

Теснолентов интернет на обектите - Narrowband IoT(NB-IoT)

проф. д-р инж. Венета Алексиева

Основни моменти

- История
- Същност
- Топология
- Формат на данните

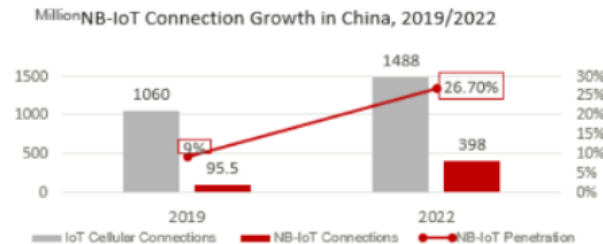
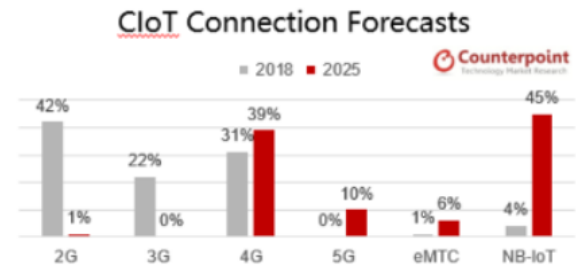
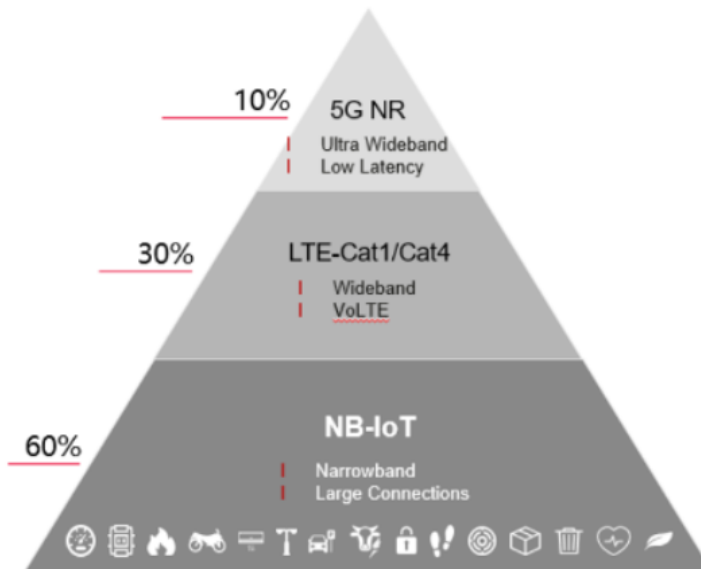
История

- NB-IoT е разработен от 3GPP.
- Спецификацията е в 3GPP Release 13 (LTE Advanced Pro), през юни 2016 г.
- Развива се в 3GPP Release 14 .
- Други 3GPP IoT технологии включват eMTC (подобрена комуникация от машинен тип) и EC-GSM-IoT.
- Първи NB-IoT устройства се появяват в края на 2018г. Те са на компаниите ThingsLog (сертифициран едноканален NB-IoT регистратор на данни), SODAQ (NB-IoT щит на Kickstarter) и u-blox.
- SODAQ и u-blox разработват платки с NB-IoT и LTE-M.
- През март 2019 г. глобалната асоциация на доставчиците на мобилни устройства обяви, че 149 оператора в 69 държави са внедрили мрежи NB-IoT или LTE-M.
- През септември 2019 г. вече са 142 внедрени / стартирани мрежи.
- През 2020г. Deutsche Telekom, Swisscom, Telia и Vodafone подписаха споразумение за роуминг, базирано на NB-IoT в 18 европейски страни

Фактите (по статистика и прогнози на Counterpoint)

- Бъдещата IoT мрежа в Китай се състои от NB-IoT, LTE-Cat1/Cat 4 и 5G NR, сред които 90% връзки ще бъдат осигурени от NB-IoT и LTE-Cat1/Cat4
- Приложения - превозни средства, споделена икономика и носими устройства.

Future Oriented Cellular IoT Strategy



Mobile IoT Forum – част от GSMA

- Създаден, за да ускори широкото разпространение на 3GPP-базирани LTE-M и NB-IoT технологии.
- Членовете на Mobile IoT Forum са от GSMA (GSM Association)
- Улеснява стартирането на решения за LTE-M и NB-IoT в световен мащаб
- Управлява и разпространява LTE-M и NB-IoT приложения за нови бизнес възможности
- Насърчава сътрудничеството между всички LTE-M и NB-IoT индустриални партньори, за да осигури оперативна съвместимост на решенията.

