

# LTE 기반 IoT Network (eMTC, NB-IoT) 기술의 이해

SK Telecom, N/W기술원  
Access Network Lab

2017. 7

# 1. LPWA 개요 (1/2)

## • 저전력 IoT 소물 인터넷(Internet of Small Things) 망의 배경

- IoT는 스마트폰을 잇는 ICT 산업의 새로운 성장동력
- 사물 인터넷으로 출시되는 제품들 중 다수가 소물(Small Things)
  - ※ 소물(Small Things) : 온도, 습도, 각도, 무게, 위치 등 단순정보를 측정하는 소형기기
- 소물 인터넷 세상을 위해 소형배터리, 저성능 컴퓨터 사물을 위한 전용망 필요
  - ※ 소물 인터넷: 저성능 컴퓨팅 파워 기반의 소물들의 연결 환경. 소물에서 감지한 데이터 저장/분석
- 소물을 위한 전용망은 저전력으로 저렴하게 많은 기기를 수용할 수 있는 서비스 지향

### 【 무거운 연결 】



- 사람과 스마트 기기 중심
- 스크린 위주
- 고성능 대용량 콘텐츠
- 융합/집적화
- **고속 N/W 필요**

### 【 가벼운 연결 】

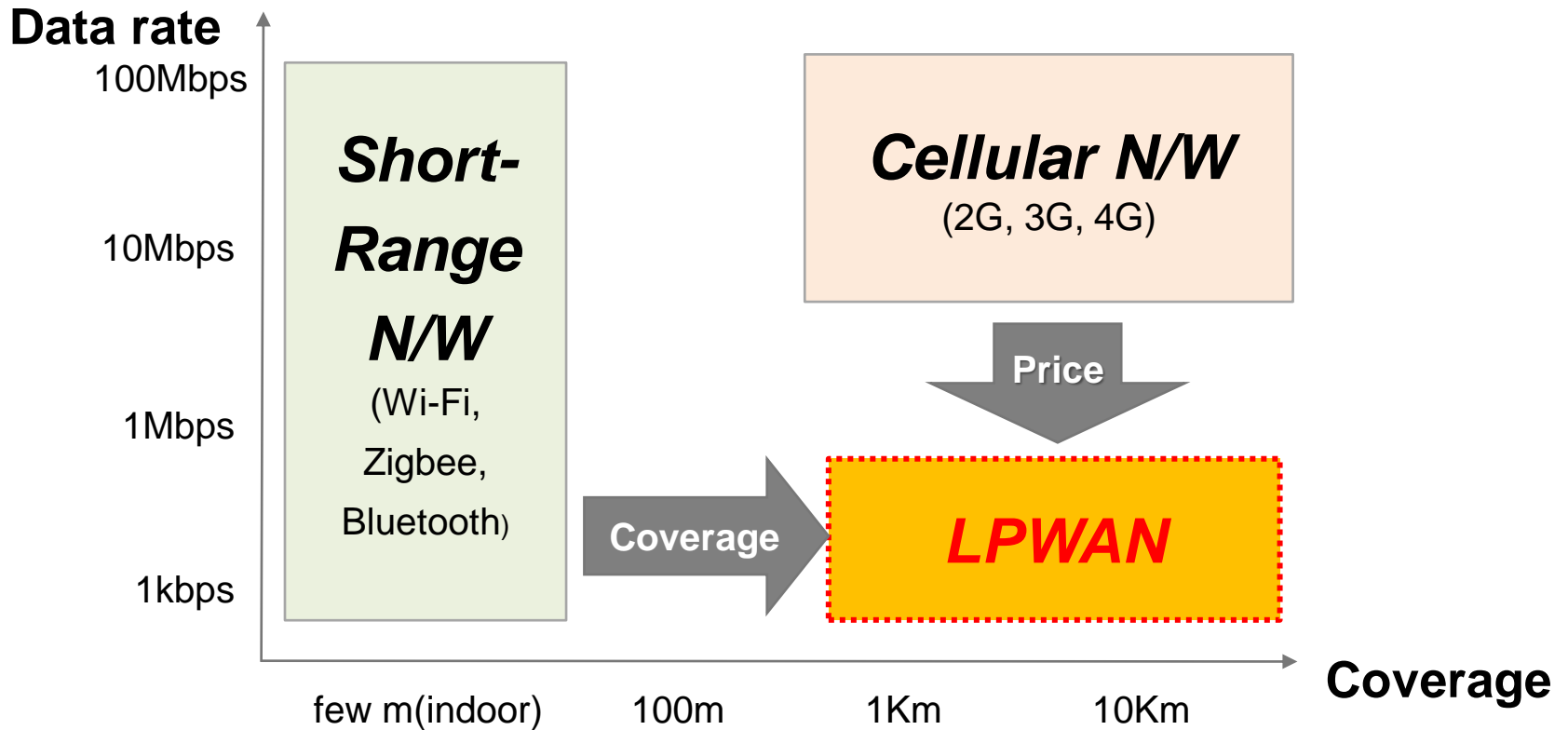


- 사물 중심
- 스크린 필요 없음
- 소량의 메세지
- 전문 영역별 다변화
- **저속/저가의 N/W**

# 1. LPWA 개요 (2/2)

- LPWAN (Low-Power Wide Area Network) 기술

- ① 넓은 커버리지    ② 낮은 Chip가격    ③ 낮은 소비 전력



## 2. LPWA 기술 비교

구분	Sigfox	LoRa	NB-IoT	LTE Cat.M1
표준화	• ETSI	• LoRa Alliance	• 3GPP	• 3GPP
Eco-system	• Sigfox社 E2E 통합 솔루션 - 통신모듈, 기지국, Core Cloud 등	• LoRa 모뎀칩: <b>Semtech</b> • 단말, 기지국, N/W Server 솔루션 누구나 개발 가능	• 기존 LTE Eco-system 기반	• 기존 LTE Eco-system 기반
주파수	• 비면허 Sub GHz 대역 (800~900MHz)	• 비면허 Sub GHz 대역 (800~900MHz)	• 면허 LTE 대역 (In-band, Guard-band)	• 면허 LTE 대역 (In-band)
RF B/W	• DL: 200KHz, UL: 200kHz (단말당 UL B/W는 100Hz)	• DL+UL: 7.8~500kHz, <b>125kHz*8채널</b> 로 사용이 Main	• DL, UL: 180kHz (1RB)	• DL, UL: 180kHz*6 (6RB)
