

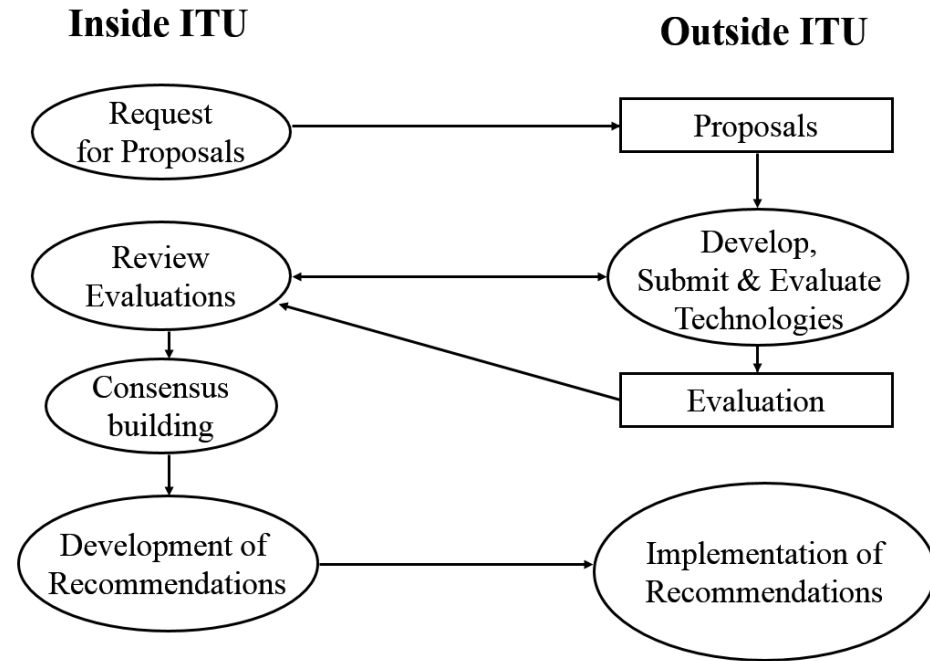
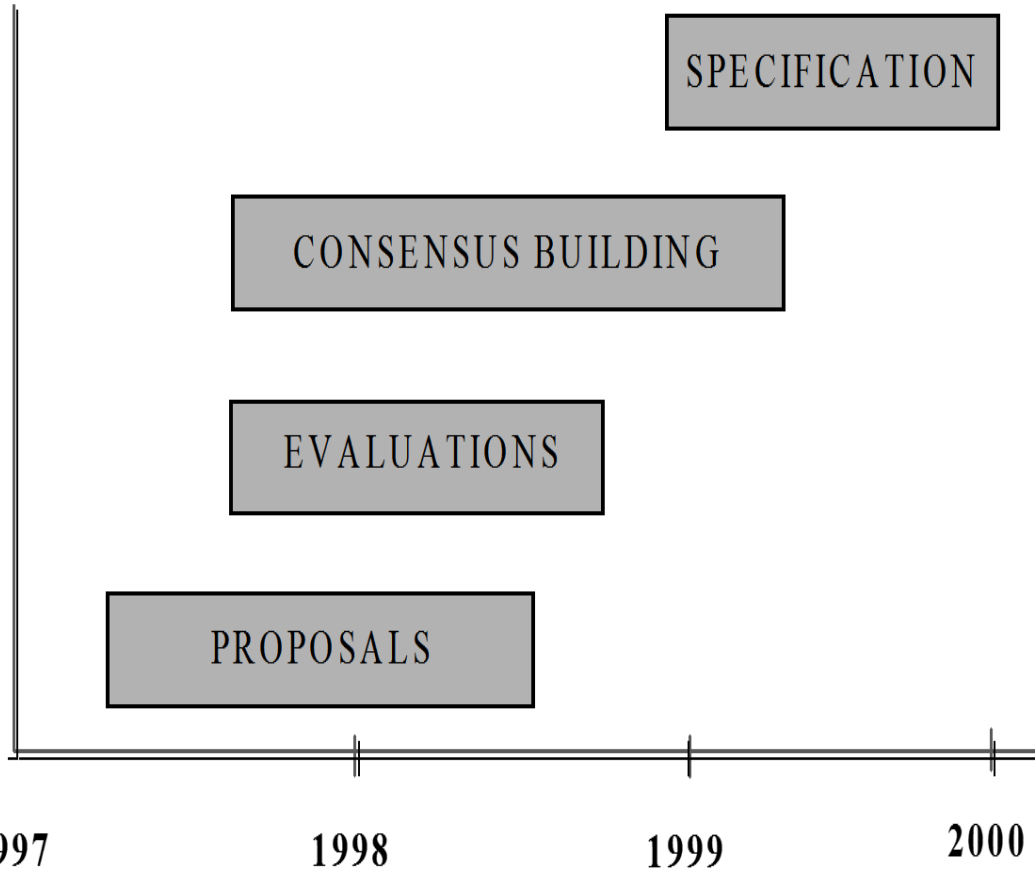


