**Дәріс № 7. LTE/LTE Advanced (4G) қатынау желілерінің NB-IoT деректерін тар жолақты беру технологиялары. NB-IoT технологиясының радиоинтерфейсін құру ерекшеліктері**

Мақсаты: NB-IoT тар жолақты деректерді беру ерекшеліктерін зерттеу.

Ұялы байланыс операторларына жаңа қоңыраулардың бірі IoT және M2M класына жататын құрылғыларды жаппай енгізу және оларды орналастыру тығыздығымен желіге қосу қажеттілігі болуы мүмкін

Ұяшықтағы 300 мың құрылғы және 1 шаршы км-ге 1 млн.құрылғыға дейін бұл сынақты lora және LPWAN технологияларына қатысты бәсекелес технологиялар ретінде Заттар интернеті (Narrowband Internet of Things, NB-IoT) үшін деректерді тар жолақты берумен LTE Advanced желілерінің технологиялық мүмкіндіктерін дамыту арқылы еңсеру ұсынылады.

3gpp серіктестік жобасының 13 шығарылымында мамандар NB-IoT технологиясына келесі жалпы талаптарды тұжырымдады:

- 2G(GSM) технологиясымен салыстырғанда деректерді беру жылдамдығы жақсарды;

- MTC(Machine Type Communications немесе M2M) құрылғыларынан төмен жылдамдықты трафикті беру үшін 2G (GSM) - мен жақсартылған спектрді пайдаланудың орташа тиімділігі;

- 2G(GSM)сияқты қызмет көрсету үшін бірдей қамту аймағын қамтамасыз ету;

- қолданыстағы LTE желілерінің жиілік диапазондарымен жақсы үйлесімділік;

- машинааралық коммуникациялар және қолданыстағы LTE абоненттік жабдықтары үшін төмен құны бар абоненттік жабдықтың бір салмақ түсетін жиіліктерінде жұмыс істеу;

- LTE/SAE желісінің архитектурасын қайта пайдалану;

- 3gpp спецификациясына 10 шығарылым үшін өзгерістер енгізу;

- FDD және TDD режимдерінің екеуі үшін технологияны оңтайландыру мүмкіндігі;

- LTE базалық станцияларының қолданыстағы жабдықтарын пайдалану;

- төмен құны бойынша шектеулі ұтқырлықты және төмен қуат тұтынуды қолдау.

Қазіргі уақытта 3gpp серіктестік жобасы спектрді лицензияланған пайдалану арқылы жиілік диапазонына арналған үш бөлек технологияны стандарттайды:

- EC-GSM технологиясы кеңейтілген GSM жабыны бар;

- LTE-m технологиясы ran желісіндегі IOT үшін оңтайландырылған LTE эволюциясы ретінде;

- жаңа тар жолақты радиоинтерфейс технологиясы (Clean Slate Cellular IoT), ran релизін дамыту шеңберінде құрылады 13.

Ұсынылған екі шешім-Clean Slate Cellular IoT және nb CellularIoT жоғары сызықтағы тар жолақты FDMA сигналдарына және төмен сызықтағы тар жолақты OFDMA сигналына негізделген-ені 200 кГц арналарды пайдаланады. Бұл технологиялардың салыстырмалы сипаттамалары NB-IoT технологиясының ең перспективалы экономикалық және техникалық параметрлері бар екенін көрсетеді.

Абоненттік құрылғыларды қосу үшін арнайы әзірленген NB - IoT радио қол жеткізу технологиясы үшін 13 шығарылымындағы 3GPP ерекшеліктері

LTE технологиясының ұялы желілеріне "интернет заттары", LTE технологиясының OFDM сигналдары, байланыс диапазоны және батареяның ұзақ қызмет ету мерзімі сияқты сипаттамаларын біріктіру мүмкіндігі іске асырылды. NB-IoT радио желісінің бюджеті LTE Advanced-пен салыстырғанда 20 дБ-ға жақсарды.

NB-IoT шешімдеріне енгізілген технологиялық шешімдердің ерекшеліктері:

- ue абоненттік жабдығы үшін LTE 180 кГц технологиясы радио блогының еніне тең радиоарнаның енін төменнен де, жоғарыдан да таңдау;

- ofdma-15 кГц (CP қалыпты циклдік префиксі үшін), не 3.75 кГц (МВВ режимі үшін)тасымалдағыш айырымы бар төмен сызықта қол жеткізуді қолдану;

- жоғары сызықта екі режимді пайдалану: ГМSK - модуляциясы бар FDMA - қол жеткізу және SC-FDMA-бір жиілікті тасымалдаушыдан қол жеткізу (SC-FDMA арнайы түрі ретінде бір тонды беруді қоса алғанда);

- әр түрлі жұмыс режимдерінде синхрондау үшін бір тірек тасымалдағышты қолдану, оның ішінде дәстүрлі LTE сигналдарымен біріктіру шешімі;