NB-IoT- същност

- Narrowband Internet of Things (NB-IoT) е радиотехнологичен стандарт с ниска мощност LPWAN.
- Може да се интегрира в LTE.
- NB-IoT е изграден на база на LTE, но много функции са премахнати, за да се намалят разходите на устройството и да се минимизира консумацията на батерията:
 - премахване на предаване,
 - агрегиране на носители,
 - измервания за наблюдение на качеството на канала
 - двойна свързаност.
- NB-IoT се фокусира специално върху:
 - покритието на закрито,
 - ниска цена,
 - дълъг живот на батерията
 - висока плътност на връзката.
- IoT приложенията, които изискват по-чести комуникации, работещи върху лицензирания спектър, ще бъдат по-добре обслужвани от NB-IoT.

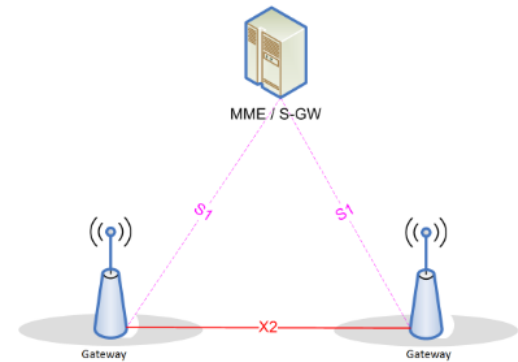
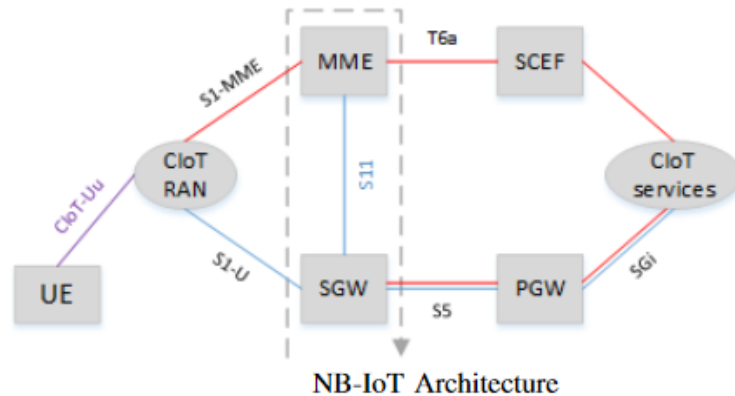
Характеристики

- Честоти: NB-IoT използва подмножество от стандарта LTE на лицензирана честота 200kHz.
- Покритие: до 15км
- Latency: 1.6-10s
- Скорости up/down:
 - Cat-NB1 (3GPP Release 13) 66 kbps/26 kbps
 - Cat-NB2 (3GPP Release 14) 159 kbps/127 kbps
 - Cat-NB4 50Mbps/150Mbps
- Half duplex
- NB-IoT използва QPSK и BPSK модуляции, както и използва OFDM модулация за down комуникация и SC-FDMA за up комуникация.
- Позволява роуминг между устройствата

NB-IoT

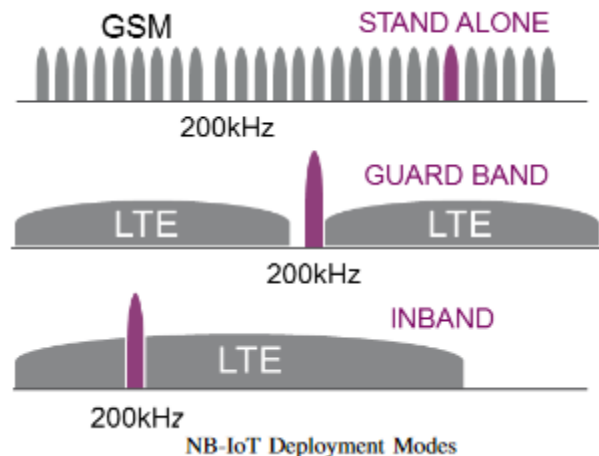
Предимства	Недостатъци
Ниска консумация на енергия – PSM и eDRX	Ниски скорости за предаване на данни
Ефективно използване на честотния спектър	Необходими са множество доставчици за глобално внедряване
Добро покритие в помещения на закрито	Няма излишно (redundant) покритие
Ниска цена на модемите за NB-IoT	Не поддържа хендовер (докато устройството се отдалечава от антената, то увеличава мощността си на предаване, докато връзката се разпадне и едва след това изгражда връзка с новата клетка)

NB-IoT архитектура



- Използва същата архитектура като на LTE
- Базира се на Evolved Packet System (EPS)
- Добавено е устройство Capability Exposure Function (SCEF)
- Оптимизации за изпращане на данни за конкретно приложение:
 - Control plane CIoT EPS (в червено)- за управление на предаването, осигуряване на интерфейс за мрежовите услуги (удостоверяване и оторизация, откриване и възможности за достъп до мрежата)
 - User plane CIoT EPS (в синьо)-данните се пращат през Serving Gateway(SGW) и Packet Data Network Gateway (PGW) към AppServer