최대 전송 속도	• DL/UL: 600/100bps • Data Size: ~12Bytes	• DL/UL: 18~37,500bps <b>300~5,400bps@125kHz</b> • Data Size: ~240Bytes	• Half Duplex - DL/UL 27/63kbps • Full Duplex - DL/UL 250kbps	• Half Duplex - DL/UL 300/375kbps • Full Duplex - DL/UL 1Mbps
기지국당 커버리지	• LTE 대비 20dB 확장 수준	• LTE 대비 20dB 확장 수준	• LTE 대비 20dB 확장 수준	• LTE 대비 20dB 확장 수준
단말 통신 모듈 가격	• \$5~\$10 수준	• \$5~\$10 수준	• \$10 예상	• \$10 예상

### 3. LTE 기반 LPWA 진화

- 용어 정리: NB-IoT, Cat.M1, LTE-M, eMTC, Cat.NB1...

일반적 명칭	표준상 기술명	표준상 단말 규격명
Cat.M1, LTE-M	eMTC	Cat.M1 Rel.13
	FeMTC	Cat.M1 Rel.14 Cat.M2 Rel.14
NB-IoT	NB-IoT	Cat.NB1 Rel.13/14 Cat.NB2 Rel.14
(국내만) LTE-M	-	Cat.1

※ Rel.13: ~'16.6, Rel.14: ~'17.3

### 3. LTE 기반 LPWA 진화

- LTE 기술은 Rel.8 Cat.1~5를 시작으로 한쪽으로는 대용량 데이터 전송을 위한 Gbps급 Cat.16까지, 반대쪽으로는 IoT를 위한 수십kbps급 Cat.NB1까지 진화

저용량 IoT	Category	DL 속도	MIMO	대역폭	Release Ver.	비고
↑	Cat.NB1	27kbps	-	180kHz	Rel.13	LPWA
	Cat.M1	300kbps	-	1.08MHz	Rel.13	LPWA
최초 LTE	Cat.1	10Mbps	-	20MHz	Rel.8	'16년부터 IoT 활용
	Cat.3	100Mbps	2	20MHz	Rel.8	최초 LTE 상용
	Cat.4	150Mbps	2	20MHz	Rel.8	광대역 LTE
	Cat.6	300Mbps	4	2 x 20MHz	Rel.10	최초 LTE-A
	Cat.9	450Mbps	4	3 x 20MHz	Rel.11	3 Band LTE
↓	Cat.12	600Mbps	4	4 x 20MHz	Rel.11	최초 256QAM
	Cat.16	1Gbps	4	5 x 20MHz	Rel.12	갤럭시S8
대용량 영상 / 데이터						

### 3. LTE 기반 LPWA 진화

- LTE 기반 IoT Network은 Cat.1을 거쳐 Cat.M1/NB-IoT로 진화했으며, 이후 '18년 중반 Rel.15 규격으로 5G 진화 계획

