

6 - MA'RUZA

AQLLI SHAHARLAR UCHUN SIMSIZ SENSOR TARMOQLAR.

Reja:

- 6.1 Sensor tarmoqlarining asosiy tushunchalari va tamoyillari.
- 6.2 Sensor tarmog'ining asosiy arxitekturasi.
- 6.3 WSNda ma'lumotlarni uzatish usullari.
- 6.4 WSNda ma'lumotlarni uzatish protokollari va texnologiyalari.
- 6.5 Mobil WSN.

6.1 Sensor tarmoqlarining asosiy tushunchalari va tamoyillari

Sensor tarmoqlarining asosiy tushunchalarini aniqlaylik.

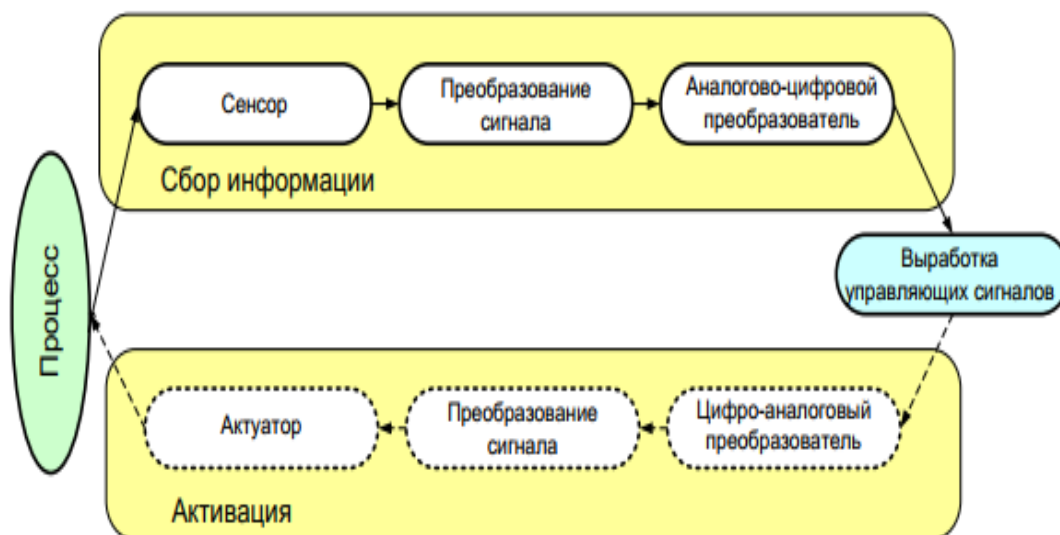
□□□□□□□(ingliz, sensor) – boshqariladigan ta'sirni (yorug'lik, bosim, harorat va hokazo) idrok etuvchi, uning miqdoriy va sifat xususiyatlarini o'lchaydigan va o'lchov ma'lumotlarini signalga aylantiruvchi qurilma. Signal elektr, kimyoviy yoki boshqa turdagi bo'lishi mumkin.

Aktuator□(ing., aktuator) - boshqariladigan ob'ekt holatini o'zgartirish uchun kiruvchi signalga javob beruvchi harakatlantiruvchi vosita. Aktuatorda energiya turlari, masalan, elektr energiyasiga aylantiriladi yoki siqilgan (siyraklashtirilgan) havo (suyuq, qattiq) energiyasi mexanik energiyaga aylanadi.

Sensor tugun□(inglizcha, sensor node) – kamida bitta datchikdan (bir yoki bir nechta aktuatorni ham o'z ichiga olishi mumkin) hamda simli yoki simsiz tarmoq imkoniyatlaridan iborat qurilma.

