

Evolution du Réseau Mobile pour Cellular IoT : LTE-M, NB-IoT et mMTC/uRLLC

EFORT

<http://www.efort.com>

1. Introduction

LTE-M (LTE for Machine Type Communication) et NB-IoT (Narrowband IoT) sont des technologies LPWA (Low Power Wide Area) standardisées par 3GPP.

D'autres technologies LPWA existent telles que LoRa, Sigfox, Weightless, RPMA, Neul, etc.

LTE-M et NB-IoT ont été développés avec les objectifs suivants:

- Couverture intérieure améliorée
- Coût du device ultra-faible
- Faible consommation d'énergie du device
- Architecture réseau optimisée

Les technologies LTE-M et NB-IoT sont appelées CIoT (Cellular IoT) pour les distinguer des autres solutions LPWA.

Le but de ce tutoriel est de comparer les technologies LTE-M et NB-IoT selon différents critères et montrer leur évolution dans le contexte 5G avec mMTC (Massive Machine Type Communication) et uRLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communication).

2. LTE-M versus NB-IoT

Les technologies LTE-M et NB-IoT se distinguent par différents critères développés ci-dessous.

Débit

LTE-M permet un débit maximum théorique de 1 Mbit/s (Uplink et Downlink) en Release 13 avec des modules Cat-M1 en utilisant une bande de fréquence de 1,4 MHz et de 7 Mbit/s en Uplink (UL) et 4 Mbit/s en Downlink (DL) en Release 14 avec des modules Cat-M2 en considérant une bande de fréquence de 5 MHz.

NB-IoT permet un débit théorique maximum de 62,5 kbit/s en UL et 25,5 kbit/s en DL en R13 avec des modules Cat-N1 en utilisant une largeur de bande de 200 KHz et 158,5 kbit/s en UL et 127 kbit/s en DL en R14 en utilisant des modules Cat-N2.

Bandes de fréquences

NB-IoT est une technologie pouvant s'insérer dans les bandes des opérateurs mobiles selon les 3 modes possibles: « In band » se substituant à des ressources blocs LTE, « bande de garde » utilisé dans la bande de garde en bord des blocs LTE et « standalone » sur une porteuse indépendante de 200 kHz.

LTE-M ne supporte que le mode In band.

Support de la mobilité

Une caractéristique majeure du LTE qui a été laissée de côté dans le contexte NB-IoT est la gestion de la mobilité dans l'état actif (i.e., handover). Si un device NB-IoT détecte qu'il pourrait être mieux servi par une autre cellule, il doit d'abord passer à l'état repos, puis re-sélectionner l'autre cellule. De plus, NB-IoT ne prend pas en charge les mesures sur les canaux radio et leur envoi à l'eNodeB. Les deux caractéristiques ont été jugées contre-productives comme le système a été optimisé pour transférer seulement de très petits volumes de données. Enfin, la rétrocompatibilité avec LTE, GSM ou UMTS n'est également

pas pris en charge, un appareil NB-IoT doit uniquement prendre en charge la partie NB-IoT des spécifications. Au contraire, LTE-M supporte le handover permettant au device LTE-M de changer de cellule en communication.

Economie d'énergie

Une des exigences d'un grand nombre de scénarii IoT est la consommation d'énergie très faible pour un device qui ne fait qu'échanger (émettre et recevoir) de très petits volumes de données et pour lequel, il existe de nombreux intervalles de temps pendant lesquels le device n'échange aucune donnée.

Si le device ne nécessite pas de réagir immédiatement suite à des données qui lui sont envoyées, il n'est pas nécessaire de maintenir le module radio en fonctionnement tout le temps.

Si par exemple, il est suffisant de vérifier toutes les 30 minutes l'arrivée de paquets IP, le module radio peut être éteint pendant tout ce temps pour économiser l'énergie. L'inconvénient réside dans le fait que le device ne pourra répondre à une éventuelle demande qu'au bout de 30 minutes.

Pour répondre à ces scénarii, les spécifications 3GPP ont été étendues avec des fonctionnalités relatives à "High Latency Communication", notamment eDRX (Extended idle mode Discontinuous Reception) et PSM (Power Save Mode) qui s'appliquent à LTE-M et NB-IoT.

1. eDRX

Quand un mobile est en état de repos, il doit écouter sur le canal de paging LTE pour les messages entrants de paging. Ceux-ci sont envoyés en l'absence de liaison radio active et les paquets IP arrivent de l'Internet à destination de ce mobile. Le mobile répond ensuite à la demande de paging, un canal radio est établi et les paquets IP sont livrés.