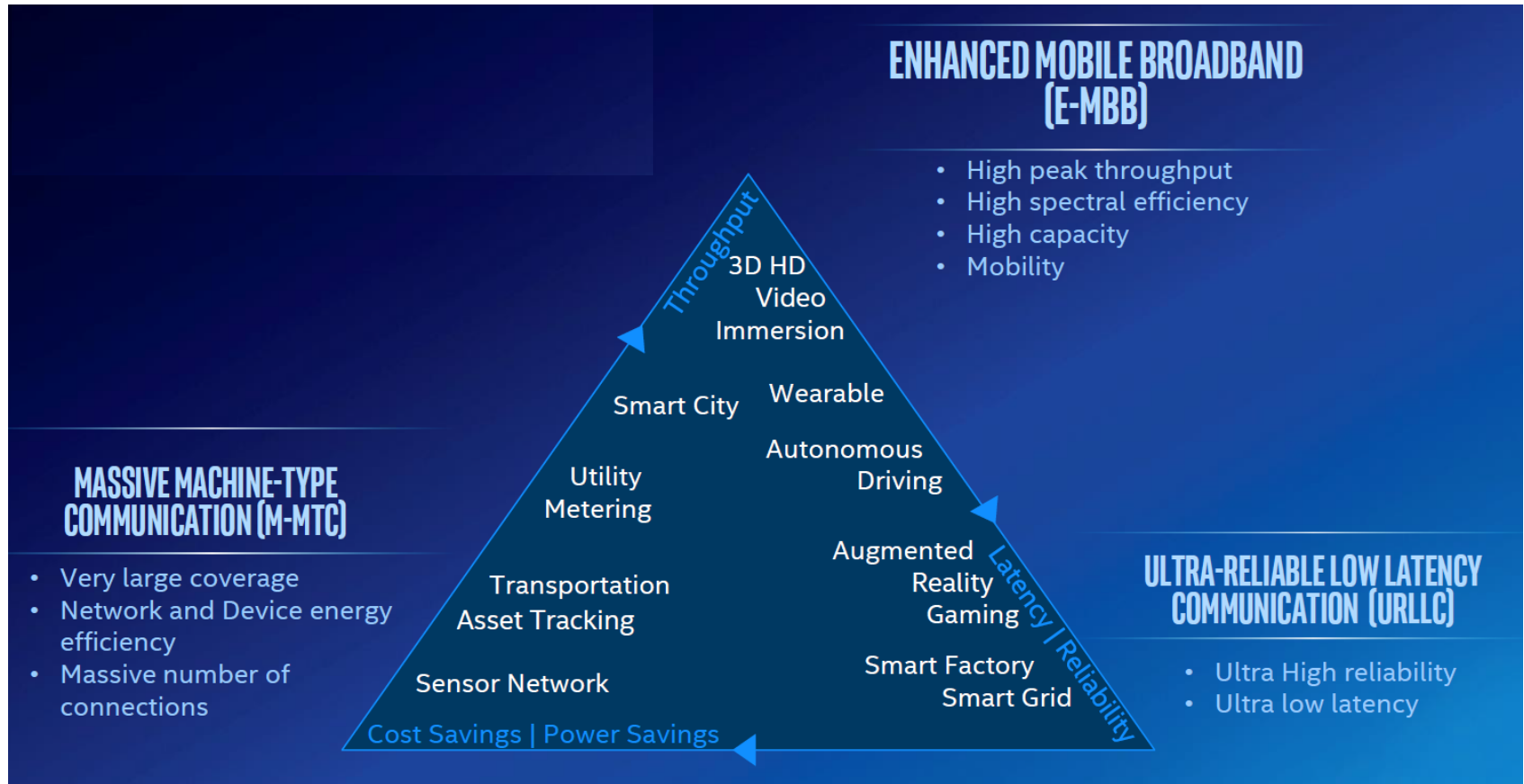


구분	Rel.13(~'16.6)	Rel.14(~'17.3)	Rel.15(~'18.6)
<b>eMTC (Cat.M1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단말 대역폭: 1.4MHz(6RB)</li> <li>- 전송 속도               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Full Duplex: DL/UL 1Mbps</li> <li>&gt; Half Duplex: DL 300k, UL 375kbps</li> </ul> </li> <li>- 단말 Power Class: 23, 20dBm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cat.M1 속도 개선               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; DL 1M, UL 3Mbps (Full Duplex)</li> </ul> </li> <li>- Cat.M2 카테고리 추가               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 단말 대역폭 5MHz(25RB)</li> <li>&gt; DL 4M, UL 7Mbps</li> </ul> </li> <li>- Positioning RS기반 OTDOA 측위 추가</li> <li>- SC-PTM 기반 Multicast 기능 추가</li> <li>- VoLTE 개선을 위한 전송 모드 추가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단말 Power Class 추가</li> <li>- 단말 전력소모 개선</li> <li>- 송수신 Latency 개선</li> <li>- 64QAM 등 속도 개선</li> <li>- Load Control을 위한 Cell Barring 기능 추가</li> </ul>
<b>NB-IoT (Cat.NB1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단말 대역폭: 180kHz(1RB)</li> <li>- 전송 속도               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Full Duplex: DL/UL 200kbps</li> <li>&gt; Half Duplex: DL 27k, UL 63kbps</li> </ul> </li> <li>- 단말 Power Class: 23dBm, 20dBm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cat.NB2 카테고리 추가               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 단말 대역폭 변경 없음</li> <li>&gt; DL 80k, UL 105kbps</li> <li>&gt; (옵션) DL 125k, UL 140kbps</li> </ul> </li> <li>- Multi-RB 운용 기능 추가               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 단말 1RB 유지, 시스템 단에서 Multi-RB 운용으로 용량 증대</li> </ul> </li> <li>- Positioning RS기반 OTDOA 측위 추가</li> <li>- SC-PTM 기반 Multicast 기능 추가</li> <li>- 단말 Power Class 14dBm 추가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TDD 규격 추가</li> <li>- 단말 전력소모 개선</li> <li>- 송수신 Latency 개선</li> <li>- Load Control을 위한 Cell Barring 기능 추가</li> </ul>