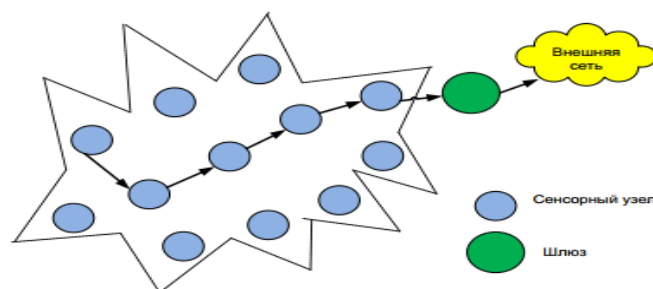
Real va fizik dunyo ob'yektlaridan olingan ma'lumotlarni so'rash, qayta ishlash, uzatish va ta'minlash uchun bir-biri bilan, shuningdek boshqa tarmoqlar bilan o'zaro ta'sir qiluvchi taqsimlangan sensorli tugunlar tizimi. ushbu ma'lumotlarga javob reaksiyalarini ishlab chiqish uchun. Shunday qilib, sensor tarmog'i kamida sensorlar, aktuatorlar va aloqa tugunlarini o'z ichiga oladi. Sensor tarmog'ini qo'llashning asosiy sohasi fizik muhit va ob'ektlarning o'lchangan parametrlarini nazorat qilish va nazorat qilish va ba'zi hollarda ushbu ob'ektlarni boshqarish (ulardagi muayyan jarayonlarni faollashtirish). Sensor tarmoqlariga misollar: hamma joyda joylashgan sensor

tarmoqlari (USN), avtomobil tarmoqlari (VANET - Vehicular Ad Hoc Network), shahar tarmoqlari (HANET - Home Ad hoc Network), tibbiy tarmoqlar (MBAN(S) - Medicine Body Area Network (xizmatlar)) va boshqalar. Datchik tarmoqlarning ishlashi davomida bajariladigan asosiy harakatlar rasmda ko'rsatilgan. 6.1 rasmda (nuqtali chiziqlar ixtiyoriy jarayonlarni ko'rsatadi).



6.1 – rasm Sensor tarmoqlarida ma'lumotlarni yig'ish va boshqarish.

Sensor tarmog'ining qamrov maydoni xabarlarini bir tarmoq elementidan boshqasiga o'tkazish qobiliyati tufayli bir necha metrdan bir necha kilometracha bo'lishi mumkin. Sensor tarmog'i zanjir bo'ylab xabarlarini bir tugundan ikkinchisiga o'tkazish qobiliyatiga ega, bu tugunlardan biri ishdan chiqqan taqdirda, sifatni yo'qotmasdan qo'shni tugunlar orqali ma'lumot uzatishni tashkil qilish imkonini beradi. Tarmoqning o'zi axborot oqimlarining harakatlanishi uchun optimal marshrutni belgilaydi (6.2 -rasm).



6.2 – rasm Sensor tarmog'ida ma'lumotlarni marshrutlash.

O'z-o'zini tashkil etuvchi (lat. ad hoc - "joyida") aloqa tarmog'i - bu tarmoq bo'lib, unda tugunlar soni vaqt bo'yicha tasodifiy o'zgaruvchi bo'lib, 0 dan qandaydir maksimal qiymatgacha o'zgarishi mumkin. Bunday tarmoqdagi tugunlar o'rtasidagi aloqalar ham vaqt bo'yicha tasodifiy bo'lib, o'xshash tugunlar va tashqi aloqa tarmog'iga ma'lumotlarni uzatish uchun shakllanadi.

Simsiz sensorlar tarmog'i (WSN) (ing. WSN - Wireless Sensor Network) - radiokanallar orqali o'zaro bog'langan ko'plab sensorlar va aktuatorlarning taqsimlangan, o'zini o'zi tashkil etuvchi sensorlar tarmog'i.

Simsiz sensorli tarmoqlarning afzalliklari:

- o'z-o'zini davolash va o'z-o'zini tashkil qilish qobiliyati;
- ma'lumotni uzoq masofalarga past transmitter quvvati bilan uzatish qobiliyati (rele orqali);
- tugunlarning arzonligi va ularning kichik o'lchamlari;
- kam quvvat iste'moli avtonom manbalarni elektr bilan ta'minlash imkoniyati;
- oson o'rnatish, kabel kerak emas (simsiz texnologiya va batareya quvvati tufayli);
- qo'shimcha ishlarsiz mavjud va boshqariladigan ob'ektga bunday tarmoqlarni o'rnatish imkoniyati;
- past texnik xarajatlar.