NB-IoT - физически слой(1)



- честотна лента 200 kHz за up и down
- Може да се предава от отделен оператор:
 - Standalone: чрез замяна на GSM с NB-IoT cell.
 - Guard-Band : Възползва се от неизползвани ресурсни блокове в защитната лента на LTE носителя.
 - In-Band: Използва един или повече физически ресурсни блока (RB), които са запазени за NB-IoT

Максимална загуба на свързване

- Теоретичната Maximum Coupling Loss (MCL) за NB-IoT връзки е 164 децибела (dB), което е най-високата стойност от всички LPWAN.
- Това означава, че предаванията, изпратени през NB-IoT мрежи, могат да проникнат в по-плътни строителни материали (и да се справят с повече смущения от други сигнали), което ги прави по-полезни за устройства, разположени на закрито в „шумна“ вътрешна среда.
- Но тази висока стойност на MCL за NB-IoT изисква много препредавания, т.е. консумацията на енергия се увеличава.

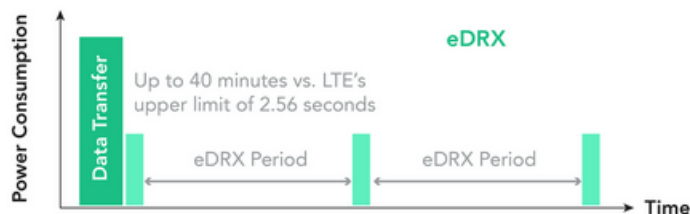
LPWAN Type	Maximum Coupling Loss (MCL)
NB-IoT	164 dB
LoRaWAN	156 dB
Sigfox	160 dB
LTE-M/Cat-M1	156 dB

PSM и eDRX

POWER SAVE MODE

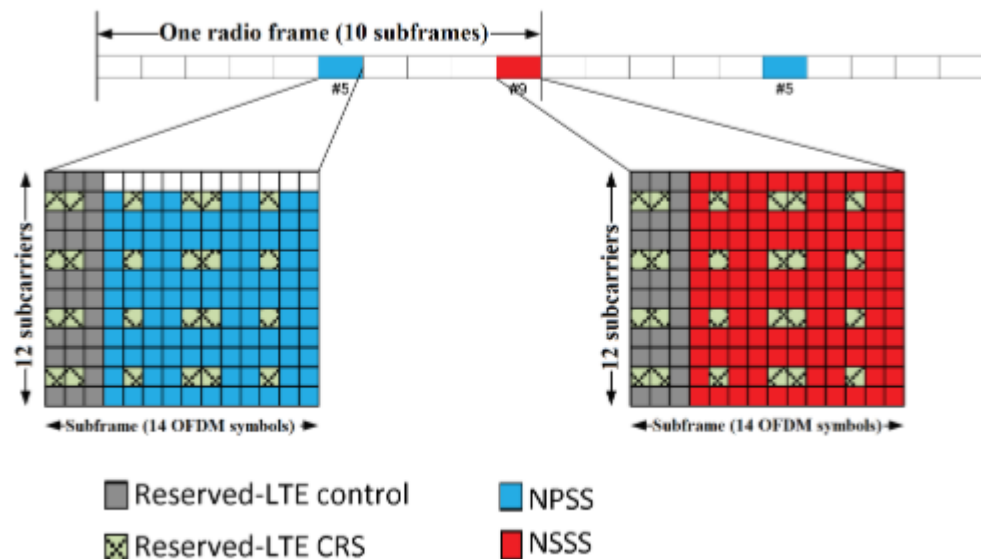


EXTENDED DISCONTINUOUS RECEPTION



- Това са две важни функции за осигуряване на най-добрата способност за пестене на енергия в клетъчна LPWAN.
- **Power Saving Mode (PSM)** позволява на устройството да спи, когато не се използва, така че не изтощава постоянно батерията. NB-IoT и LTE-M са проектирани за IoT устройства, които се свързват на предвидими интервали и не се нуждаят от обслужване между тях.
- Всеки път, когато IoT устройство се движи, то изпраща актуализация на зоната за проследяване- Tracking Area Update (TAU), за да уведоми мрежата къде се намира. Ако устройството не се движи, то изпраща периодично TAU, за да уведоми мрежата, че все още е достъпно.
- **Extended Discontinuous Reception (eDRX)** е за някои IoT приложения, които получават съобщения по downlink - промяна на конфигурацията, актуализации на фърмуера, SMS за конфигурация или отдалечен достъп. Периодът за проверка за входящи данни може да бъде увеличен до 2,56 секунди чрез използване на механизма за прекъснато приемане, въведен за LTE. За NB-IoT и LTE-M е внедрено разширено прекъснато приемане, което позволява удължаване на периода за проверка за предаване до 40 минути.

