleendokrinologik monitoringda yuqori ishonchlilik va diagnostik aniqlikni ta’minlashini, paket yo‘qotilishining kamayishi va kechikishning pasayishi esa klinik qaror qabul qilish jarayonini tezlashtirishini ko‘rsatadi. Ushbu yondashuv teleendokrinologiya platformalarida ma’lumot uzatish samaradorligini oshirish va bemor xavfsizligini ta’minlashda amaliy ahamiyatga ega. Materiallar va usullar. Tadqiqot 2024-yil mart–iyul oylarida Toshkentdagi telemeditsina markazida olib borildi. Tadqiqot obyekti sifatida 120 nafar bemor tanlandi, ulardan 70 nafari qandli diabet, 50 nafari tiroid kasalligi bilan og‘rigan. Har bir bemordan glukoza, insulin va tiroid gormon darajalarini o‘lchash uchun maxsus IoT sensorlar o‘rnatildi. Sensorlar real vaqt rejimida olingan biometrik ma’lumotlarni markaziy serverga uzatdi. Ma’lumot uzatishda ZigBee va LoRa radioaloqa protokollari ishlatildi. ZigBee 2,4 GHz diapazonda 250 kbps tezlikda ishlasa, LoRa 868 MHz diapazonda past energiya va uzoq masofaga mo‘ljallangan. Har bir uzatish kanali bo‘yicha kechikish (latency), paket yo‘qotilishi (%), signal-to-noise ratio (SNR, dB)

va tarmoq o'tkazuvchanligi (kbps) parametrlar monitoring qilindi. Optik tolali tarmoq mavjud bo'lmagan sharoitda radioaloqa tizimlarining real klinik sharoitdagi ishonchliligi baholandi. Tadqiqot ikki modelni solishtirdi: birinchi model standart radioaloqa protokoli (standart retransmission), ikkinchisi optimizatsiya qilingan protokol bo'lib, unda adaptive retransmission, paket prioritetlash va shovqinni kamaytirish algoritmlari qo'llandi. Ma'lumotlarni xavfsiz uzatish uchun AES-128 bit shifrlash qo'llanildi. Har bir bemorning ma'lumot oqimi 7 kun davomida 24/7 monitoring qilindi. Sensorlar va radioaloqa qurilmalarining ishlash parametrlari MATLAB R2023b va Python 3.11 dasturlarida modellashirildi. Har bir sinov kamida 20 marta takrorlandi va o'rtacha qiymatlar hisoblandi. Statistik tahlil uchun ANOVA testi va 95% ishonch oralig'i ishlatildi. Tadqiqot natijalarini tahlil qilishda asosiy mezonlar: paket yo'qotilishi (%), kechikish (ms), SNR (dB), tarmoq o'tkazuvchanligi (kbps) va real vaqt monitoringining aniqligi (%). Ushbu metodologiya radioaloqa tizimlarining teleendokrinologiya sharoitida ishlash samaradorligini baholash va optimizatsiya strategiyalarini ishlab chiqish imkonini berdi. Ushbu yondashuv masofaviy monitoring qurilmalari orqali endokrin biomarkerlarni ishonchli va xavfsiz uzatishni ta'minlash uchun amaliy asos yaratdi.

Natija va muhokama. Tadqiqot davomida 120 nafar bemordan olingan real vaqtli endokrin biomarker ma'lumotlari (glukoza, insulin, tiroid gormonlari) ZigBee va LoRa radioaloqa protokollari orqali markaziy serverga uzatildi. Standart protokol bo'yicha o'rtacha kechikish 5,2 ms, paket yo'qotilishi 0,87%, SNR 25,4 dB va o'tkazuvchanlik 180 kbps ni tashkil etdi. Optimallashtirilgan protokol qo'llanganda kechikish 3,6 ms ga, paket yo'qotilishi 0,21% ga, SNR 28,1 dB ga oshdi va o'tkazuvchanlik 245 kbps ga yetdi. Ushbu natijalar real vaqt monitoringdagi ma'lumotlarning aniqligi va ishonchliligini sezilarli darajada yaxshiladi. Klinik nuqtai nazardan, optimizatsiya qilingan protokol yordamida 24/7 monitoring davomida glukoza darajasi bo'yicha 97% aniqlik, insulin va tiroid gormonlari bo'yicha 95–96% aniqlik qayd etildi. Standart protokolda bu ko'rsatkichlar 88–90% darajasida bo'lgan. Paket yo'qotilishi va kechikishning kamayishi bemorning real vaqtli holatini kuzatishda diagnostik aniqlikni oshirdi. Radioaloqa kanallaridagi interferensiya va shovqin optimizatsiya qilingan protokolda adaptive retransmission va paket prioritetlash yordamida sezilarli darajada kamaydi. Bu nafaqat signal sifati va SNRni oshirdi, balki klinik qaror qabul qilish vaqtini ham qisqartirdi. Ma'lumot xavfsizligi ham baholandi: AES-128 bitli shifrlash ishlatilganda hech qanday buzilish aniqlanmadi, ya'ni teleendokrinologiya platformasida bemor ma'lumotlari xavfsizligi ta'minlandi. Optimizatsiya qilingan radioaloqa protokoli masofaviy monitoring uchun samarali, tarmoq resurslarini tejovchi va ishonchli yechimdir. Ushbu yondashuv teleendokrinologiyada real vaqtli monitoring va etiopatogenetik tahlillarni sezilarli darajada takomillashtiradi, shuningdek, masofaviy diagnostika va klinik konsiliumlar sifatini oshiradi.

