**Дәріс № 9. Шағын радиустық желілер негізінде Заттар интернеті мен М2М жергілікті желілері**

Мақсаты: IoT/M2M жергілікті радио қол жетімділік желілерін ұйымдастыру принциптерін зерттеу.

Желілік топологияны автоматты түрде таңдауды, жаңа құрылғыларды желіге автоматты түрде қосуды, адамның қатысуынсыз желідегі деректер пакеттерін беру бағыттарын автоматты түрде таңдауды қамтамасыз ететін өзін-өзі ұйымдастыратын желілер заттар интернетінің тұжырымдамасын іске асырудың желілік негізі болып табылады. Мұндай желілер арасында wpan сымсыз дербес желілері (Wireless Personal area Networks) немесе сымсыз сенсорлық желілер кеңінен қолданылады.

Сымсыз дербес есептеу желісі әдетте 10-нан аспайтын шағын радиусы бар жергілікті желіні білдіреді....20 м. WPAN желілерінің тән ерекшелігі-олардың энергияны аз тұтынуы. Сондықтан, радио құрылғыларында автономды қуат көздерін пайдалану бұл желілерді шектеулі диапазоны бар мобильді байланыс құралдарына жатқызуға мүмкіндік береді. WPAN желілері негізінен әртүрлі тұрмыстық және өнеркәсіптік құрылғыларды, соның ішінде компьютерлік және кеңсе жабдықтарын, жүйелерді байланыстыру үшін қолданылады

"ақылды үй" және "ақылды кеңсе".

WPAN сымсыз дербес желілерін ұйымдастыру үшін IEEE Электротехника және электроника инженерлері институты IEEE 802.15 стандарттар тобын әзірледі, олар ашық жүйелердің өзара әрекеттесу модельдерінің хаттамаларының төменгі екі деңгейін сипаттайды (Open System Interconnection, OSI): физикалық (физикалық Layer, PHY) және тарату ортасына қол жеткізу деңгейі (Medium Access Control, MAC).

Сымсыз дербес желілердің алғашқы стандарттарының бірі Bluetooth технологиясына негізделген IEEE 802.15.1 стандарты болды. IEEE 802.15.1 (Bluetooth) стандартты желілері дербес компьютерлер, мобильді құрылғылар, принтерлер, сандық камералар және сымсыз құлақаспаптар сияқты құрылғылар арасында ақпарат алмасу үшін қолданылады.

Алайда, Wpan желілерінде жұмыс істейтін кейбір құрылғылар үшін Bluetooth технологиясының жылдамдығы жеткіліксіз болды, секундына ондаған жүздеген мегабит өткізу қабілеті бар сымсыз деректер арнасын құруға мүмкіндік беретін стандартты әзірлеу қажет болды. Мұндай стандарттар IEEE 802.15.3 стандарттар тобын құрды, олардың негізінде ультра кең жолақты UWB желілері (Ultra-Wide Band) салынуда. Бұл желілер ақпараттың үлкен көлемін (дауыс, деректер, бейне) жоғары жылдамдықпен беру үшін өте жақсы.

Ақпарат берудің жоғары жылдамдығын қажет етпейтін құрылғылар үшін аккумулятордан батареяның ұзақ қызмет ету мерзімі және әртүрлі сенсорлар, ақпарат жинау және басқару жүйелері сияқты арзан шығындар IEEE стандартын әзірледі

802.15.4 төмен жылдамдықты wpan желілері.

Bluetooth технологиясы пикосет құрылғыларына бірігуге негізделген, олар бір-бірінен аз қашықтықта орналасқан, әдетте 10 м аспайтын құрылғылардың аз санынан тұратын сымсыз деректер желілері болып табылады.

Қарапайым пикосет-бұл Bluetooth модульдерімен өзара әрекеттесетін екі құрылғы, олардың біреуі негізгі (шебер), ал екіншісі құл (құл) деп аталады. Сонымен қатар, негізгі құрылғы қосылыстың жұмысын бастайды және қолдайды. Бір негізгі құрылғы үшін қосылыстардың максималды саны жетіге тең, ал деректерді берудің жалпы жылдамдығы технологияның осы нұсқасы үшін максималды жылдамдықтан аспайды. Негізгі және құл функциялары құрылғыларға бекітілмейді және жүктемеге байланысты өзгеруі мүмкін. Әр түрлі қосылыстардағы құрылғы әртүрлі рөлдерді орындай алады, сонымен қатар әртүрлі негізгі рөлдер үшін құл бола алады.