Amalda simsiz sensorli tarmoqlar eng keng tarqalgan bo'lganligi sababli, bob materialining asosiy qismi bunday tarmoqlarga bag'ishlangan.

6.2 Sensor tarmog'ining asosiy arxitekturasini

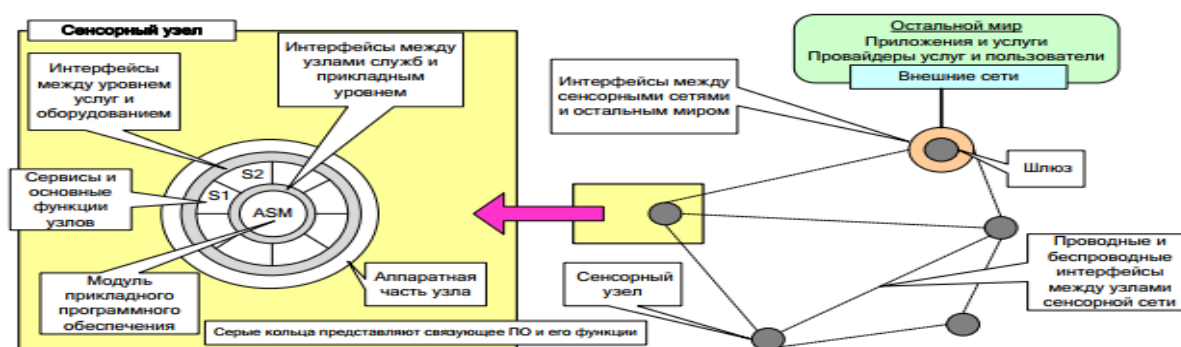
Sensor tarmoqlarini standartlashtirishda ko'plab xalqaro tashkilotlar ishtirok etadilar, jumladan ISO, IEC, ITU-T, IEEE va boshqalar 1) sensor tarmog'ining asosiy arxitekturasini va uning asosiy interfeyslarini aniqladilar (6.3-rasm).

Rasmdan ko'rinib turibdiki, sensor tugunlari quyidagilardan iborat:

- apparat;
- asosiy dasturiy ta'minot;
- amaliy dasturiy ta'minot.

Arxitektura to'rtta asosiy interfeysni belgilaydi:

1. Sensor tugunining asosiy va amaliy dasturiy ta'minoti o'rtasidagi interfeys.
2. Sensor tugunining asosiy dasturiy ta'minoti va apparat vositalari (datchiklar, aktuatorlar va/yoki aloqa tugunlari va boshqalar) o'rtasidagi interfeys.
3. Sensor tarmog'idagi tugunlar orasidagi simsiz yoki simli interfeyslar.
4. Sensor tarmog'i va tashqi muhit (xizmat ko'rsatuvchilar, foydalanuvchilar) o'rtasidagi interfeys.



6.3 – rasm Sensor tarmog'ining asosiy elementlari va interfeyslari.

