

SIMSIZ SENSOR TARMOG'IDA AXBOROT OQIMINI BOSHQARISH MODEL

Allamuratova Zamira Jumamuratovna¹, Abdugofur Olimovich Raximov²

¹Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, “Axborot-kompyuter texnologiyalari va dasturlash” kafedrası dotsenti

²Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, magistrant

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7858291>

Abstract. *The article presents a model of information flow control in a wireless sensor network (WSN). A wireless sensor network model based on hypergraph theory using network clustering is proposed. It was found that the main factor affecting the duration, speed and stability of the network is the flow of information between all nodes. The concept of piconet was introduced. Approaches for managing information flow between clusters, piconets and between them are proposed.*

Keywords: *wireless sensor networks, information set, hypergraph, model, derived cluster radius, clustering, piconet.*

Bugungi kunda simsiz sensorli tarmoqlarning (SST) ishlashini modellashtirish va optimallashtirish mavzusi ko'plab olimlarni qiziqirmoqda. Bu bunday tarmoqlarning texnik vositalari va protokollari nisbatan yangi va tez rivojlanayotganligi bilan bog'liq. Mikroelektronikani miniatyuralashtirish va batareyalardan rivojlantirish bir necha yillar davomida ishlay oladigan qabul qiluvchilar va mikrokontrollerlarni yaratishga imkon berdi [1]. SST ishlashining muhim omili bunday tarmoq tugunlarida o'rnatilgan batareyalarning cheklangan quvvatidir [2]. Hozirgi vaqtda ushbu sohadagi tadqiqotlar asosan yangilarini aloqa protokollari ishlab chiqish bo'yicha olib borilmoqda. Biroq, sensorli tugunlar sonining ko'payishi bilan aloqa protokollaridan klassik foydalanish - aloqa qanday amalga oshirilishini tartibga soluvchi qoidalar va protseduralar to'plami o'z samaradorligini yo'qotadi. Simsiz sensorli tarmoqlarni loyihalashda kichik tarmoq uchun laboratoriyada yaxshi sinovdan o'tgan va dasturiy ta'minotni haqiqiy tarmoqqa o'tkazish mumkin emas. Buning sababi, simsiz sensorli tarmoqlarda sodir bo'ladigan dinamik jarayonlar tizimlar miqyosda sezilarli darajada o'zgaradi va SST ko'pincha noaniq shovqin signali muhitida ishlaydi. Xabarlarini (paketlarni) uzatuvchi ko'p sonli tranzit tugunlarining mavjudligi ma'lumotlarni uzatish protokollarining tanlangan parametrlarining optimalligiga sezilarli ta'sir qiladi. Shuning uchun simsiz sensor tarmoqlarida sodir bo'layotgan dinamik jarayonlarni tahlil qilish va tushunish uchun ularning matematik modellarini qurish muhimdir.

Oddiy SST tugunida tashqi muhitdan ma'lumotlarni qabul qiluvchi sensor, mikrokontroller, xotira, radio qabul qiluvchi va avtonom quvvat manbai mavjud. Bunday holda, mikrokontroller, qabul qiluvchi va xotira ishlab chiqarilishi mumkin. SST tugunining o'zini miniatyuralashtirishga va uning quvvat sarfini kamaytirishga hissa qo'shadigan yagona chipda qurish. Energiyaning asosiy qismi ma'lumotlarni qayta ishlash yoki saqlashga emas, balki qabul qilish, tinglash va uzatishga sarflanadi. Sensorli ma'lumotlarni yig'ishning shunday usulini tashkil qilish kerak, bu esa ma'lumotlarni marshrutizatorlarga va undan keyin SST koordinatoriga ommaviy uzatishni talab qilmasdan real vaqt rejimida kirishni ta'minlaydi [3]. SST dan ma'lumotlarni samarali to'plash uchun uning modelini yaratish muhimdir. SST modeli asosida tarmoqdagi ma'lumotlar oqimini boshqarish algoritmini ishlab chiqish mumkin. Ma'lumotlar yig'ishning yangi modelidan foydalanish sifat jihatidan yangi tarmoqni yaratish, sezilarli darajada

kengaytirish imkonini beradi noaniqlik sharoitida u tomonidan hal qilinishi mumkin bo'lgan vazifalar ro'yxati va kam energiya sarfi bilan olingan ma'lumotlarning etarliligi va ob'ektivligini oshirishni ta'minlaydi.