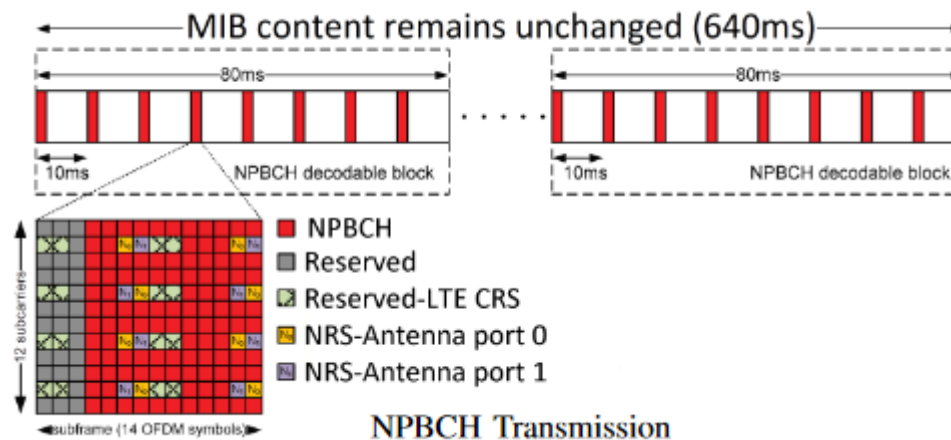
NB-IoT комуникация (1)



Primary and Secondary Synchronization Signals Transmission

NPSS / NSSS: В случай на in-band и guard-band, NPSS / NSSS сигналите могат да се предават само в някои подгрупи на наличните LTE RB. Това се дължи на изместването на честотата между DC carrier и центъра на NB-IoT carrier, които трябва да се държат в диапазона от ± 7 kHz, за да се осигури ефективно търсене на клетки. NPSS се предава на всеки 10 ms и NSSS на всеки 20 ms.

NB-IoT комуникация (2)



NPBCH: Той е отговорен за предаването на Narrow-Band Master Information Block(MIB-NB) в рамките на 80 ms.

Това предаване се повтаря 8 пъти, като MIB-NB се предава без никаква промяна на съдържанието за 640 ms, използвайки QPSK модулация, за да се гарантира, че блокът се получава при екстремни условия на покритие.

MIB-NB е блок с размер 50 бита, който съдържа 16-битови CRC и резервни битове.

MIB-NB блок се използва за основна информация - System Frame Number (SFN), осигурява оперативен режим, растер на канал, специфичен за LTE Cell референтен сигнал (CRS) и планиране на System InformationBlock (SIB).

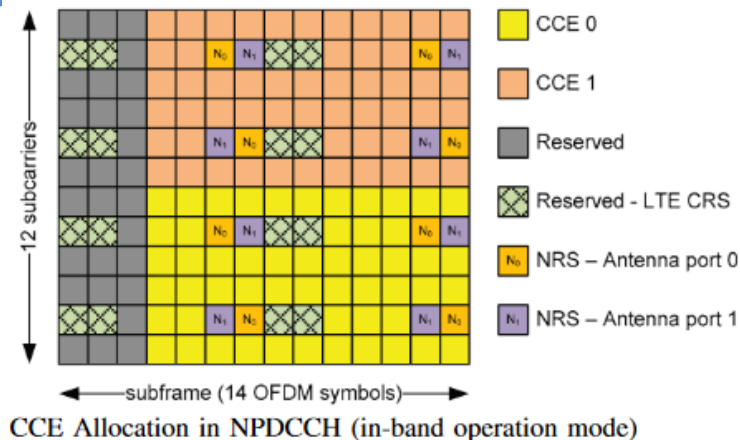
NB-IoT комуникация (3)

NUMBER OF AGGREGATED NCCEs FOR EACH NPDCCH FORMAT

NPDCCH Format	Number of NCCEs
0	1
1	2

DCI FORMATS

DCI Formats	
N0	NPUSCH Scheduling
N1	NPDSCH Scheduling and NPDCCH Order
N2	Paging and direct indication



NPDCCH: Този канал се използва за пренасяне на информация за контрол по down връзката (пейджинг, системна информация).

В зависимост от използвания формат NPDCCH данни може да се пренася от един или два последователни елемента на контролния канал Narrow Band Control Channel Elements (NCCE) за един подфрейм.

Всеки NCCE се състои от шест подносители в подфрейм.

Повторението на предаванията се използва в NB-IoT за постигане на подобрение на покритието. В зависимост от нивото на покритие, NPDCCH се предава няколко пъти според R_{max} (до 2048).

Края на предаването на NPDCCH е когато успешно декодира NPDCCH преди последното повторение.