6.3 Simsiz sensorli tarmoq tugunlari

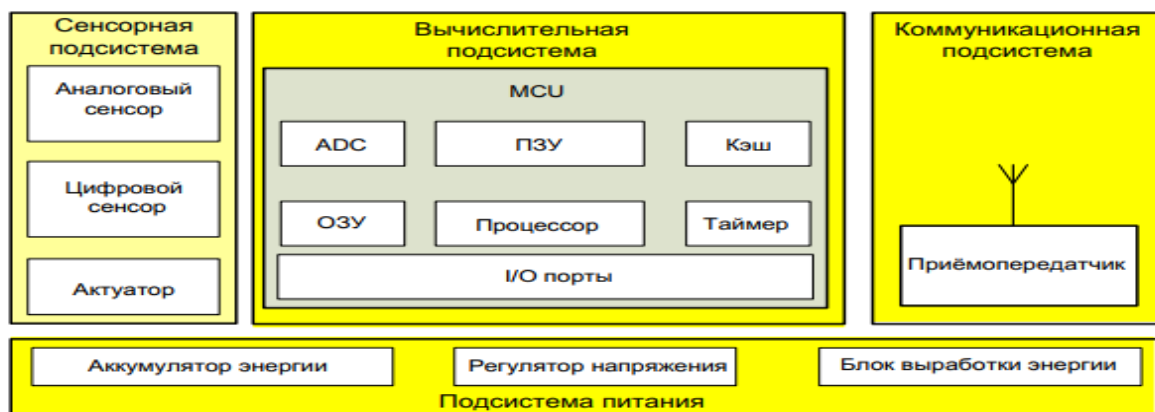
WSNlar ma'lum bir radiochastota diapazonida ishlaydigan sensorlar, aktuatorlar va qabul qiluvchilar (uzatuvchilar) bilan jihozlangan miniatyura hisoblash qurilmalaridan iborat. Bunday SSN tuguniga *sensorli tugun* yoki oddiygina *sensor* deyiladi. Sensor majmuasi elektron plata bo'lib, odatda bir kub dyuymdan oshmaydi. Dskada protsessor, flesh va operativ xotira, raqamli-soliq va analog-raqamli konvertorlar, radiochastota qabul qiluvchi, quvvat manbai, turli sensorlar va aktuatorlar mavjud. Shunday qilib, simsiz tarmoq tugunining uskunasi quyidagi to'rtta quyi tizimga bo'lish mumkin (3.4-rasm):

1) *aloqa quyi tizimi* - sensor tarmog'idagi boshqa tugunlar bilan simsiz ulanishni ta'minlaydi va radio qabul qiluvchini o'z ichiga oladi;

2) *hisoblash quyi tizimi* - ma'lumotlarni qayta ishlash va tugun funkSIONalligini ta'minlaydi va protsessor, operatsion SRAM, uchuvchan bo'lmagan EEPROM va flesh-xotira, ADC analog-raqamli konvertor, taymer, kirish / chiqish portlarini o'z ichiga olgan MCU mikrokontrolleridan iborat;

3) *datchikning quyi tizimi* - sensorning simsiz tugunining tashqi dunyo bilan ulanishini ta'minlaydi, bu analog va raqamli sensorlar, aktuatorlarni o'z ichiga olishi mumkin;

4) elektr ta'minoti *quyi tizimi* - simsiz datchik tugunining barcha elementlarini quvvat bilan ta'minlaydi va energiya ishlab chiqarish va saqlash qurilmalarini, shuningdek kuchlanishni tartibga solishni o'z ichiga oladi.



6.4 - rasm Simsiz sensorli tarmoq tugun.

Sensorlar juda xilma-xil bo'lishi mumkin. Boshqalarga qaraganda tez-tez harorat, bosim, namlik, yorug'lik, tebranish, joylashuv sensorlari ishlatiladi, kamroq - magnetoelektrik, kimyoviy (masalan, CO, CO₂, fon radiatsiya darajasini o'lchash), tovush va boshqalar. Amaldagi sensorlar to'plami simsiz sensor tarmoqlari tomonidan bajariladigan funktsiyalarga bog'liq.

Sensordan olingan elektr signallari ko'pincha qayta ishlashga tayyor emas, shuning uchun ular motedagi konvertatsiya bosqichidan o'tadi. Misol uchun, signalni ko'pincha uning amplitudasini oshirish uchun kuchaytirish kerak, filtrlar ma'lum chastota diapazonlarida kiruvchi shovqinlarni yo'q qilish uchun ishlatilishi mumkin va hokazo. O'zgartirilgan signal analog-raqamli konvertor (ADC) yordamida raqamli signalga aylantiriladi. Natijada, signal raqamli shaklda olinadi va u protsessorda keyingi ishlov berish va mikrokontroller xotirasida saqlash uchun tayyor bo'ladi. Aktuatorlar mavjud bo'lganda, boshqaruv harakatlarini tarmoq tugunlaridan tashqi muhitga aktuator orqali o'tkazish ham mumkin. Sensor tugun odatda kichik batareyadan quvvatlanadi.