※ eMTC, NB-IoT 속도 개선 시, 커버리지 감소 및 단말 복잡도 증가 발생

## [참고] 5G Massive-MTC

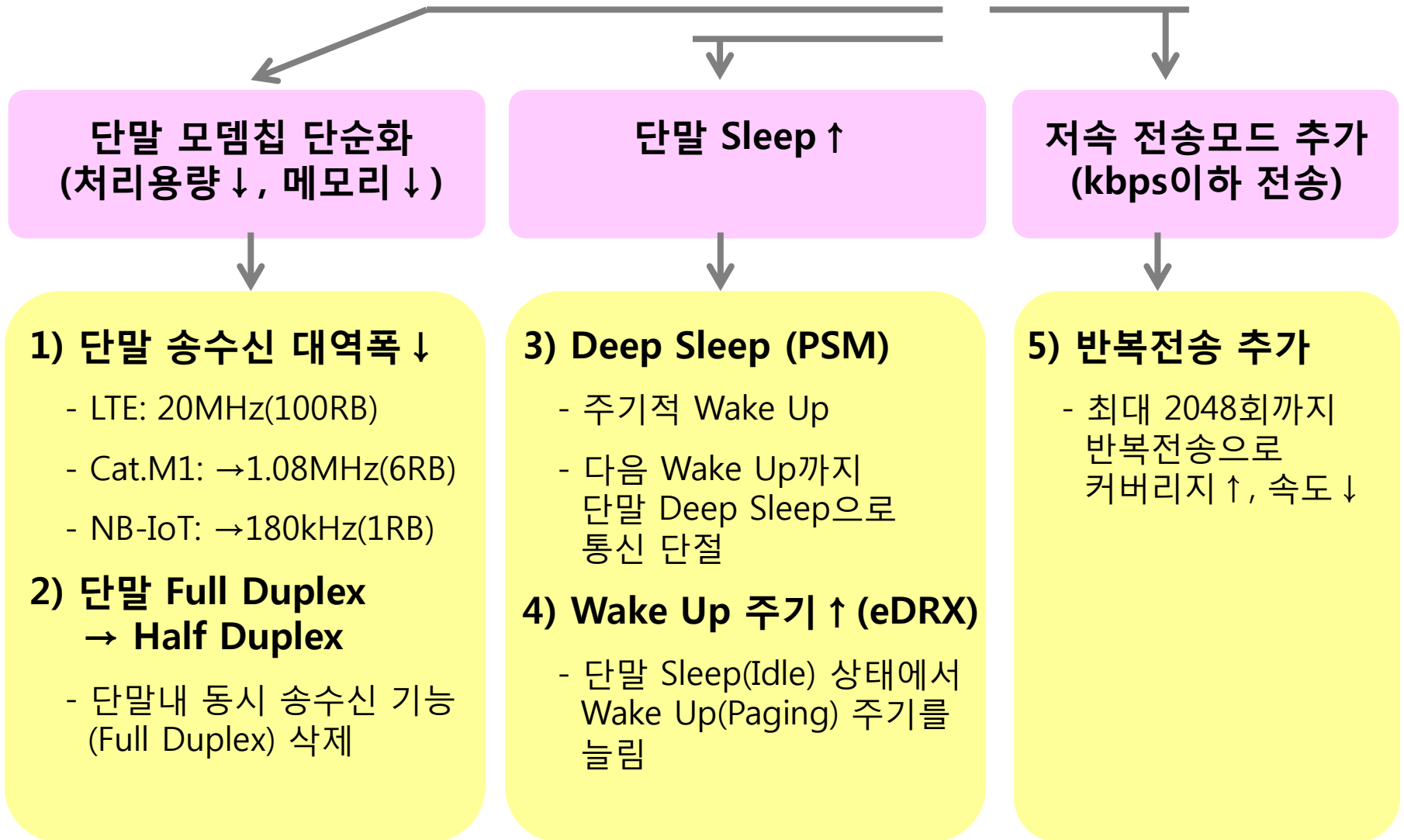
- 5G(IMT-2020)는 E-MBB, M-MTC, URLLC 3개 요구사항을 기준으로 LTE Rel.15 규격을 제출 예정이며, LPWA는 M-MTC에 해당