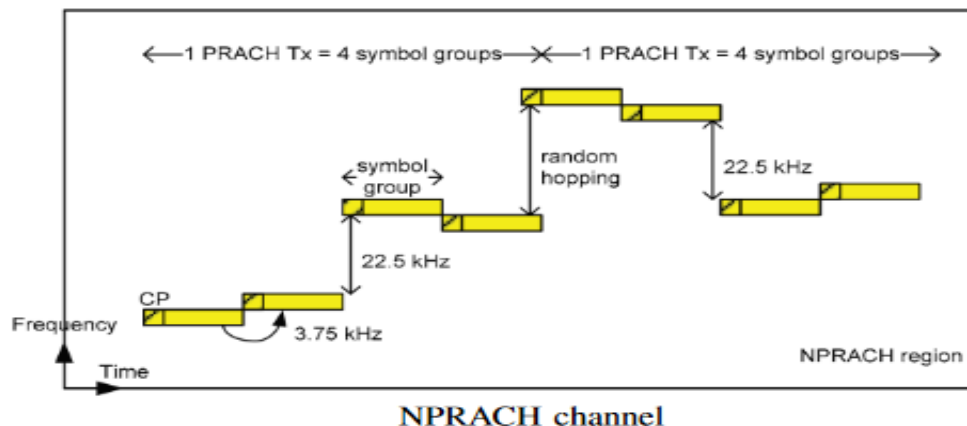
NB-IoT комуникация (4)

NPDSH SPECIFICATIONS

Modulation	only QPSK	
Maximum Transport Block size (TBS)	680 bits	
Channel coding	TBCC	
Redundancy	not supported	
Error detection	Supported using 24-bit CRC	
Download Schemes	Using one antenna port (port 0)	
	Using Space-Frequency block coding (SFBC) for two antenna port (port 0 and 1)	
Data Rate (kbps)	Instantaneous Peak	170
	Sustained Peak	26.2
Rmax	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 192, 256, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048	

- NPDSCH: Този канал е планиран след NPDSCH, за да даде време на крайните устройства да декодират NPDSCH
- Това забавяне, което е най-малко 4 ms, започва от края на NPDSCH до началото на NPDSCH и намалява сложността на крайните устройства на NB-IoT.
- NPDSCH използва цели 12 подносеци в downlink bandwidth.

NB-IoT комуникация (5)



- NPRACH: Този сигнализиращ канал се използва от крайното устройство в процедурата за произволен достъп до канала за достъп до клетка.
- В него се предава преамбюлт.
- Преамбюлт се основава на единична подносеща, с прескачане на честотата за един потребител.
- Всяка група символи има цикличен префикс (CP), последван от пет символа.
- Скачането е между групи символи, докато псевдослучайното скачане се отнася до повторения на групи.
- Различни размери на клетките могат да бъдат постигнати, когато се използва разстоянието между подносещите е 3,75 kHz, с дължина на символа 267 μ s и две дължини на цикличен префикс: 66,7 μ s (10 Km) и 267 μ s (35 Km).
- NPRACH има три конфигурации на ресурси в рамките на клетката, всяка от които съответства на различно ниво на покритие

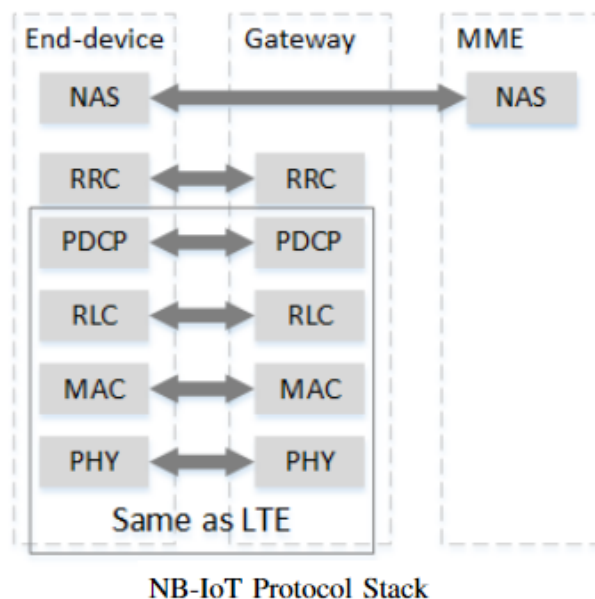
NB-IoT комуникация (6)

NPUSCH RU DEFINITION

Subcarrier spacing (kHz)	Number of Tones	Number of SC-FDMA symbols	Transmission time interval (ms)
15	1	112	8
	3	56	4
	6	28	2
	12	14	1
3.75	1	112	32