Bluetooth технологиясы лицензиялаусыз 2,4...2,4835 ГГц жиілік диапазонын пайдаланады. Bluetooth радиотрактісінде кең жолақты кедергілерге байланыс жүйесінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін жиілікті секірмелі қайта құрумен (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) спектрді кеңейту әдісі қолданылады. FHSS алгоритміне сәйкес, Bluetooth сигналының тасымалдаушы жиілігі секундына 1600 рет күрт өзгереді, ені 1 МГц болатын 79 жұмыс арнасы бөлінеді. Әрбір қосылыс үшін жиіліктер арасындағы ауысу тізбегі жалған кездейсоқ болып табылады және ол әр 625 мкс (бір уақыт ұясы) бір тасымалдаушы жиіліктен екіншісіне синхронды түрде қайта құрылатын таратқыш пен қабылдағышқа ғана белгілі. Осылайша, егер жақын жерде бірнеше жұп "таратқыш" жұмыс істесе, онда олар бір-біріне кедергі жасамайды. Бұл алгоритм сонымен бірге берілетін ақпараттың құпиялылығын қорғау жүйесінің ажырамас бөлігі болып табылады: ауысу жалған кездейсоқ алгоритм бойынша жүреді және әр байланыс үшін бөлек анықталады.

Bluetooth технологиясында дуплексті арналарды уақытша бөлу қарастырылған (Time Division Duplex, TDD). Негізгі құрылғы деректер пакеттерін белгісіз уақыт аралықтарына, ал басқарылатын құрылғы – сағат аралықтарына жібереді. Пакеттердің ұзындығына байланысты бес уақыт аралығы болуы мүмкін, ал арнаның жиілігі пакетті беру аяқталғанға дейін өзгермейді.

Bluetooth технологиясы деректерді беруге арналған асинхронды арнаны және дауысты беруге арналған үш синхронды арнаға дейін қолдайды, сондай-ақ деректерді бір мезгілде асинхрондық беруге және дауысты синхронды беруге қолдау көрсетіледі. Синхронды арнадағы дауыстық деректерді беру жылдамдығы әр бағытта 64 кбит/с құрайды.

Сандық деректер мен дыбыстық сигналды беру кезінде әртүрлі кодтау схемалары қолданылады, өйткені ақпарат пакетін жоғалтқан кезде сандық деректер қайта берілуі мүмкін, дыбыстық сигнал әдетте қайта берілмейді.

Әр түрлі өндірушілер шығарған Bluetooth 1.0 (1998) және 1.0 B (1999) сипаттамаларының алғашқы нұсқаларын қолдайтын Модульдер бір-бірімен үйлесімді болмады. Техникалық сипаттамалардың осы нұсқаларында байланыс орнату кезеңінде құрылғының мекен-жайын (Bluetooth device address, BD\_ADDR) беру міндетті болды, бұл протокол деңгейінде құрылғылардың қосылуының анонимділігін жүзеге асыруды мүмкін етпеді және осы сипаттаманың басты кемшілігі болды. Bluetooth байланысы арқылы деректерді берудің максималды жылдамдығы 721 кбит / с болды.

2002 жылы шыққан Bluetooth 1.1 спецификациясында 1.0 және 1.0 B нұсқаларында табылған көптеген қателер түзетілді; шифрланбаған арналарды қолдау және қабылданған сигналдың қуат деңгейінің көрсеткіші қосылды (қалпына келтірілген сигнал күші индексі, RSSI).