Un intervalle de paging typique dans les réseaux LTE aujourd'hui est 1,28 secondes, à savoir le chip radio d'un device IoT doit se réveiller une fois toutes les 1,28 secondes et vérifier le canal de paging.

Si il est acceptable pour un device IoT de prolonger l'intervalle de paging, il peut le signaler au réseau au cours de la procédure d'attachement LTE et lors de la procédure de mise à jour de tracking area.

Au cours de ces procédures, il peut demander au réseau d'étendre l'intervalle de paging à des valeurs comprises entre 5,12 secondes et 2621,44 secondes (43,69 minutes) pour LTE-M (catégorie M1) et comprises entre 20,48 secondes et 175 minutes pour NB-IoT (4 fois les valeurs de LTE-M). Les valeurs possibles pour LTE-M sont 5.12, $5.12 \times 2^1 = 10.24$, $5.12 \times 2^2 = 20.48$ secondes, etc.) jusqu'à $5.12 \times 2^9 = 2621.44$ secondes (43.69 minutes).

Le réseau peut accepter, refuser ou modifier la valeur. Une fois que la procédure d'attachement ou de mise à jour de tracking area est terminée et que le réseau a libéré le bearer radio, le device peut éteindre sa radio pour le temps DRX prolongé (eDRX) sans relâcher son contexte de bearer, à savoir le device maintient son ou ses adresses IP. Par ailleurs le device va indiquer combien de temps une fois réveillé il va écouter le canal de paging. Il s'agit de la paging window dont la valeur est comprise entre $1,28 \times 2 = 2,56$ s et $1,28 \times 32 = 40,96$ s.

2. PSM

Une autre option pour éteindre la radio pour une durée prolongée est la fonctionnalité PSM (Power Save Mode), en français, mode économie d'énergie.

Pour activer ce mode, le mobile négocie un temps actif au cours duquel il sera toujours à l'écoute du canal de paging une fois qu'il est entré dans l'état de repos sur le réseau radio. Cette demande est soumise dans la requête d'attachement et la requête de Tracking Area Update. Ce temps actif est caractérisé par le temporisateur T3324. Une fois ce délai expiré, le device n'est plus joignable par le réseau, puisqu'il désactive sa radio jusqu'à ce qu'il doit effectuer une mise à jour de tracking area périodique (selon le temporisateur T3412) ou doit émettre des données.

En outre, le device demande d'étendre le temporisateur de mise à jour de tracking area périodique (T3412), qui est par défaut positionné à une valeur de 54 minutes et peut être configuré à une valeur jusqu'à 186 minutes. Si accordé par le réseau, le device peut recevoir un T3412 étendu dont la valeur peut être comprise entre 3 heures et 413 jours.

Cela est logique pour des devices qui ne font qu'émettre des données à un serveur sur le réseau mais qui ne comptent pas être contactés par le monde extérieur.

Un device LTE-M ou NB-IoT peut négocier à la fois les mécanismes eDRX et PSM avec le réseau (i.e., MME) lors de l'attachement ou de la mise à jour de Tracking Area.

Exemple pour un device NB-IoT :

eDRX : 2,92 heures ; Paging Time Window length = 20,48 secondes.

PSM : T3412 = 24 heures; Active Time Window (T3324) = 20,48 secondes

VoLTE

La technologie LTE-M supporte la voix sur IP sur LTE (VoLTE). Cela n'est pas le cas pour NB-IoT. La voix peut être un atout pour les communications de machine à machine et humain à machine pour les commandes, le contrôle et les alertes. La voix est le mode de communication naturel pour les humains et dans certaines applications de machine où une interaction ou une saisie humaine est nécessaire, la voix est souvent la forme la plus simple pour cette entrée. La voix peut également être la forme d'entrée la moins coûteuse pour certaines applications pouvant accepter des commandes vocales simples au lieu d'exiger des écrans tactiles coûteux ou d'autres interfaces coûteuses.

Transfert de données

Il existe différentes options de connectivité de données pour les connexions PDN disponibles pour les devices IoT utilisant l'EPS:

- IP sur le plan de contrôle (UDP et TCP) à partir de Rel. 13, i.e., PDN Type = IP, autrement dit, l'UE gère la couche IP et obtient une adresse IP pour émettre et recevoir ses données sur le plan contrôle.
- IP sur le plan usager (UDP et TCP) avec PDN Type = IP
- Non-IP sur le plan de contrôle, i.e., PDN Type = non-IP, autrement dit, le device IoT ne gère pas la couche IP, n'obtient donc pas d'adresse IP pour émettre et recevoir ses données, et utilise des protocoles d'application directement sur le plan contrôle. De tels protocoles standard sont à titre d'exemple CoAP (Constrained Application Protocol) et MQTT-SN (Message Queue Telemetry for Sensor Networks).