- NPUSCH: Този канал е проектиран да пренася данни по up връзката и да изпраща HARQ Ack / Nack.
- Той осигурява разширено покритие, дълъг живот на батерията и огромен капацитет.
- Този канал има два формата:
 - Формат 1 се използва за изпращане на данни за up връзката (максимален блок за транспортиране: 1000 бита). За ресурсни единици с една подносеца може да се използват BPSK и QPSK, иначе се използва QPSK.
 - Формат 2 се използва при потвърждаване на HARQ за сигнализиране на канала за down връзка NPDSCH. Тук модулацията е BPSK. Винаги използва една подносеца с дължина 4 слота. В случай на интервал от 3.75 kHz, ресурсната единица е 8 ms, докато при 15kHz е 2 ms.
- NPUSCH поддържа следните функции:
 - Голям транспортен блок
 - Повторение във времева област.
 - Помага за разширяване на обхвата и оценката на канала
 - Single-tone предаване (3.75 kHz или 15 kHz) и multi-tone предавания (по 15 kHz подносеци)
 - ниско съотношение между пиковата и средната мощност (PAPR)
 - модулационни схеми ($\pi / 2$ -BPSK и $\pi / 2$ -QPSK) за Single-tone предавания

NB-IoT- протоколен стек



- Стекът е като на LTE, но с оптимизирани функционалности.

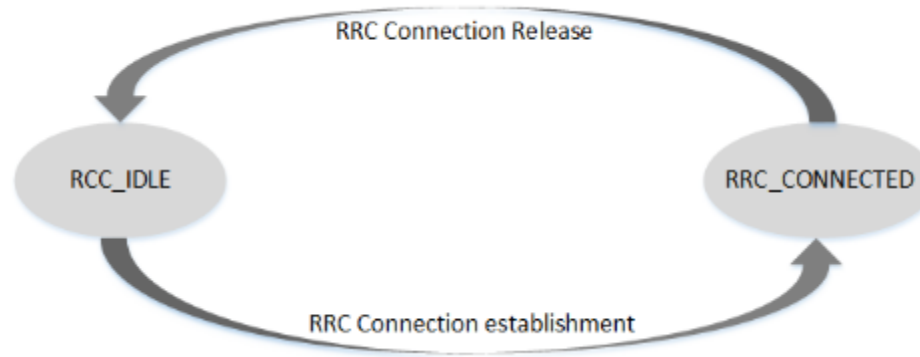
Служебна информация

SYSTEM INFORMATION BLOCKS CONTENT

System Information Block	Content
MIB-NB	Essential information required to receive further system information
SIBType1-NB	Cell access and selection, other SIB scheduling
SIBType2-NB	Radio resource configuration information
SIBType3-NB	Cell re-selection information for intra-frequency, inter-frequency
SIBType4-NB	Neighboring cell related information relevant for intra-frequency cell re-selection
SIBType5-NB	Neighboring cell related information relevant for inter-frequency cell re-selection
SIBType14-NB	Access Barring parameters
SIBType16-NB	Information related to GPS time and Coordinated Universal Time (UTC)

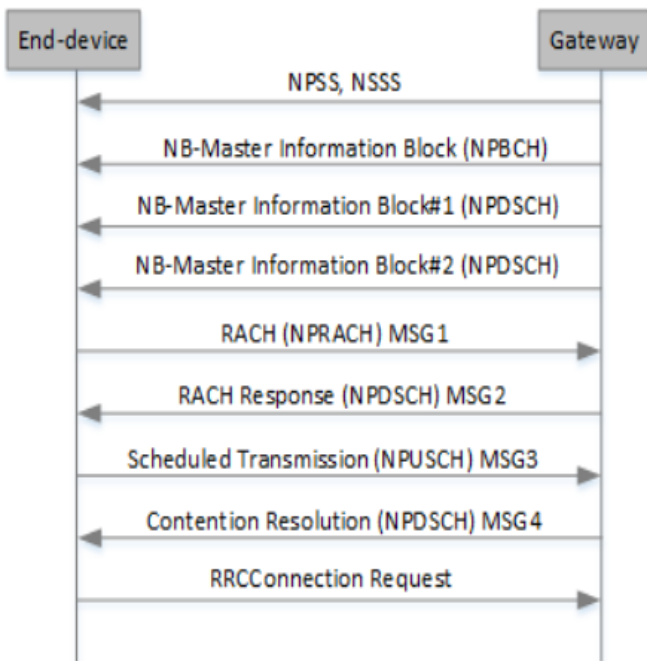
- Тези блокове се използват за broadcast информация за всички устройства в обхвата на GW.
- В случай на промени в системната информация, устройството се връща в състояние IDLE, ако е свързано.
- Дори ако NB-IoT е разположен в лента с LTE, устройствата ще игнорират SIB от LTE.