Simsiz sensorli tarmoqni tugunlar to'plami sifatida tasavvur qilamiz:

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_{N_{all}}\}, \quad (1)$$

Bu yerda N_{all} - tugunlarining turidan qat'iy nazar SST qurilmalar umumiy soni, ular quyidagicha ta'riflanishi mumkin:

$$N_{all} = \sum_{i=1}^n N_i \quad (2)$$

bu yerda N_i - i -chi SST tugunidir. Routerlardan voz kechishning ushbu yondashuvi har bir qurilma o'z diapazonidagi istalgan boshqa qurilma bilan aloqa o'rnatishi mumkin bo'lgan peer-to-peer tarmog'iga xosdir [4]. SST tarmog'i terminal qurilmalari, marshrutizatorlar va koordinatordan iborat ekanligini hisobga olsak, to'plamni SSTdagi barcha uch turdagi qurilmalarni birlashtirgan uchta kichik to'plamga bo'lish mumkin:

$$N \subset K, N \subset R, N \subset E, \quad (3)$$

Bu yerda K - tarmoqdagi koordinatorlarning kichik to'plami, R tarmoqdagi marshrutizatorlarning kichik to'plami; E - tarmoqdagi oxirgi qurilmalarning kichik to'plami.

Shunga ko'ra, ichidagi tugunlarning umumiy soni tarmoqlar:

$$N_{all} = \sum_{i=1}^n N_i = \sum_{j=1}^k N_j + \sum_{l=1}^r N_l + \sum_{s=1}^e N_s \quad (4)$$

Bu yerda k - tarmoqdagi koordinatorlar soni spetsifikatsiyalar IEEE 802.15.4 [5], $k=l=const$; r - tarmoqdagi marshrutizatorlar soni; e - tarmoqdagi terminal qurilmalari soni; N_j - simsiz sensor tarmog'idagi j -chi koordinatori; N_l - tarmoqdagi l -chi routeri; N_s - tarmoqdagi s -sonli tuguni. SST ma'lum darajadagi ierarxiyaning tarkibiy qismlari to'plami sifatida ham ifodalanishi mumkin. Tarmoqning tarkibiy qismi - bu xususiyatlari boshqariladigan ob'ekt ma'lum bir taqdimot darajasidagi xususiyatlar. Tarmoq dekompozitsiyasining ko'p darajali yondashuvidan foydalanib, uning strukturasi ierarxiyasining uchta darajasini ajratish mumkin: koordinator darajasi, marshrutizator darajasi, terminal qurilmalari darajasi. Mavjud va rivojlanayotgan ma'lumotlarni uzatish uchun simsiz sensor tarmoqlari gipergraf sifatida ko'rsatilishi mumkin, chunki bu tasvirlash usuli yuqori ko'rinishga ega, ayniqsa tarmoq darajalarga bo'linganda [6].

Butun simsiz sensorlar tarmog'i tugunlarning kichik to'plamlariga bo'linsa, ularni piconet deb ataymiz:

$$N \subset \overset{\Theta}{N}_q \quad (5)$$

bu yerda indeks Θ bu to'plam piconet ekanligini ko'rsatadi, q - piconet raqami va 1 dan p gacha qiymat oladi, p - SSTdagi piconetlar soni.

Piconet odatiy to'plamlardan tugunlarni o'z ichiga olishi mumkin K, R, E . Shunday qilib, ma'lum bir printsipga muvofiq birlashtirilgan tugunlarning yangi kichik to'plamlari hosil bo'ladi. Qayerda Piconet ichidagi SST tugunlari klasterlar hosil qilishi mumkin. Piconet shakllanishi printsipti quyida muhokama qilinadi. Tugunlarni o'zlarining kichik to'plamlariga birlashtirish, masalan, I_N , SST ichida kichik piconet yaratish imkonini beradi. Bunday tugunlar assotsiatsiyasi - pikone, biz SST modelini qurish uchun asos qilib olamiz. Keyinchalik, gipergrafga asoslangan piconetlarni to'liq tarmoqqa birlashtiramiz. Yuqoridagilardan kelib chiqadiki, SST modeli gipergrafdir:

$$G(\tilde{N}, I) \quad (6)$$

Bu yerda \tilde{N} - gipergrafik cho'qqilar to'plami, ya'ni pikonetlar to'plami (SST tugunlarining kichik to'plamlari bilan maxsus birlashtirilgan), I - axborot oqimlari to'plami. Gipergrafaning uchlari to'plami SSTda hosil bo'lgan p -pikonetlardan iborat:

$$\tilde{N} = \{\tilde{N}_1, \tilde{N}_2, \dots, \tilde{N}_p\}, \quad (7)$$

bu yerda p - SSTdagi pikonetlar soni. Gipergrafaning qirralari to'plami - bu pikonetlar o'rtasida sodir bo'ladigan axborot oqimlari to'plami:

$$I = \{I_1, I_2, \dots, I_j\}, \quad (8)$$

bu yerda j - SSTdagi axborot oqimlari soni. Pikonetlar orasidagi axborot oqimlari ko'plab axborot oqimlarini tashkil qiladi. SSTda sodir bo'ladigan axborot oqimlarining turlarini tahlil qilgandan so'ng, quyidagilarni ajratib ko'rsatish mumkin: minimal kechikishlar va yo'qotishlar bilan uzatilishi kerak bo'lgan favqulodda signalizatsiya; minimal yo'qotish bilan uzatilishi kerak bo'lgan protokol signalizatsiyasi; sezgir bo'lgan nutq ma'lumotlari jitter va yo'qotishlar; proshivka va kafolatlangan yetkazib berish konfiguratsiyasi kabi xizmat ma'lumotlari; telemetriya ma'lumotlari, ma'lumotlarning yaxlit to'plami bilan, 20% darajasida yo'qotish imkonini beradi; kafolatlarsiz uzatiladigan barcha boshqa ma'lumotlar.

Signal xabarlarini uzatishda xizmat ko'rsatishning eng yuqori ustuvorligi qo'llaniladi, ular minimal kechikishlar va yo'qotishlar bilan yetkazilishi kerak. Tavsiyada belgilangan xizmat sifati sinflari Y.1541 qoidalari oxirgi foydalanuvchilar va tarmoq xizmati provayderlari, shuningdek, xizmat ko'rsatuvchi provayderlar o'rtasidagi kelishuvlar uchun asos hisoblanadi [7].

SSTda ma'lumotlarni uzatishda aloqa liniyalari sifatida foydalaniladigan radiokanallarning cheklangan o'tkazish qobiliyati bilan bog'liq jiddiy muammolar mavjud. Xususan, bir xil manba tugunlari ko'p bo'lgan holatlarda vaqtinchalik ma'lumotlarni uzatishni boshlash, tarmoq tiqilib qolishi yoki hatto tarmoqning qulashi mumkin, buning natijasida uning manbadan markaziy tugunga vaqt birligida o'tadigan ma'lumotlar paketlari sonida ifodalangan o'tkazish qobiliyati deyarli nolga tushadi. Mumkin ushbu muammoni hal qilish tarmoq orqali uzatiladigan paketlarga ustuvorliklarni belgilash va undan yuqori ustuvorlikka ega bo'lgan paketlarni ustuvor etkazib berishni tashkil etishdir. Bu yondashuv simsiz datchik tarmoqlari uchun umumiy qabul qilingan xizmat sifati (Quality of Service - QoS) tushunchasiga mos keladi va Y.1541 tavsiyasi buning uchun asos bo'lib xizmat qilishi mumkin. Gipergrafaga asoslangan SST ning matematik modelini qurishga yaqinlashganda, model har bir gipergrafik chekka SST tarmog'ining nafaqat ikkita tugunini, balki ko'rsatilganidek, tugunlarning har qanday kichik to'plamini bog'lashini hisobga oladi. Har bir pikonetni klasterlar to'plami sifatida ko'rsatish mumkin. SSTda marshrutlash algoritmlari sohasidagi dolzarb vazifalardan biri samarali klasterlash algoritmlarini ishlab chiqishdir.