## 4. LTE 기반 LPWA 기술 특징

- LTE 기술을 기반으로 ①단말 가격 ↓, ②배터리 소모 ↓, ③커버리지 ↑



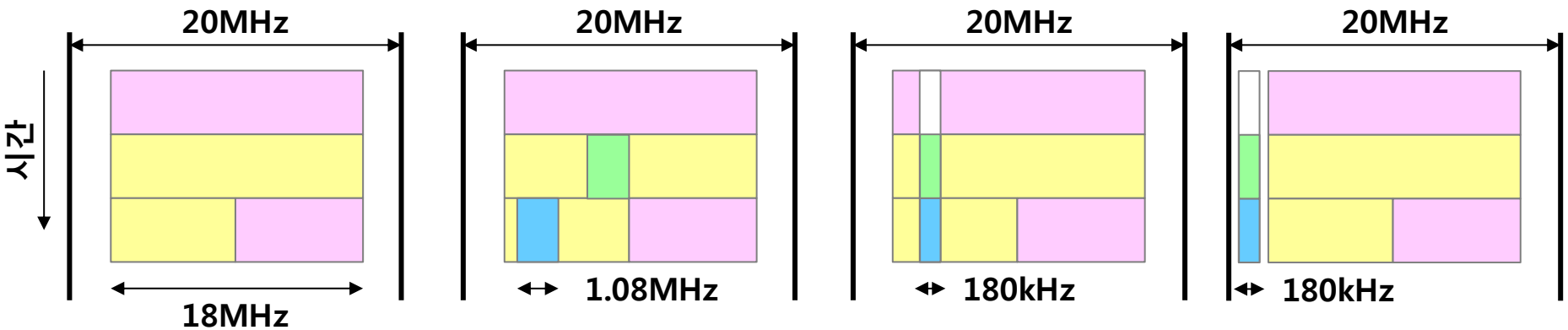
## 4. LTE 기반 LPWA 기술 특징

### 1) 단말 송수신 대역폭 ↓

LTE

Cat.M1

NB-IoT



단말 대역폭: 20MHz

단말 대역폭: 1.08MHz

단말 대역폭: 180kHz

LTE 영향도:  
Cat.M1 트래픽량에  
따라 LTE 영향

LTE 영향도:  
(Inband) NB 지정대역 LTE 손실  
(Guardband) LTE 영향 없음

: LTE 단말A

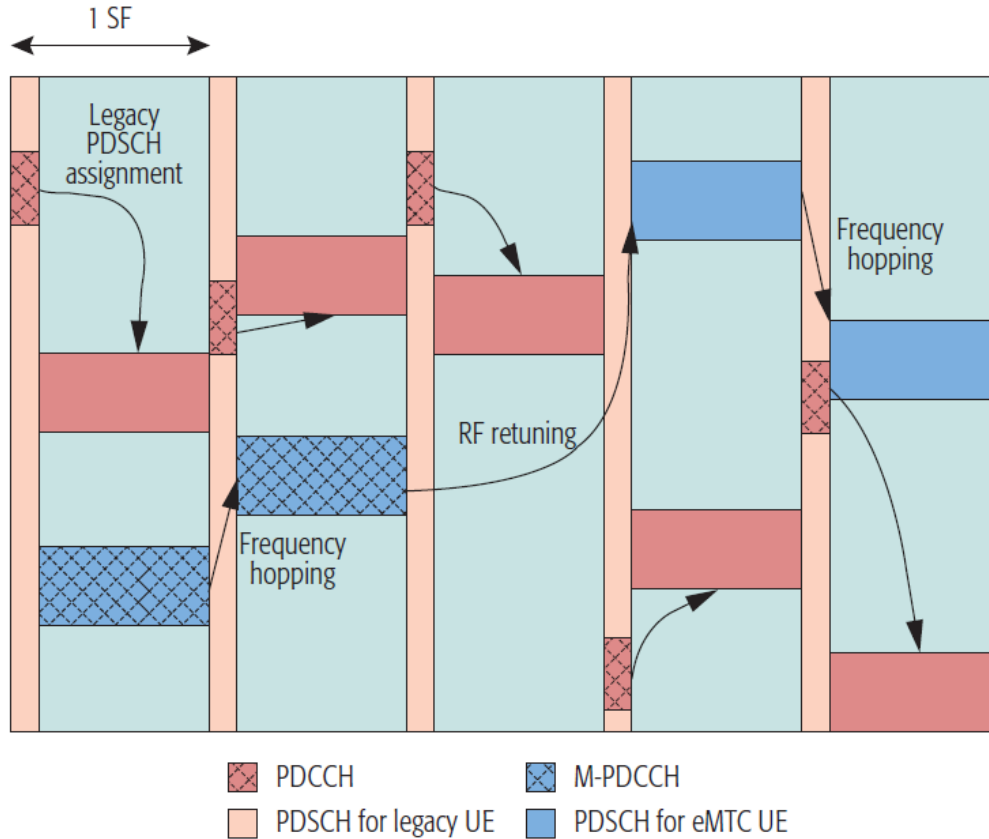
: Cat.M1/NB-IoT 단말A

: LTE 단말B

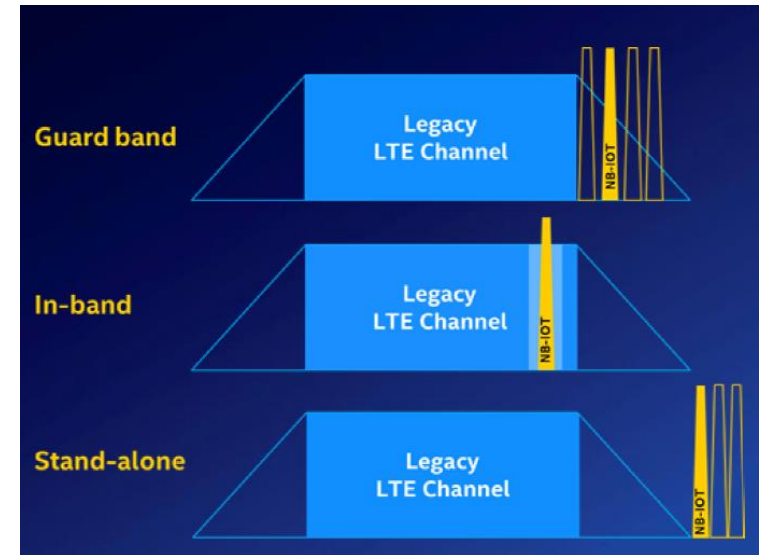