2003 жылы шыққан Bluetooth 1.2 нұсқасында Bluetooth желілері мен Wi-Fi сияқты сымсыз жергілікті желілерді ортақ пайдалану кезінде пайда болатын электромагниттік кедергіге қарсы тұру үшін afh (Adaptive Frequency Hopping) жұмыс жиілігін бейімдеу технологиясы қосылды.бірдей жиілік диапазонында жұмыс істейді. Bluetooth-дың осы нұсқасында eSCO (Extended Synchronous Connection Oriented) қосылымына бағдарланған кеңейтілген синхронды арна технологиясы қосылды, ол зақымдалған пакеттерді қайталау арқылы дауыс беру сапасын жақсартты. Bluetooth модульдерін сыртқы құрылғыларға қосу үшін UART үш сымды интерфейсіне қолдау қосылды (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).

Bluetooth сипаттамасының 2.0 нұсқасы 2004 жылдың қараша айында пайда болды, оның алдыңғы 1 нұсқаларымен кері үйлесімділігі бар.x. негізгі жаңалық деректерді берудің жоғары жылдамдығын қолдау болды (асимметриялық режимде 2100 кбит/с дейін және симметриялық режимде 1430 кбит/с дейін). Желінің максималды мөлшері 8-ден 256 құрылғыға дейін ұлғайтылды, сонымен қатар құрылғылардың минималды кідірістермен өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін қызмет сапасын бақылау механизмі (қызмет сапасы, QoS) қосылды.

2008 жылдың тамызында Bluetooth 2.1 нұсқасы шығарылды. Бұл нұсқада энергияны үнемдеу технологиясы (Sniff Subrating) қосылған, бұл энергияны тұтынуды бес есе азайтуға және сол арқылы Bluetooth құрылғысының батареяның қызмет ету мерзімін арттыруға мүмкіндік береді. Bluetooth 2.1 деректерді қорғау деңгейін жоғарылатады және Bluetooth құрылғыларын тану және қосу процедурасын жеңілдетеді.

2009 жылы деректерді беру жылдамдығын 24 Мбит/с дейін қолдайтын Bluetooth 3.0 нұсқасы шығарылды, оған екі радио модулін қолдану арқылы қол жеткізіледі: деректерді беру жылдамдығын 2,1 Мбит/с қамтамасыз ететін кәдімгі Bluetooth модулі және 802.11 протоколы бойынша жұмыс істейтін және деректерді беру жылдамдығын 24 Мбит/с дейін қамтамасыз ететін қосымша модуль. деректер берілетін файлдың көлеміне байланысты. Шағын файлдар баяу арна арқылы жіберіледі,

2010 жылдың маусымында Bluetooth 4.0 нұсқасы шығарылды. Жаңа сипаттаманың негізгі міндеті Bluetooth 3.0 нұсқасында жоғары қуат тұтынуды жою болды. Bluetooth 4.0 спецификациясына алдыңғы Bluetooth нұсқаларының сипаттамаларына негізделген классикалық төмен жылдамдықты Bluetooth технологиясының хаттамалары, Wi-Fi технологиясына негізделген жоғары жылдамдықты Bluetooth технологиясының хаттамалары және төмен қуатты Bluetooth технологиясының хаттамалары кіреді. Қуатты аз тұтынуға арнайы жұмыс алгоритмін қолдану арқылы қол жеткізіледі, оған сәйкес таратқыш деректерді жіберу кезінде ғана қосылады. Осылайша, BLUETOOTH құрылғысының бір CR2032 батареясынан бірнеше жыл жұмыс істеу мүмкіндігі қамтамасыз етіледі. Bluetooth 4.0 модульдерін миниатюралық электронды сенсорлар мен сенсорларда да, түрлі смартфондар мен компьютерлерде де тиімді пайдалануға болады.

2013 жылдың желтоқсанында Bluetooth 4.1 нұсқасы шығарылды, ол Bluetooth желісі мен LTE төртінші буынының ұялы байланыс желісінің бірлескен жұмысы үшін оңтайландырылған. Bluetooth 4.1 технологиясы деректер пакеттерін беруді автоматты түрде үйлестіру арқылы өзара кедергілерден қорғауды көздейді.

2014 жылдың желтоқсанында Bluetooth 4.2 нұсқасы шығарылды. Бұл нұсқада жылдамдық сипаттамалары мен ақпараттық қауіпсіздік жақсарды.