SST tugunlarini piconetga birlashtirish ularni bir zonada guruhlash imkonini beradi. Bu qamrov zonasi yoki alohida o'rganish ob'ekti bo'lishi mumkin, masalan, bo'linadigan qavat yoki butun bo'linadigan bino. zinapoyalardagi elektr hisoblagichlariga. "Piconet qamrov zonasi" tushunchasini kiritamiz - o'rganilayotgan ma'lumotlar to'planadigan ikki yoki uch o'lchovli makon, bir tugundan qo'shnilariga uzatish iteratsiyasi soni t qiymatidan oshmaydi va piconet qamrov maydoni Z hisoblanadi. Topologiyani qurish SST ishida muhim rollardan birini o'ynaydi. Joylashtirishdan so'ng, tarmoq tugunlari o'z-o'zini tashkil qilishi kerak - barcha mavjud tugunlarni topish, topologiyani yaratish va tugunlar orasida paketlarni marshrutlashni ta'minlash. SST topologiyasini tanlash asosan tarmoqning energiya samaradorligini belgilaydi. Energiyadan

tejamkor bo'lmagan topologiyadan foydalangan holda tarmoqning ishlash muddatini sezilarli darajada qisqartirish mumkin. SSTni shakllantirishga ierarxik yondashuv qiziqish uyg'otadi, chunki uning tuzilishi tufayli u tugunlar orasidagi paketlarni uzatish uchun energiya sarfini kamaytirishga imkon beradi.

Energiya xarajatlarini kamaytirishning dasturiy usullari tugunlarning qoldiq energiyasi metrikasiga asoslangan marshrutlash protokollaridan foydalanishni o'z ichiga oladi, shuningdek, klasterlash. Bir nechta mezonlar asosida piconetni shakllantirish kerak, keyin ularni piconetni shakllantirish algoritmiga aylantirish kerak va keyingi bosqichda SST tugunlarini dasturlashda algoritmni dastur kodiga tarjima qilish kerak. Piconetda SST tugunlarini birlashtirish mezonlari bo'yicha nisbat berish mumkin: SST qamrab olishi kerak bo'lgan qamrov zonalarini soni; bitta piconet ichidagi tugunlarning hududiy yaqinligi; SST doirasida bajarilishi kerak bo'lgan vazifa; tugunlarning ulanishi; tarmoq ichida energiya balansini ta'minlash; tarmoq ulanishi.

Piconetni shakllantirish uchun SST tugunlarining ulanishini aniqlash kerak. Ulanishni aniqlash muammosini hal qilish uchun quyidagilar zarur: tarmoq tugunlarining ulanish turini aniqlash; tarmoqqa ulanish modelini yaratish; piconet ichida ma'lumotlarni uzatishning samarali usulini aniqlash [8].

Piconetni shakllantirishda tarmoq ulanishini ham hisobga olish kerak, chunki ba'zi tugunlar katta tugunlar guruhlarini orasidagi bog'lanish bo'lishi mumkin. Bu holat SST ning bir-biriga bog'liq bo'lmagan hududlarga to'planishiga olib keladi, bu erda ulanish tugunlarida energiya mavjud. Boshqa tugunlarga qaraganda ancha tezroq tugaydi. Ulanish tugunlari ishlaymay qolganda, tarmoq koordinator bilan aloqa qilish imkoniyatisiz alohida avtonom quyi tarmoqlarga bo'linadi.