Управление на мобилност



- Крайното устройство се свързва само с един GW, за да комуникира с него.
- По време на движение устройството може да промени местоположението си няколко пъти и всеки път, когато връзката бъде изгубена, то ще търси подходящ GW за свързване.
- Когато устройството има данни за предаване (up), то ще търси клетка на подходяща честота, ще прочете SIB информацията и ще стартира процедурата за произволен достъп.
- Това се повтаря всеки път, когато устройството загуби връзка с GW.
- Има 2 състояния - RCIDLE (sleeping state) и RRCCONNECTED (connection state).

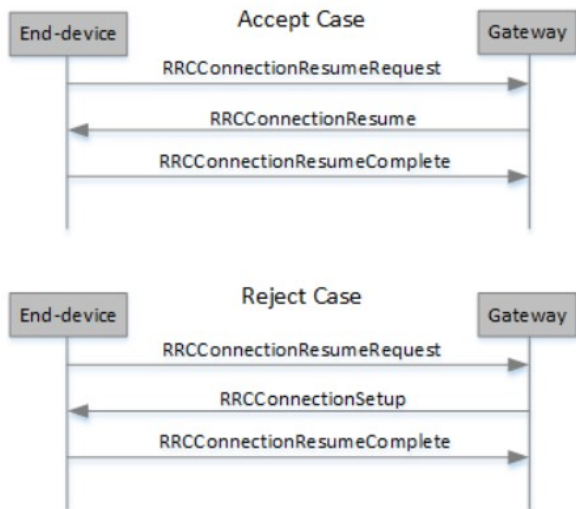
Достъп до клетка



- Хендоверът е премахнат, защото този стандарт е проектиран да бъде прост чрез намаляване на сложността на LTE функциите.
- Комуникацията се счита за кратка, с редки съобщения между устройството и GW.
- Устройството търси GW на подходяща честота.
- По време на настройката на връзката устройството получава първо теснолентовия идентификатор на физическа клетка (NCellID) от NSSS канал, излъчен от GW.
- Устройството декодира NCellID, за да получи NB-MIB, който включва размера на SIB1-NB, броя на повторенията, планирането на InfoSIB1 (достъп и избор на клетка) и началната му позиция.
- Устройството декодира SIB1-NB, за да получи информация за параметрите за достъп до клетката: PLMNID, TA код, идентификация на клетката и състояние на клетката и информация за избор на клетка като минималното ниво на приемника.
- Устройството декодира NB-SIB2, което му предоставя информация за конфигурацията за общи логически и физически канали - конфигурацията на Random Access Channel (RACH), която се изисква за синхронизация на връзката нагоре.
- Устройството инициализира и изпраща преамбюла RACH към GW. Когато GW получи заявката, той ще отговори с Msg2.
- Ако GW не получи заявката, устройството няма да получи отговор, така че той ще изпрати повторно заявката.
- След това устройството изпраща Msg3, за да стартира процеса за разрешаване на съдържание.
- GW изпраща отговора в Msg4, което показва успешното завършване на процедурата RACH.
- RRCConnectionRequest предполага, че устройството иска да се свърже с мрежата.

Мобилност(1)

- Устройството може да загуби връзката, когато се отдалечава от GW.
- Така устройството преминава в състояние RRC-IDLE, за да избере друг GW.
- Времето за настройка е по-малко от 10 s. (то е 6,6 s, когато NB-IoT е внедрен самостоятелно, и около 9,882 s, когато е разположен в честотна лента с LTE и приема същите резултати, ако е разположен в защитна лента).
- Когато GW освободи връзката, той изпраща на устройството текущите параметри на Access Stratum (AS), за да ги съхранява. Тези параметри на AS ще бъдат използвани по-късно от него за възобновяване на връзката (за по-бърза от настройката на клетката).

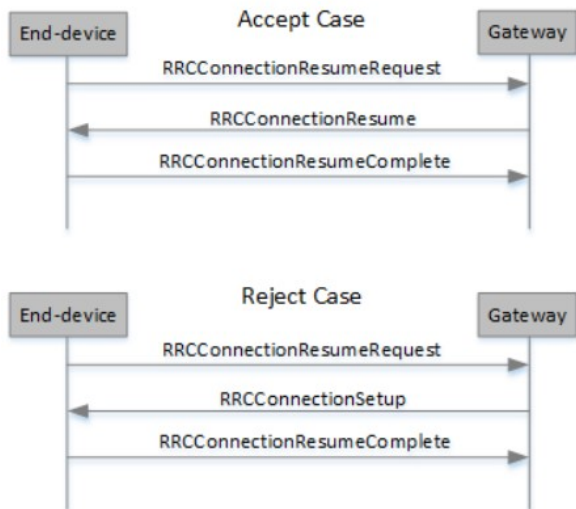


SIGNALING COMPARISON AMONG DIFFERENT METHODS

Direction	Legacy Service Request	RRC Connection Resume	Control Plane Data Transmission
UL	Preamble		
DL	Random Access Response		
UL	RRC Connection Request	RRC Connection Resume Request	RRC Connection Request
DL	RRC Connection Setup	RRC Connection Resume	RRC Connection Setup
UL	RRC Connection Setup Complete	RRC Connection Resume Complete	RRC Connection Setup Complete
DL	Security Mode Command	-	-
UL	Security Mode Complete	-	-
DL	RRC Connection Reconfiguration	-	-
UL	RRC Connection Reconfiguration Complete	-	-
Total # of messages	9	5	5