: Cat.M1/NB-IoT 단말B

## [참고] Cat.M1, NB-IoT 자원 할당

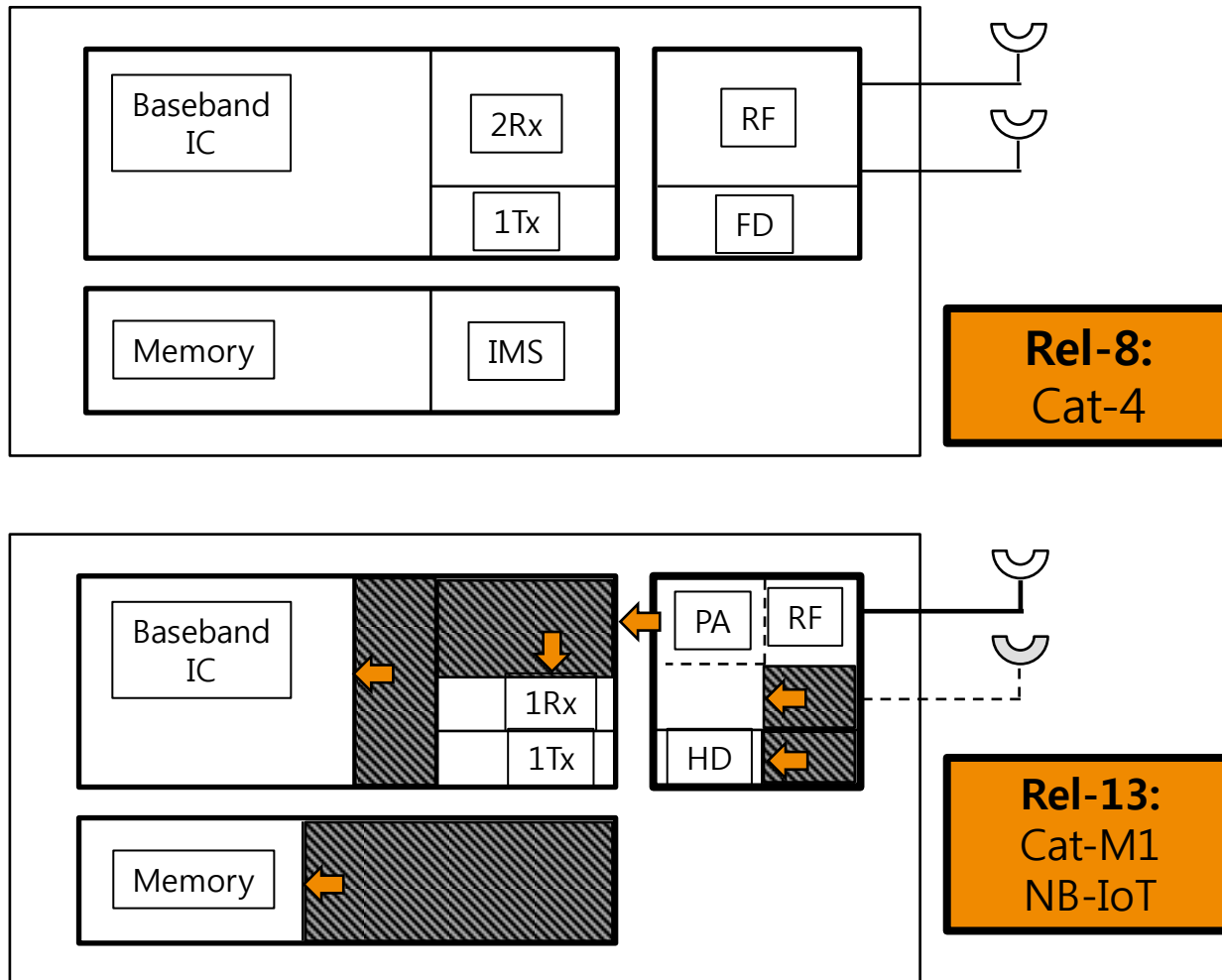
### Cat.M1



### NB-IoT



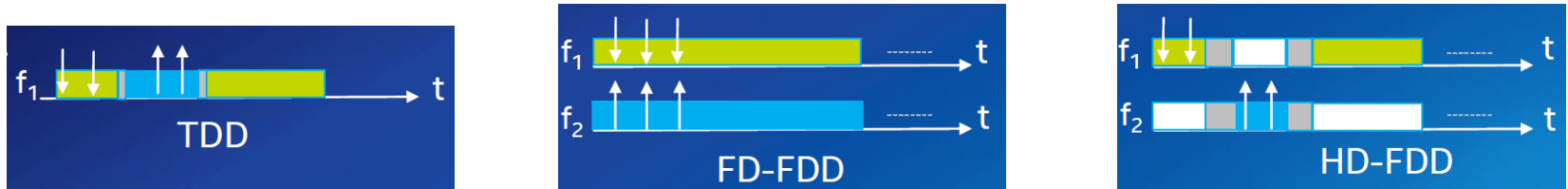
## [참고] Cat.M1, NB-IoT 단말 복잡도 감소



## 4. LTE 기반 LPWA 기술 특징

### 2) Half Duplex

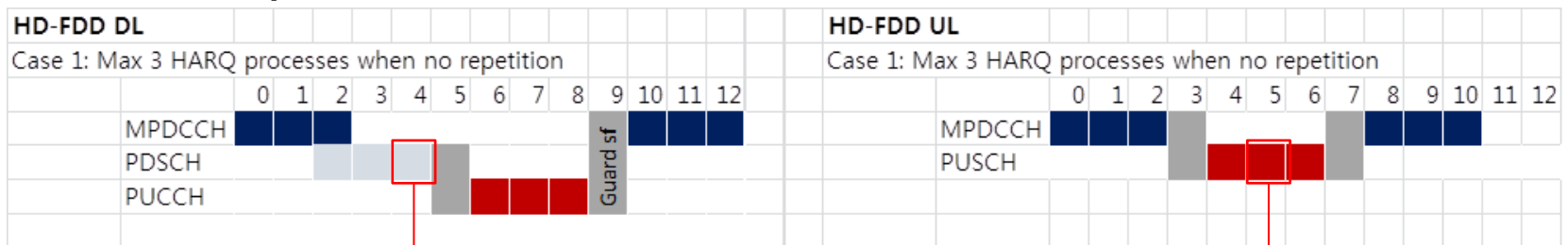
- 단말에 동시 송수신(Full Duplex)을 위한 RF 회로를 제거하여 비용 감소



### [참고] Cat.M1/NB-IoT 최대속도

어떤 자료에는 1M/200k, 어떤 자료에는 300k/26k... 어떤 수치가 맞는지?