Hajmidan tashqari, WSN tugunlari uchun boshqa qattiq cheklovlar mavjud. Ular kerak:

- juda kam energiya iste'mol qiladi;
- qisqa masofalarda ko'p sonli tugunlar bilan ishlash;
- ishlab chiqarishning past narxiga ega;
- avtonom bo'lish va texnik xizmat ko'rsatmasdan ishlash;
- muhitga moslashish.

Sensor tugunlarining ko'rinishi rasmda ko'rsatilgan. 6.5.



6.5 - rasm Sensor tugunlarining ko'rinishi.

Funktsiyalarni bajarish uchun har bir sensor tuguniga maxsus operatsion tizim (OT) o'rnatilgan. Sensor tugunlari uchun mashhur operatsion tizimga misol sifatida Berkli universitetida ishlab chiqilgan ochiq kodli TinyOS tizimi bo'lib, u cheklangan hisoblash resurslari sharoitida ishlashga mo'ljallangan, real vaqt rejimida hodisalarga asoslangan operatsion tizimdir. Ushbu OT sensorlarga avtomatik ravishda qo'shnilar bilan aloqa o'rnatish va berilgan topologiyaning sensor tarmog'ini yaratish imkonini beradi.

Sensor tugunlari doimiy ravishda o'rnatilishi mumkin, shuningdek, nisbiy harakatchanlikka ega bo'lishi mumkin, ya'ni ular tarmoqning mantiqiy ulanishini buzmasdan ma'lum bir fazoda o'zboshimchalik bilan bir-biriga nisbatan harakatlanishi mumkin. Ikkinchi holda, sensor tarmog'i qat'iy belgilangan doimiy topologiyaga ega emas va uning strukturasi vaqt o'tishi bilan dinamik ravishda o'zgaradi.

6.4 WSNda ma'lumotlarni uzatish usullari

Sensor tarmog'ida tugunlar odatda simsiz aloqa orqali bog'lanadi. Aloqa radio, infraqizil (IR) yoki optik signallar orqali bo'lishi mumkin.

Ushbu chastotalarning ba'zilar simsiz mahalliy tarmoqlarda (WLAN) allaqachon qo'llanilmoqda. Kichik o'lchamdagi va arzon narxlardagi sensorli tarmoqlar uchun signal kuchaytirgich kerak emas. Uskuna cheklovlari va antenna samaradorligi va quvvat iste'moli o'rtasidagi kelishuvlar mikroto'lqinli diapazonda uzatish chastotasini tanlashda ma'lum cheklovlarni qo'yadi. Eng ko'p ishlatiladigan ISM chastotalari Evropada 433 MGts va Shimoliy Amerikada 915 MGts. ISM radiochastotalaridan foydalanishning asosiy afzalliklari chastotalarning keng spektri va butun dunyo bo'ylab mavjudligidir. Ular ma'lum bir standartga bog'lanmagan, shuning uchun sensorli tarmoqlarda energiya tejash strategiyalarini amalga oshirish uchun ko'proq erkinlik beradi.