Certaines optimisations sur le plan contrôle et le plan usager sont considérées notamment pour l'allocation des ressources lors de l'émission ou la réception.

Le plan contrôle EPS Clot peut être utilisé pour transporter des données utilisateur ou des messages SMS via MME en les encapsulant dans des messages NAS (Non-Access-Stratum); cela réduit le nombre total de messages de plan de contrôle lors de la gestion d'une transaction de données courte. Le terme DoNAS est utilisé pour Data over NAS.

Pour les services qui transmettent occasionnellement des quantités raisonnablement faibles de données, l'utilisation du plan de contrôle optimisera la consommation d'énergie en raison du fait que la quantité de signalisation requise est réduite. La consommation d'énergie peut être optimisée en utilisant non-IP, UDP/IP et TCP/IP. Non-IP permet l'utilisation de protocoles optimisés pour un usage spécifique. UDP est asynchrone, ce qui réduit le temps de connexion, tandis que TCP maintiendra la connexion ouverte jusqu'à ce qu'un accusé de réception soit reçu.

Les services qui doivent envoyer plus d'informations pourraient bénéficier de la connexion du plan usager, qui peut être utilisée pour envoyer plusieurs paquets. Dans l'ensemble, cette approche pourrait consommer moins d'énergie que d'envoyer plusieurs messages sur le plan de contrôle.

Pour LTE-M, l'utilisation du plan usager avec optimisation est obligatoire alors que l'utilisation du plan contrôle avec optimisation optionnelle. C'est l'inverse pour NB-IoT.

Latence

LTE-M offre une faible latence en mode de couverture normale allant de quelques centaines de millisecondes en mode normal à quelques dizaines de secondes en mode d'extension. La VoLTE d'ailleurs ne fonctionnera qu'en mode normal.

La latence de LTE-M est considérée 10 fois inférieure à celle de NB-IoT

3. CloT et 5G

Trois grandes catégories d'usages 5G, avec leurs exigences respectives et potentiellement incompatibles entre elles, sont en train d'émerger et permettraient de répondre aux besoins métier :

1. mMTC – Massive Machine Type Communications : communications entre une grande quantité d'objets avec des besoins de qualité de service variés. L'objectif de cette catégorie est de répondre à l'augmentation exponentielle de la densité d'objets connectés ;
2. eMBB – Enhanced Mobile Broadband : connexion en ultra haut débit en outdoor et en indoor avec uniformité de la qualité de service, même en bordure de cellule ;
3. uRLLC – Ultra-reliable and Low Latency Communications : communications ultra-fiables pour les besoins critiques avec une très faible latence, pour une réactivité accrue.

L'ultra haut débit (eMBB) concerne tous les applications et services qui nécessitent une connexion toujours plus rapide, pour permettre par exemple de visionner des vidéos en ultra haute définition (8K) ou de « *streamer* » sans-fil des applications de réalité virtuelle ou augmentée.

Du point de vue du service, des applications et des exigences, le marché de l'IoT est divisé en deux catégories: mMTC(Massive Machine Type Communication) et uRLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communication).

Les Smart Wearables et les réseaux de capteurs (sensor networks) sont deux exemples de domaines industriels appartenant à la catégorie **mMTC**.

Les Smart Wearables comprennent non seulement, des montres connectées, mais aussi des capteurs intégrés dans les vêtements.

Un cas d'utilisation commun est la mesure de paramètres liés à la santé tels que la température du corps et le rythme cardiaque. Il est clair que si cette tendance gagne du terrain, le nombre de dispositifs par personne créera de nouvelles exigences sur la capacité nécessaire pour la prise en charge de ces devices par les réseaux cellulaires fournissant des services IoT. Par ailleurs le coût supplémentaire pour qu'un wearable soit connecté doit être extrêmement faible afin d'attirer les consommateurs.

Les réseaux de capteurs concernent par exemple les compteurs d'énergie, tels que les compteurs de gaz, d'eau et d'électricité.