#### Cat.M1 Half Duplex 예제



1ms에 1000bit 전송 (1Mbps)  
10ms에 3000bit 전송 (300kbps)

1ms에 1000bit 전송 (1Mbps)  
8ms에 300bit 전송 (375kbps)

# [참고] NB-IoT 최대 속도

## DL Peak Rate Calculation

Subframe Count	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Grant DL Data#1 NPDCCH to DL Data#1 NPDSCH	N1	1	2	3	4	680																				
DL Data#1 NPDSCH to NPUSCH ACK#1						680	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A/N	A/N	Switch					
NPUSCH ACK#1 to NPDCCH						680													Switch	A/N	A/N	1	2	3	Gr	

NPDSCH: 680 TBS across 3 SF

A/N across 2 SF (15 kHz, single tone)

DCI: Aggregation Layer = 1 (best condition for peak rate, 69 encoded bits, 14 OFDM symbols and 6 SC sufficient)

DCI: Repetitions = 1 (best condition for peak rate, no repetitions needed)

DL peak data rate for NB-IoT **27.2 kbps**

## UL Peak Rate Calculation

Subframe Count	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Grant UL Data#1 NPDCCH to UL Data#1 NPUSCH	N0	1	2	3	4	5	6	7	8	1000				Switch			
UL Data#1 NPUSCH to NPDCCH									Switch	1000				1	2	3	Gr

NPUSCH: 1000 TBS across 4 SF

DCI: Aggregation Layer = 1 (best condition for peak rate, 69 encoded bits, 14 OFDM symbols and 6 SC sufficient)

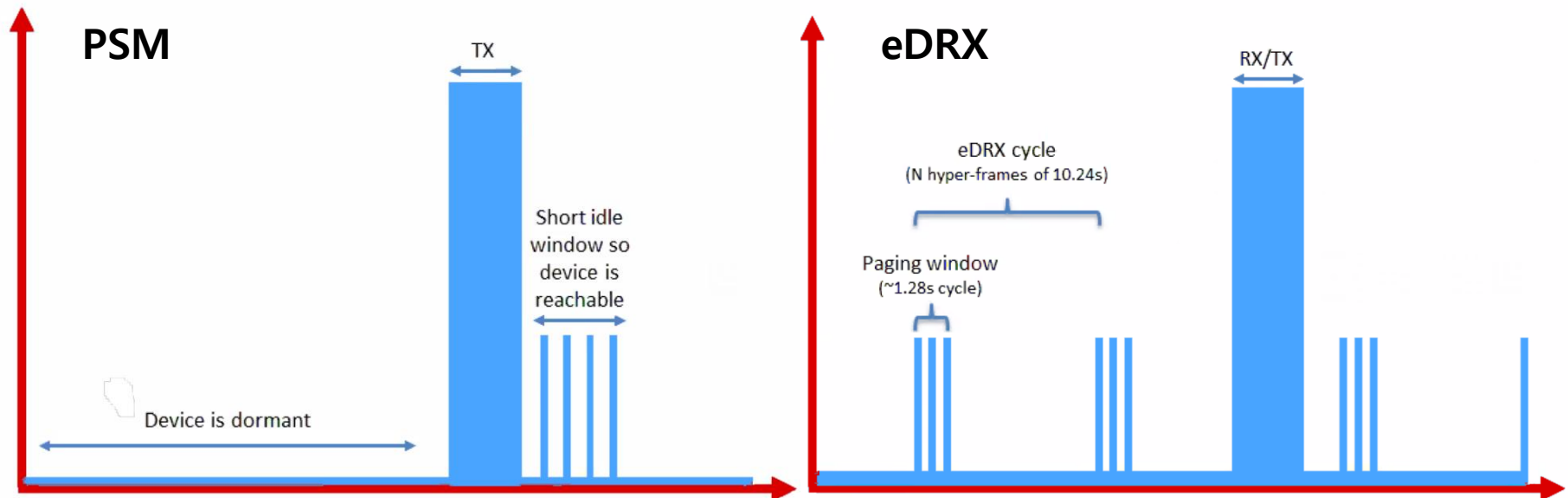
DCI: Repetitions = 1 (best condition for peak rate, no repetitions needed)

UL peak data rate for NB-IoT **62.5 kbps**

## 4. LTE 기반 LPWA 기술 특징

### 3/4) Power Saving Mode (PSM), enhanced Discontinuous Reception (eDRX)

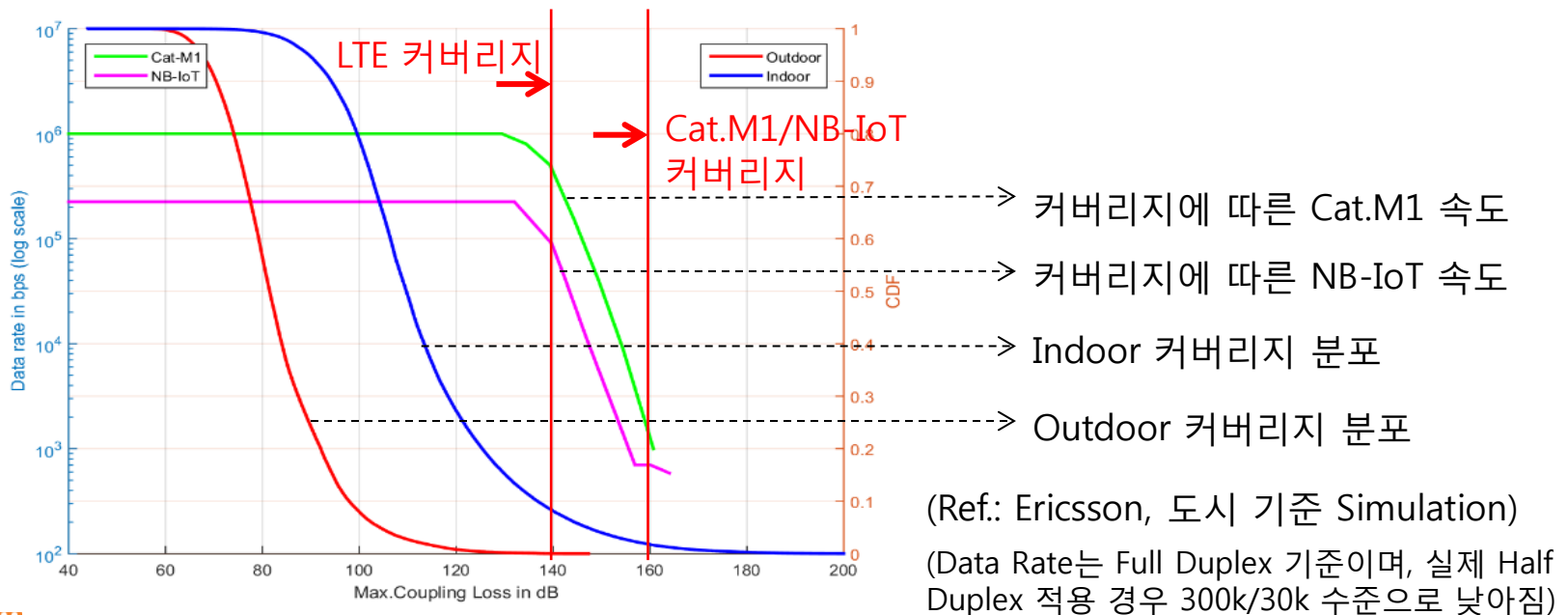
- **PSM:** 단말이 일정 시간 송수신이 없으면, Paging도 보지 않는 Deep Sleep 모드인 PSM 상태로 진입하고, 주기적으로(최대 13일) 깨어나서 Paging 확인
- **eDRX:** 단말이 Idle 상태에서 Paging 최대 주기를 기존 2.56초→3시간 확장
- LTE, Cat.1, Cat.M1, NB-IoT에 모두 적용 가능한 범용 기술
- 당사 LTE 상용망에 기적용되어 있음