-NB-IoT технологиясы үшін қолданыстағы LTE протоколдарының процедураларын қолдану: MAC, RLC, PDCP және RRC және таңдалған физикалық деңгейді қолдайтын оңтайландыру процедуралары;

-жақсартылған S1 интерфейсін CN базалық желісіне және NB-IoT құрылғыларынан аз мөлшерде деректерді беру кезінде сигнал беру трафигін азайту сияқты жүйелік аспектілерді анықтайтын байланысты радио қоңырауларға қолдану;

-қуатты тұтынуға, кідіріске және өткізу қабілетіне негізделген арна бағаларын пайдалану; бұл бағалаулар базалық желіге Gb интерфейсінде қолданылуы керек.

"Жоғары" сызығындағы LTE радиоқолжетімділік желісінің физикалық ресурстары абоненттік терминалдар арасында PRB (Physical Resource Block) жиілік - уақыт блоктары түрінде бөлінеді. NB - IoT технологиясы үшін жиілік бойынша ені арнаның тиісті еніне тең осындай жиілік-уақыт блогының ресурстары мыналарды қамтиды:

- QPSK немесе 16QAM немесе 64QAM модуляциясы бар жиілік аймағында әрқайсысының ені 15 кГц болатын 12 қосалқы радиожиіліктің жиілік домені, 15 кГц-ке бір-бірімен бөлінген; PRB жалпы ені 12x15 кГц = 180 кГц құрайды;

- әрқайсысы 0,5 мс болатын екі ұяшықты қамтитын ұзын 1 мс субфреймдерге бөлінген уақытша домен; слоттар CP циклдік префиксінің түріне байланысты уақытша аймақта 6 немесе 7 SC-FDMA (NULsimbl = 6 немесе 7) таңбаларымен құрылады;

- сигналдар жиынтығы: LTE CRS – cell-specific reference signal( балдың анықтамалық сигналы), LTE CSI-RS-Channel State Information Reference Signal( арна күйінің анықтамалық сигналы), LTE PDCCH-Downlink Control Channel (сызықты төмен қарай физикалық басқару арнасы), NB-IoT RE-NarrowBand Internet of Things Radio Equipment (абоненттік жабдықтың тар жолақты арналары).

LTE желісіндегідей, NB-IoT технологиясы RRC радиоресурстарын басқару протоколының екі негізгі күйін қолданады: RRC\_Idle (күту) және

RRC\_Connected (қосылу). Күту режимінде RRC Idle құрылғылары энергияны үнемдейді, сонымен қатар өлшеу есептерін және сілтеме сигналдарын жоғары және төмен бағытта беру үшін пайдаланылатын радиоресурстар

rrc\_connected қосылу режимі абоненттік құрылғылар деректерді тікелей алады немесе жібереді.

13 шығарылым LTE-М және NB - IoT технологияларына арналған екі маңызды инновацияға қойылатын стандарттардың талаптарын анықтады: кеңейтілген үзіліссіз қабылдау режимі (eDRX) және энергияны үнемдеу режимі (PSM). Үзіліссіз қабылдау режимі (DRX) құрылғылар ұйқы режимінде болуы мүмкін немесе RRC\_Idle және RRC\_Connected режимдерінде болуы мүмкін желілер мен құрылғылар арқылы мәліметтер алмасу процесін білдіреді. 12 шығарылым 2,56 сек болатын DRX үзіліссіз қабылдаудың максималды циклын қолдайды., және 13 шығарылымында (edrx) 10.24 сек дейін кеңейтілді.

PSM режиміне қойылатын талаптар батареяның ұзақ қызмет етуін қамтамасыз ету үшін 12-шығарылымда бұрын жасалған және ол eDRX үзіліссіз қабылдау режимімен толықтырылған, абоненттік құрылғылар сыртқы көзден деректерді жиі алуы керек жағдайларды қоспағанда.

NB-IoT технологиясы 3GPP жолақтарында РЖС қолданудың 3 түрлі сценарийін қолдайды;

- автономды пайдалану сценарийі (Stand-alone), NB-і құрылғылары үшін рұқсат етілген спектр 3GPP желілерінің рұқсат етілген арналарында рефарминг және іс жүзінде ауыстыру принциптерінде таңдалады (мысалы, LTE және GSM үшін);

- қорғаныс жолағын пайдалану сценарийі (Guard band), NB-IOT құрылғыларының жұмысы үшін LTE арнасының пайдаланылмаған бөлігінде бөлінген арнада жиілік арнасының артық спектрі қолданылған кезде;

-спектрді біріктірілген пайдалану сценарийі (In-band), nb-ІоТ құрылғылары үшін LTE желісі бөлінген радиоарнаның ішінде ресурстық радио блоктар пайдаланылады.