Ma'lumki, an'anaviy tarmoqlarning marshrutlash protokollari tarmoq o'tkazuvchanligini oshirishga yoki uzatiladigan ma'lumotlarning kechikishini kamaytirishga qaratilgan ko'rsatkichlardan foydalanadi. Bunday ko'rsatkichlar bo'lishi mumkin manzilga oraliq tugunlar sonini, aloqa kanalining tarmoqli kengligini, liniyaning yuklanish darajasini yashash. Simsiz sensorli tarmoqlarda koordinatorga boradigan yo'lda tugunlarning qoldiq energiyasining ko'rsatkichi ko'pincha ishlatiladi. Bunday holda, muqobil yo'llar to'plamidan tugunlar katta qoldiq energiyaga ega bo'lganlari tanlanadi. Piconet ichida axborot almashinuvini tavsiflash uchun ichki piconet ulanish tushunchasini kiritamiz. Boshqa piconetlar bilan o'zaro ta'sir qilish uchun - inter-piconet. Intra-piconet ulanishi piconet ichidagi tugunlar o'rtasida ma'lumotlar uzatishni ta'minlaydi, piconetlararo ulanish esa boshqa piconetlar, shuningdek SST koordinatori o'rtasida. Klasterlash jarayoni bilan bog'liq holda piconet ichidagi o'zaro ta'sirni hisobga olish kerak, bu SSTni shakllantirishga ierarxik yondashuv uchun xosdir [9].

Maqolada SST modelini gipergraflar nazariyasiga asoslangan tarmoq klasterlash va SST ni piconetlarga bo'linishi taklif etiladi. SST modelini shakllantirishning tavsiya etilgan printsiplari har bir gipergrafik chekka SST tarmog'ining nafaqat ikkita tugunini, balki tugunlarning har qanday kichik to'plamini ham bog'lashini hisobga oladi. Tarmoqning davomiyligi, tezligi va yashovchanligiga ta'sir qiluvchi asosiy omil barcha tugunlar orasidagi axborot oqimlari ekanligi aniqlandi. SST klasterlash muammosi qo'yildi va uning yechimi piconet qamrov zonasi elementlarini aniqlash asosida topildi. Butun piconetdan ma'lumotlarni yig'ish jarayoni Z zonasi doirasida amalga oshiriladi, bu klaster zonalarini maydonlarining yig'indisi bilan belgilanadi va piconetga kiritilgan klasterlar soniga bog'liq. Klasterlar, piconetlar va ular orasidagi axborot oqimini boshqarish bo'yicha yondashuvlar taklif etiladi. Klaster ichidagi oqimni boshqarish uchun

Fisheye State Routing (FSR) g'oyasidan foydalanish kerak. Piconet ichidagi axborot oqimini boshqarish uchun gibrid marshrutlash tamoyilidan foydalanish taklif etiladi. Piconetlar o'rtasida sodir bo'ladigan ko'plab axborot oqimlarini boshqarish uchun bir nechta ota-onalar usulidan foydalanish taklif etiladi, bunda xabarlar klassik holatlarda bo'lgani kabi bir yo'nalish bo'ylab emas, balki ikki yoki undan ortiq piconet tugunlari orqali uzatiladi.

REFERENCES

1. M. Sushruta, “Study of Cluster Based Routing Protocols in Wireless Sensor Networks,” *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 3, Issue 7, 2012, pp.413-420.
2. Y.Chen, “Energy-balancing multipath routing protocol for wireless sensor networks,” *Proceedings of the 3rd international conference on Quality of service in heterogeneous wired*, 06. 2006, #21, pp. 245-249.
3. S. Soro, and W. B. Heinzelman, “Prolonging the lifetime of wireless sensor networks via unequal clustering,” *Proceedings of the 19th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'05)*, Washington, DC, USA, 2005, pp. 236–243.
4. M.Abolhasan, “Performance Investigation on three classes of MANET routing protocols,” *Asia-Pacific Conference on Communications*, October 2005, pp. 774 - 778.
5. Z. Xuyuan, “Model Design of Wireless Sensor Network Based on Scale-Free Network Theory,” *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, Sept. 2009, China, pp. 1-4.
6. S.Hu, “Power control strategy for clustering wireless sensor networks based on multi-packet reception,” *Wireless Sensor Systems*, Vol. 4 No.3, 2014, pp.122-129.
7. J. Jin, “Application-Oriented Flow Control for Wireless Sensor Networks,” *Networking and Services*, Third International Conference on 19-25 June 2007, Athens, pp. 71-77.
8. B. Krishnamchari, “Networking Wireless Sensors,” *Cambridge: Cambridge University Press*, 2005, 202 p.
9. Recommendation Y.1541 Network performance objectives for IP-based services. 2011. ITU-T.P.1- 66.