## 4. LTE 기반 LPWA 기술 특징

### 5) 커버리지 확장을 위한 반복전송

- LTE 대비 +20dB(3~4배 거리) 커버리지 확장 시, Cat.M1/NB-IoT 모두 셀 경계 최저속도 300bps 수준 (LoRa SF12 모드와 커버리지/속도 유사)
  - > Cat.M1 예제:  $392\text{bit}/1\text{ms} * 1536 \text{ Repetition} \rightarrow 392\text{bit}/1.5\text{s}$
  - > NB-IoT 예제:  $680\text{bit}/2\text{ms} * 1024 \text{ Repetition} \rightarrow 680\text{bit}/2\text{s}$
  - > NB-IoT 경우 Subcarrier(15kHz) 단위 UL 기능이 추가됨
- LTE 커버리지 이내에서는 대부분 최대 속도로 송수신 가능 예상





## 4. LTE 기반 LPWA 기술 특징

### 6) IoT 전용 Core (C-SGN)

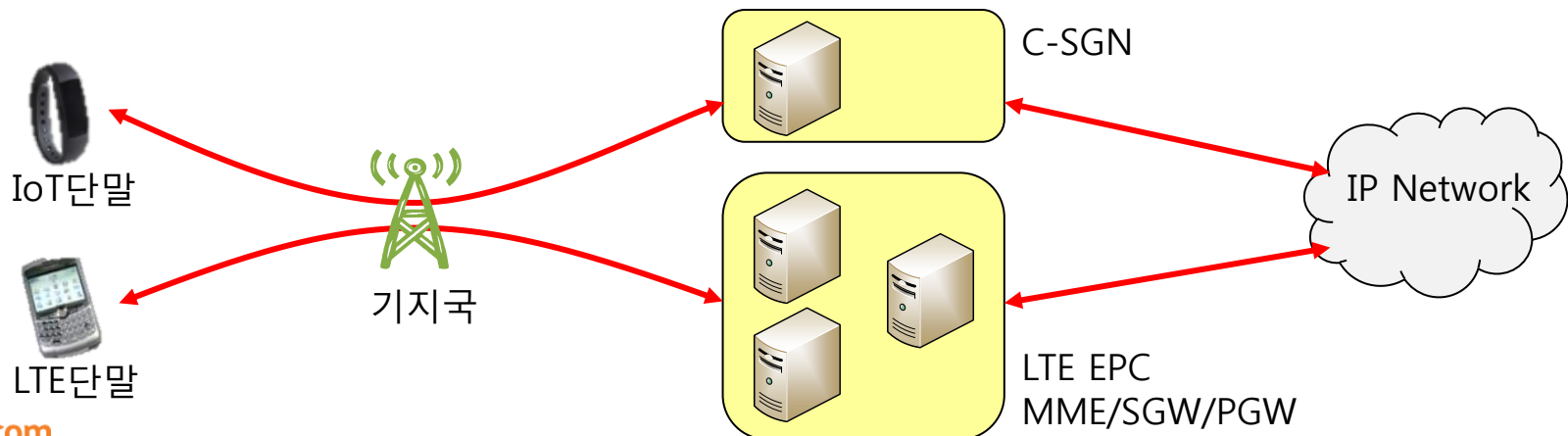
#### - Control Plan Optimization (CP Opt)

- > 단말의 접속 절차를 소량의 데이터 전송에 적합하도록 단순화
- > 기존에는 접속 절차에서 Data Bearer Setup 과정을 생략하고, Signaling Bearer로 Data 송수신(Data over NAS)하여 절차 내 약 9회 송수신 중 약 4회 감소하여 단말 배터리 수명 증대

#### - CP Opt 기능은 NB-IoT에 Mandatory, Cat.M1에 Optional

#### - CP Opt 기능은 MME에 기능 추가도 가능하나, 용량 대비 비용 효율 고려하여 IoT 전용 Core인 C-SGN으로 도입 추세

#### - C-SGN은 MME+SGW+PGW를 모두 포함



---

# 감사합니다