6.1-jadval - ITU-R tomonidan belgilangan ISM chastota diapazonlari

Диапазон частот		Полоса	Центральная частота	Область применения
6.765 МГц	6.795 МГц	30 КГц	6.780 МГц	Локальное применение
13.553 МГц	13.567 МГц	14 КГц	13.560 МГц	
26.957 МГц	27.283 МГц	326 КГц	27.120 МГц	
40.660 МГц	40.700 МГц	40 КГц	40.680 МГц	
433.050 МГц	434.790 МГц	1.84 МГц	433.920 МГц	Европа, Африка, Ближний Восток, Россия
902 МГц	928 МГц	26 МГц	915 МГц	Северная и Южная Америка
2.4 ГГц	2.5 ГГц	100 МГц	2.45 ГГц	
5.725 ГГц	5.875 ГГц	150 МГц	5.8 ГГц	
24 ГГц	24.25 ГГц	250 МГц	24.125 ГГц	
61 ГГц	61.5 ГГц	500 МГц	61.25 ГГц	Локальное применение
122 ГГц	123 ГГц	1 ГГц	122.5 ГГц	Локальное применение
244 ГГц	246 ГГц	2 ГГц	245 ГГц	Локальное применение

Sensor tarmoqlarida aloqaning yana bir mumkin bo'lgan usuli - bu IR portlaridan foydalanish. IR aloqasi litsenziyasiz mavjud va elektr shovqinlariga qarshi immunitetga ega. IR transmitterlari arzonroq va ishlab chiqarish osonroq. Hozirgi ko'pgina noutbuklar, va mobil telefonlar ma'lumotlarni uzatish uchun IR interfeysidan foydalanadilar. Bunday aloqaning asosiy kamchiliklari jo'natuvchi va qabul qiluvchi o'rtasidagi ko'rish chizig'ining talabidir. Bu IR aloqalarini uzatish muhiti tufayli sensorli tarmoqlarda foydalanish uchun nomaqbul qiladi.

Uzatish uchun optik muhitdan foydalanadigan WSN tugunlari ham mavjud. Ikkita uzatish sxemasi qo'llaniladi - passiv, CCR (Corner-Cube Retroreflector) reflektoridan foydalangan holda va faol, lazer diodi va boshqariladigan nometall yordamida. Birinchi holda, o'rnatilgan yorug'lik manbai talab qilinmaydi, signalni uzatish uchun uchta CCR nometallining konfiguratsiyasi qo'llaniladi. Faol usul yorug'lik nurlarini qabul qilgichga yuborish uchun lazerli diod va faol lazer aloqa tizimidan foydalanadi.

Sensor tarmoqlarini qo'llash uchun maxsus talablar uzatish muhitini tanlashni qiyin vazifaga aylantiradi. Masalan, dengiz ilovalari suv o'tkazuvchi vositadan foydalanishni talab qiladi. Bu erda siz uzoq to'lqinli radiatsiyadan foydalanishingiz kerak, bu esa suv yuzasiga kirishi mumkin. Qiyin erlarda yoki jang maydonida xatolar va katta shovqinlar paydo bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, tugunlarning antennalari boshqa qurilmalar bilan aloqa qilish uchun zarur balandlik va radiatsiya kuchiga ega emasligi aniqlanishi mumkin. Shuning uchun uzatish muhitini tanlash ishonchli modulyatsiya va kodlash sxemalari bilan birga bo'lishi kerak, bu esa uzatish kanalining xususiyatlariga bog'liq.

3.5 WSNda ma'lumotlarni uzatish protokollari va texnologiyalari

Jismoniy joylashuv maydonining o'lchamiga ko'ra, WSN simsiz shaxsiy tarmoq tarmoqlari WPAN (Simsiz shaxsiy tarmoq tarmoqlari) sinfiga kiradi. Simsiz sensorli tarmoqlarning ishlashidagi eng muhim omil sensorli tugunlarga o'rnatilgan batareyalarning cheklangan quvvatidir. E'tibor bering, batareyalarni ko'pincha almashtirib bo'lmaydi. Shu munosabat bilan, uzatiladigan ma'lumotlar miqdorini kamaytirishga, eng muhimi, ma'lumotlarni qabul qilish va uzatish davrlarini minimallashtirishga qaratilgan sensorlarda faqat eng oddiy birlamchi ishlov berishni amalga oshirish kerak. Ushbu muammoni hal qilish uchun maxsus aloqa protokollari ishlab chiqilgan.