# Вопросы разработки и стандартизации систем 5G в МСЭ-R

Начальник лаборатории  
НТЦ Анализа ЭМС, ФГУП НИИР,  
Поскакухин Вадим Николаевич

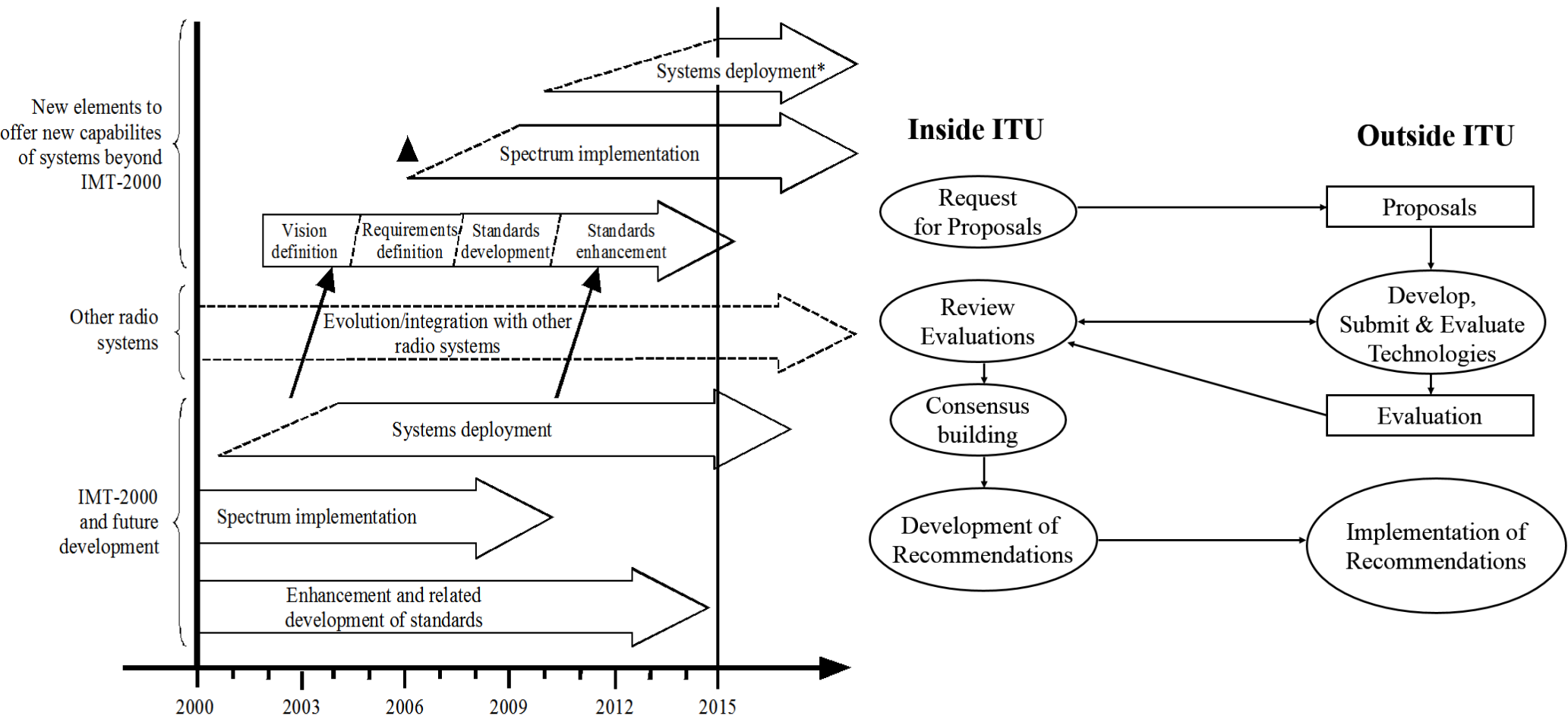
- ❑ Роль МСЭ-Р в процессе стандартизации систем сотовой связи (IMT-2000, IMT-Advanced, IMT-2020)
- ❑ Формирование требований к системам IMT-2020 (5G)
- ❑ Технологические особенности развития сетей IMT-Advanced и IMT-2020
- ❑ Обеспечение частотным ресурсом будущих сетей мобильного широкополосного доступа