Мобилност(2)

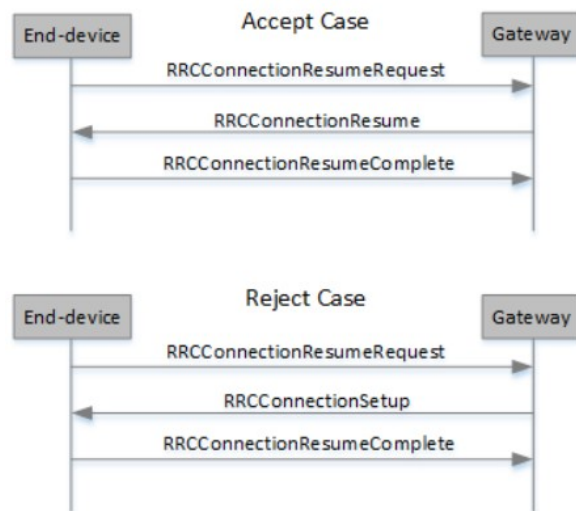
- Използваните съобщения между трите метода, налични в NB-IoT:
 - заявка за наследена услуга,
 - преустановяване / възобновяване на RRC връзка и
 - предаване на данни чрез контролна равнина.
- В процеса на възобновяване има два случая:
 - GW приема възобновяване: Превключва обратно към връзката. Цената е пет съобщения.
 - GW отказва възобновяване: устройството освобождава съхранения AS контекст, връща се в състояние IDLE, след което ще повтори настройката на връзката. Цената е девет съобщения.
- При изходяща връзка, когато устройството се събуди, връзката ще бъде възобновена, ако е била установена. В противен случай то ще търси GW, за да се свърже.
- Когато връзката е установена, устройството може да предава данни.



SIGNALING COMPARISON AMONG DIFFERENT METHODS

Direction	Legacy Service Request	RRC Connection Resume	Control Plane Data Transmission
UL	Preamble		
DL	Random Access Response		
UL	RRC Connection Request	RRC Connection Resume Request	RRC Connection Request
DL	RRC Connection Setup	RRC Connection Resume	RRC Connection Setup
UL	RRC Connection Setup Complete	RRC Connection Resume Complete	RRC Connection Setup Complete
DL	Security Mode Command	-	-
UL	Security Mode Complete	-	-
DL	RRC Connection Reconfiguration	-	-
UL	RRC Connection Reconfiguration Complete	-	-
Total # of messages	9	5	5

Мобилност(3)



SIGNALING COMPARISON AMONG DIFFERENT METHODS

Direction	Legacy Service Request	RRC Connection Resume	Control Plane Data Transmission
UL	Preamble		
DL	Random Access Response		
UL	RRC Connection Request	RRC Connection Resume Request	RRC Connection Request
DL	RRC Connection Setup	RRC Connection Resume	RRC Connection Setup
UL	RRC Connection Setup Complete	RRC Connection Resume Complete	RRC Connection Setup Complete
DL	Security Mode Command	-	-
UL	Security Mode Complete	-	-
DL	RRC Connection Reconfiguration	-	-
UL	RRC Connection Reconfiguration Complete	-	-
Total # of messages	9	5	5

- GW се свързва с устройството като използва метод за пейджинг, за да задейства връзка RRC, което показва промяна в системната информация за устройството в режим RRC-IDLE.
- Използва се за настройка на връзка или промяна на системната информация.
- Дори ако устройството в RRCIDLE се счита за спящо, то все още наблюдава някои от SubFrames (SF), които са свързани с пейджинг.
- В NB-IoT стандарт устройството може да се движи между различни NB-IoT GW, подобно на мобилен телефон.
- Когато текущият GW изпрати информацията за възобновяване на връзката към новия GW, устройството може да възобнови връзката с оригиналния GW.
- Този метод гарантира на устройството бързо установяване на връзка.

Приложения

- Wearables
- Connected Cars-дават информация за пътя и обстановката
- Personal Health – фитнес трекери
- Health care- следене на пациенти в реално време
- Smart Cities - big data, анализи, публични услуги
- Логистика – проследяване на товари

Въпроси ?

Благодаря за вниманието !