WSN protokollarining eng mashhuri ZigBee alyansining protokollaridir. Simsiz sensorli tarmoqlar uchun protokollar stek standartini ishlab chiqish uchun ZigBee alyansi avval ishlab chiqilgan IEEE 802.15.4 standartidan foydalangan, u kam quvvatli

qisqa masofalardagi (75 m gacha) simsiz ma'lumotlar tarmoqlari uchun jismoniy qatlam va mediaga kirish qatlamini tavsiflaydi. iste'mol, lekin yuqori darajadagi ishonchlilik bilan. IEEE 802.15.4 standarti nafaqat ZigBee protokollari, balki boshqa yuqori darajadagi protokollar (6LoWPAN, DigiMesh va boshqalar) uchun ham asosiy asos bo'lib, tarmoqdagi dasturiy qo'shimchalar yordamida har qanday tarmoq topologiyasini yaratish imkonini beradi. darajasi va undan yuqori.

Ayni paytda ZigBee Alliance ushbu sohadagi yagona standartni ishlab chiqdi, bu to'liq mos keluvchi apparat va dasturiy mahsulotlar ishlab chiqarish bilan ta'minlangan. ZigBee protokollari o'z-o'zini tashkil etuvchi va o'z-o'zini tiklaydigan sensorli tarmoqlarni yaratishga imkon beradi. O'rnatilgan dasturiy ta'minot tufayli ZigBee tarmoq qurilmalari quvvat yoqilganda bir-birini topish va tarmoq yaratish qobiliyatiga ega va biron bir tugun ishlamay qolsa, ular xabarlarni uzatish uchun yangi marshrutlarni o'rnatishlari mumkin. . ZigBee protokollari qurilmalarga ko'p vaqt uxlash imkonini beradi va batareyaning ishlash muddatini sezilarli darajada uzaytiradi. ZigBee tarmog'i tugunlarining radio signalini ishonchli uzatish diapazoni ko'plab parametrlarga (birinchi navbatda qabul qiluvchining sezgirlikiga va uzatuvchining kuchiga) bog'liq, lekin o'rtacha hisobda Zigbee tarmog'ining tugunlari orasidagi masofaga bog'liq. ochiq maydon yuzlab, yopiq joylarda esa o'nlab metr.

O'z-o'zini tashkil etuvchi sensor tarmoqlari *Bluetooth simsiz texnologiyasi asosida ham amalga oshirilishi mumkin* . Bunday tarmoqlar sinxron va asinxron rejimlarda ma'lumotlarni uzatishga qodir bo'lgan asosiy va yordamchi qurilmalardan iborat (bu rollar birlashtirilishi mumkin). Sinxron uzatish rejimi maxsus kanal va kirish vaqt oralig'iga ega bo'lgan asosiy va yordamchi qurilmalar o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri aloqani o'z ichiga oladi. Ushbu rejim vaqt cheklangan uzatish holatlarida qo'llaniladi. Asinxron rejim paketli ma'lumotlardan foydalangan holda master va bir nechta tobe qurilmalar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini o'z ichiga oladi. Bitta qurilma (ham asosiy, ham tobe) 3 tagacha sinxron ulanishni qo'llab-quvvatlashi mumkin.

Ayniqsa, WSNni amalga oshirish uchun Bluetooth kam energiya (Bluetooth past energiya yoki Bluetooth LE yoki BLE) deb ataladigan Bluetooth simsiz texnologiyasi asosiy spetsifikatsiyasining v.4.0 versiyasi mavjud. BLE-dan foydalanadigan

qurilmalar qayta zaryadlanmasdan bitta miniatyura batareyasida bir yildan ortiq davom etishi mumkin. Shunday qilib , masalan, mobil telefon yoki PDA kabi boshqa qurilmalar bilan aloqada bo'lgan doimiy ishlaydigan kichik sensorlar (masalan, harorat sensori) bo'lishi mumkin. Bluetooth spetsifikatsiyasining ushbu versiyasi keng ko'lamli ilovalarni qo'llab-quvvatlash imkonini beradi va sog'liqni saqlash, fitnes va sport, xavfsizlik tizimlari va uy o'yin-kulgilarida qulay foydalanish uchun oxirgi qurilma hajmini kamaytiradi.