1-jadval. Standart va optimizatsiya qilingan radioaloqa protokollari bo'yicha taqqoslaydi:

Ko'rsatkich	Standart protokol	Optimallashtirilgan protokol
O'rtacha kechikish (Latency, ms)	5,2	3,6
Paket yo'qotilishi (%)	0,87	0,21
Signal-to-Noise Ratio (SNR, dB)	25,4	28,1
O'tkazuvchanlik (kbps)	180	245
Glukoza monitoring aniqligi (%)	88	97
Insulin monitoring aniqligi (%)	89	95
Tiroid gormon monitoring aniqligi (%)	90	96

Optimizatsiya qilingan protokol barcha asosiy parametrlar bo'yicha aniq ustunlikka ega: kechikish kamaydi, paket yo'qotilishi sezilarli darajada pasaydi, SNR oshdi va biomarker monitoringining klinik aniqligi yaxshilandi.

Xulosa.Ushbu tadqiqot endokrin biomarkerlarni masofaviy monitoring qilishda radioaloqa tizimlarining ishonchligi va samaradorligini baholashga qaratilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, standart radioaloqa protokollari orqali uzatiladigan real vaqtli ma'lumotlarda kechikish, paket yo'qotilishi va interferensiya muammolari mavjud bo'lib, bu diagnostik aniqlikka salbiy ta'sir ko'rsatadi. Optimallashtirilgan protokol qo'llanganda kechikish 5,2 ms dan 3,6 ms ga, paket yo'qotilishi 0,87% dan 0,21% ga kamaydi va signal sifati SNR 25,4 dB dan 28,1 dB ga oshdi. Shu bilan birga, glukoza monitoring aniqligi 88% dan 97% gacha, insulin va tiroid gormonlari monitoring aniqligi 89–90% dan 95–96% ga yetdi. Optimizatsiya qilingan radioaloqa protokoli masofaviy teleendokrinologik monitoring uchun samarali yechim bo'lib, klinik qaror qabul qilish jarayonini tezlashtiradi va bemor xavfsizligini oshiradi. Adaptive retransmission va paket prioritetlash algoritmlari tarmoq barqarorligini yaxshiladi, shovqin va interferensiyani kamaytirdi, AES-128 bitli shifrlash esa ma'lumot xavfsizligini ta'minladi. Ushbu yondashuv teleendokrinologiya tizimlarini kengaytirish, tarmoq resurslaridan samarali foydalanish va real vaqtli monitoringni yanada ishonchli qilish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari klinik telemonitoring, masofaviy diagnostika va etiopatogenetik tahlillarni qo'llab-quvvatlashda amaliy ahamiyatga ega bo'lib, radioaloqa tizimlarini optimallashtirish orqali endokrin biomarker monitoringining sifatini sezilarli darajada oshirish mumkinligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Pan, C., He, Y., & Zheng, N. "Optical and wireless networks for telemedicine applications." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(2), 2023.

2. U.S. Department of Health and Human Services. *HIPAA Security Rule and Telehealth Guidance*, 2023.
3. Saleh, B. E. A., & Teich, M. C. *Fundamentals of Photonics*. 3rd ed. Wiley, 2019.
4. Agrawal, G. P. *Fiber-Optic Communication Systems*. 5th ed. Wiley, 2021.
5. Lu, G., & Fei, B. "Medical hyperspectral imaging: a review." *Journal of Biomedical Optics*, 19(1), 2014.
6. Vo-Dinh, T. (Ed.). *Biomedical Photonics Handbook*. CRC Press, 2020.
7. Koch, M. et al. "Infrared spectroscopy in clinical medicine." *Physics in Medicine & Biology*, 66(10), 2021.
8. American Diabetes Association. "Standards of Medical Care in Diabetes." *Diabetes Care*, 47(S1), 2024.
9. Smith, R., & Dent, G. *Modern Raman Spectroscopy: A Practical Approach*. Wiley, 2019.
10. Zhang, Y., et al. "IoT-based real-time endocrine monitoring systems: reliability and performance evaluation." *Sensors*, 22(3), 2022.
11. Gallager, R. "Low-density parity-check codes." *IRE Transactions on Information Theory*, 8(1), 1962.
12. ITU-T Recommendation G.9959. "Wireless Smart Home Networks – Radio Technology Requirements." International Telecommunication Union, 2021.