Potentiellement, chaque maison est équipée d'une multitude de capteurs/compteurs qui mettront une exigence élevée sur la capacité du système de communication à leur fournir la connectivité. Comme les compteurs d'utilité sont Comme les compteurs d'énergie sont associés à des exigences strictes en matière de couverture, ce qui consomme des ressources radio, la tâche de fournir une capacité suffisante pour ceux-ci devient encore plus difficile. Les compteurs ne peuvent en outre que compter sur l'énergie fournie par leur batterie, ce qui mettra des exigences élevées sur l'efficacité énergétique de l'appareil afin de permettre le fonctionnement pendant des années sur des petites batteries de faible coût.

D'autre part, **uRLLC** peut être illustré par des applications haut de gamme telles que la conduite autonome, l'automatisation industrielle et le-santé.

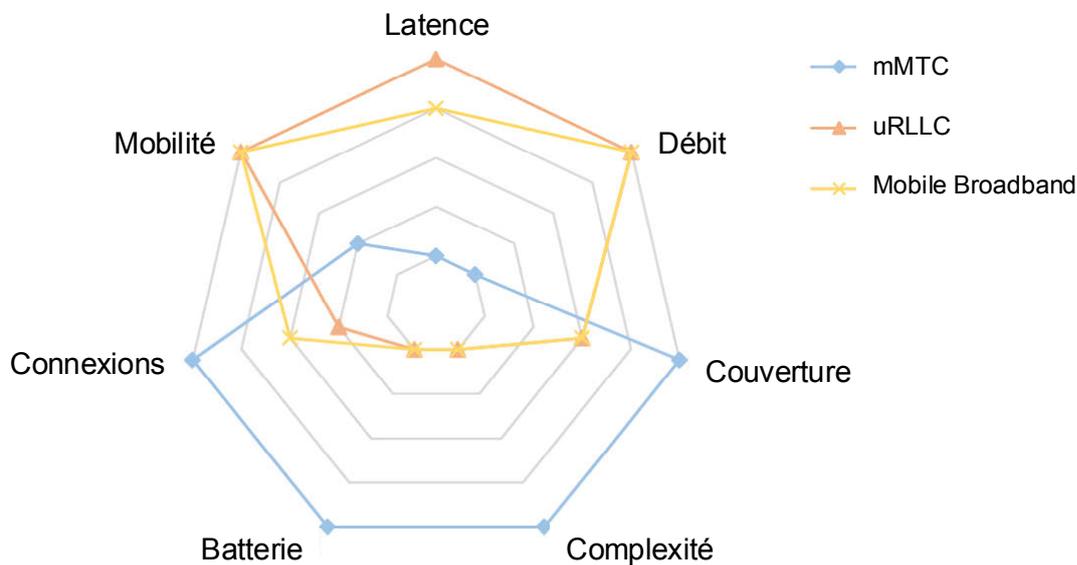
La conduite autonome requiert des véhicules connecté aux réseaux de communication cellulaire, réseaux devant offrir une ultra fiabilité combinée à une latente extrêmement faible.

L'absence de santé avec des opérations à distance grâce à une robotique de pointe, bien sûr, mais aussi et surtout grâce à des connexions offrant aussi l'ultra-fiabilité, la faible latence et le haut débit pour des capacités vidéo haute définition.

La Figure illustre à un haut niveau les exigences attendues pour la catégorie mMTC et la catégorie URLLC en termes de couverture, nombre de connexions prises en charge, latence, débit, mobilité, complexité de l'appareil et durée de vie de la batterie du device.

À titre de comparaison, les exigences typiques du haut débit mobile sont aussi représentées. Le centre du graphique correspond à des exigences plus souples tandis que la périphérie du graphique est associée à des exigences strictes.

Pour mMTC, la mobilité n'est pas une exigence importante, la complexité du device doit être la plus faible possible pour une production à moindre coût, la batterie doit avoir une durée de vie très longue (se comptant en années), un très grand nombre de connexions doit être supporté par le réseau, une couverture étendue doit être fournie avec une contrainte de débit de 160 bit/s au minimum à la limite de la couverture, le débit de manière générale n'est pas un critère important, ni la latence où une latence inférieure à 10 secondes convient.



Les formations EFORT "Evolutions du réseau coeur mobile pour M2M/IoT dans le contexte LTE-M et NB-IoT" et "Evolutions Radio pour M2M/IoT" permettent de comprendre l'évolution du réseau mobile pour supporter Cellular IoT, notamment LTE-M et NB-IoT.

http://www.efort.com/index.php?PageID=21&l=fr&f_id=190&imageField.x=8&imageField.y=2

http://www.efort.com/index.php?PageID=21&l=fr&f_id=188&imageField.x=3&imageField.y=3