WiFi savdo belgisi ostida yaxshi ma'lum) aloqa standartlari to'plami ham ishlatilishi mumkin . Simsiz WiFi tarmoqlari dastlab simli kompyuter tarmoqlarini almashtirish usuli sifatida yaratilgan. Biroq, nisbatan yuqori uzatish tezligi (108 Mbit / s gacha) uni real vaqt rejimida katta hajmdagi ma'lumotlarni (masalan, video signal) uzatish zarur bo'lgan o'z-o'zini tashkil etuvchi sensorli tarmoqlarda qo'llashni istiqbolli qiladi. Mobil va statik tugunlar (mesh tarmoqlar) bilan ierarxik simsiz ad-hoc tarmoqlarni tashkil qilish uchun IEEE 802.11s protokoli ishlab chiqilmoqda. U simsiz tarmoq tarmoqlari uchun yangi MAC qatlam protokolini taklif qiladi va boshqa narsalar qatorida yo'l tanlash va xabarlarini yuborish protokollarini belgilaydi. Faqat ikkita turdagi qurilmalar - "kirish nuqtasi" va "terminal" mavjud bo'lgan an'anaviy WiFi tarmoqlaridan farqli o'laroq, 802.11s standarti "tarmoq tugunlari" va "tarmoq portallari" deb ataladigan narsalarning mavjudligini nazarda tutadi. Tugunlar bir-biri bilan aloqa o'rnatishi va turli xizmatlarni qo'llab-quvvatlashi mumkin. Tugunlar kirish nuqtalari bilan birlashtirilishi mumkin, portallar esa tashqi tarmoqlarga ulanish uchun xizmat qiladi. Mavjud bo'lgan IEEE 802.11 standartlari asosida MANET tarmoqlarini (mobil o'zini o'zi tashkil qiluvchi tarmoqlar) qurish mumkin, ularning ajralib turadigan xususiyati katta qamrov maydoni (bir necha kvadrat kilometr). BSS xususiyatlarini taqqoslash jadvalda keltirilgan. 6.3.

6.3-jadval - WSN radiotexnologiyalarining xarakteristikalarini.

Технология (стандарт)	ZigBee (IEEE 802.15.4)	WiFi (IEEE 802.11b)	Bluetooth (IEEE 802.15.1)
Частотный диапазон	2.4-2,483 ГГц	2.4-2,483 ГГц	2.4-2,483 ГГц
Пропускная способность, кбит/с	250	11000	7131,1
Размер стека протоколов, кбайт	32-64	более 1000	более 250
Время непрерывной автономной	100-1000	0,5-5	1-10

работы от батареи, дни			
Максимальное число узлов в сети	65536	10	7
Диапазон действия, м	10-100	20-300	10-100
Области применения	Удаленный мониторинг и управление	Передача мультимедийной информации	Замещение проводного соединения

WSN, shuningdek, tashuvchi sifatida juda past quvvatli spektral zichlikka ega bo'lgan ultra keng polosali signallardan foydalangan holda, kam energiya sarfi bilan qisqa masofalarda simsiz aloqa texnologiyasi asosida amalga oshirilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Sensorli tarmoq nima? U qanday elementlardan iborat?
2. O'z-o'zini tashkil etuvchi (ad hoc) aloqa tarmog'ining o'ziga xos xususiyati nimada?
3. Datchiklar tarmog'ining asosiy arxitekturasining tarkibiy qismlari nimalardan iborat?
4. Simsiz sensor tarmoq tugunining apparati qanday quyi tizimlardan iborat?
5. WSN tugunlari uchun qanday cheklovlar mavjud?
6. WSNda ma'lumotlarni uzatishning qanday usullari qo'llaniladi?