# Создание радиointерфейсов IMT-2000 (3G)



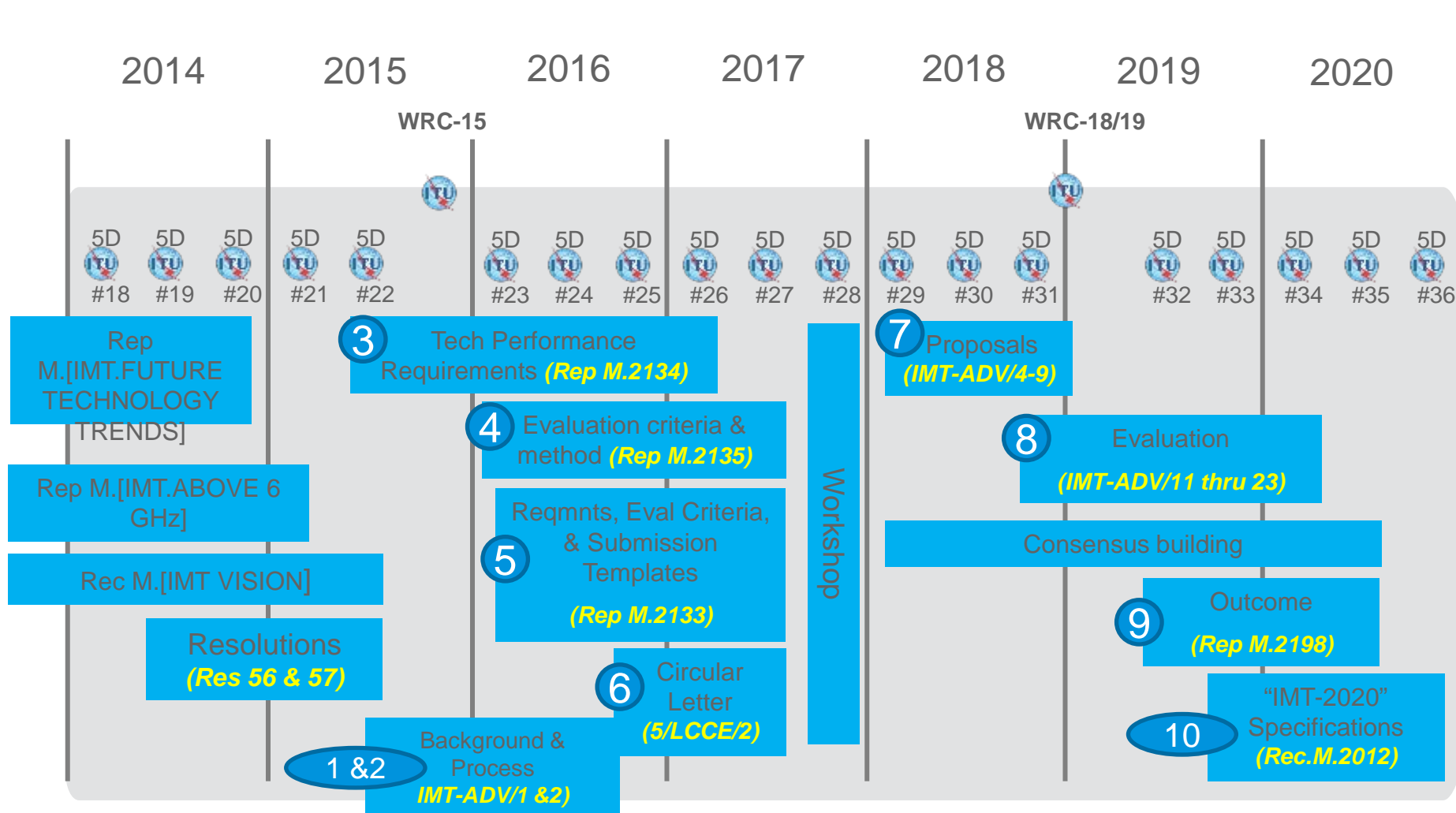
**Создание радиointерфейсов IMT-2000: WCDMA, cdma2000, EDGE/GPRS и др.  
Создание стандартизирующих организаций 3GPP и 3GPP2.**

# Создание радиointерфейсов IMT-Advanced (4G)



**Создание радиointерфейсов IMT-Advanced:  
LTE-Advanced и Mobile WiMAX 2.**

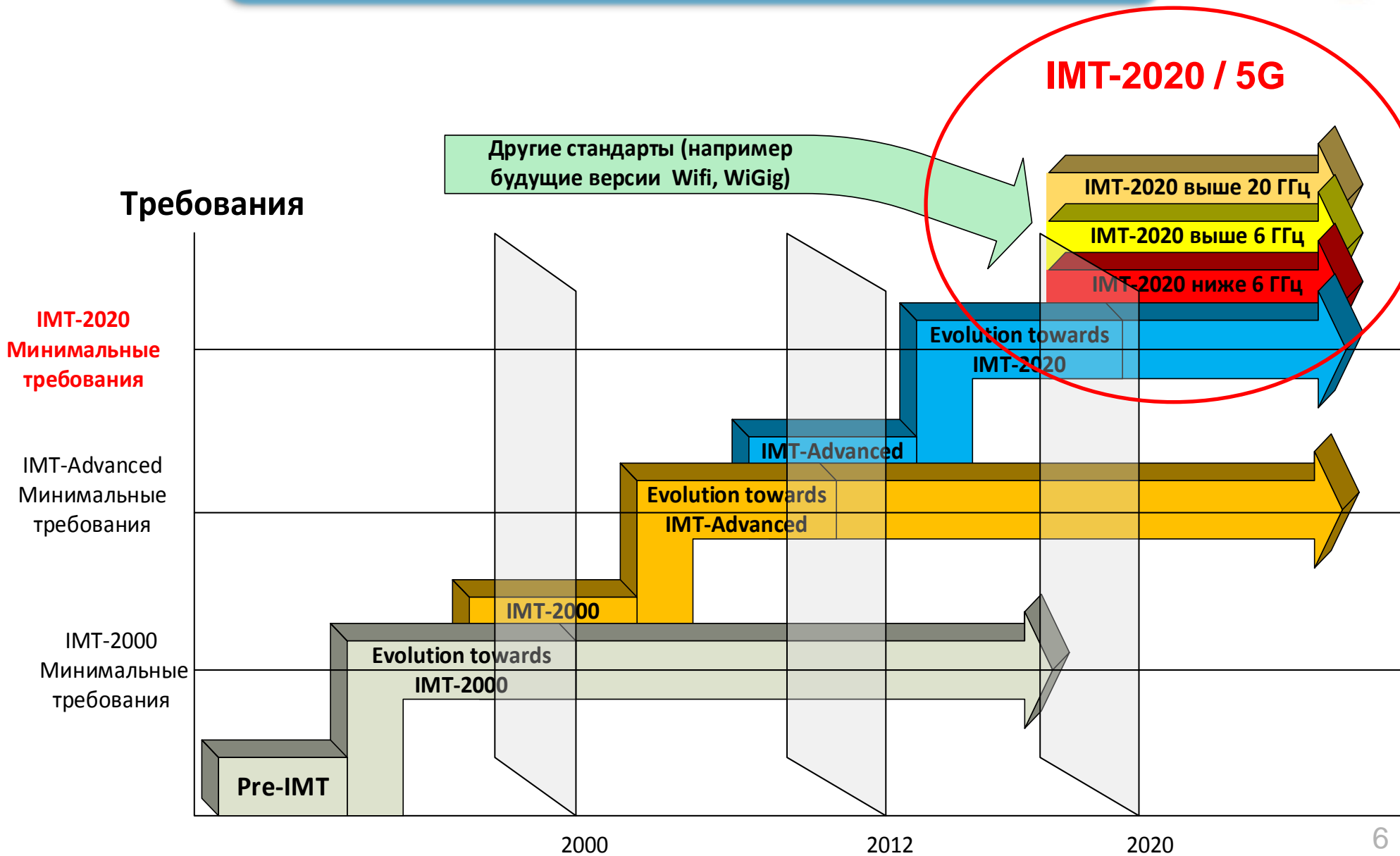
# Создание радиointерфейсов IMT-2020 (5G)



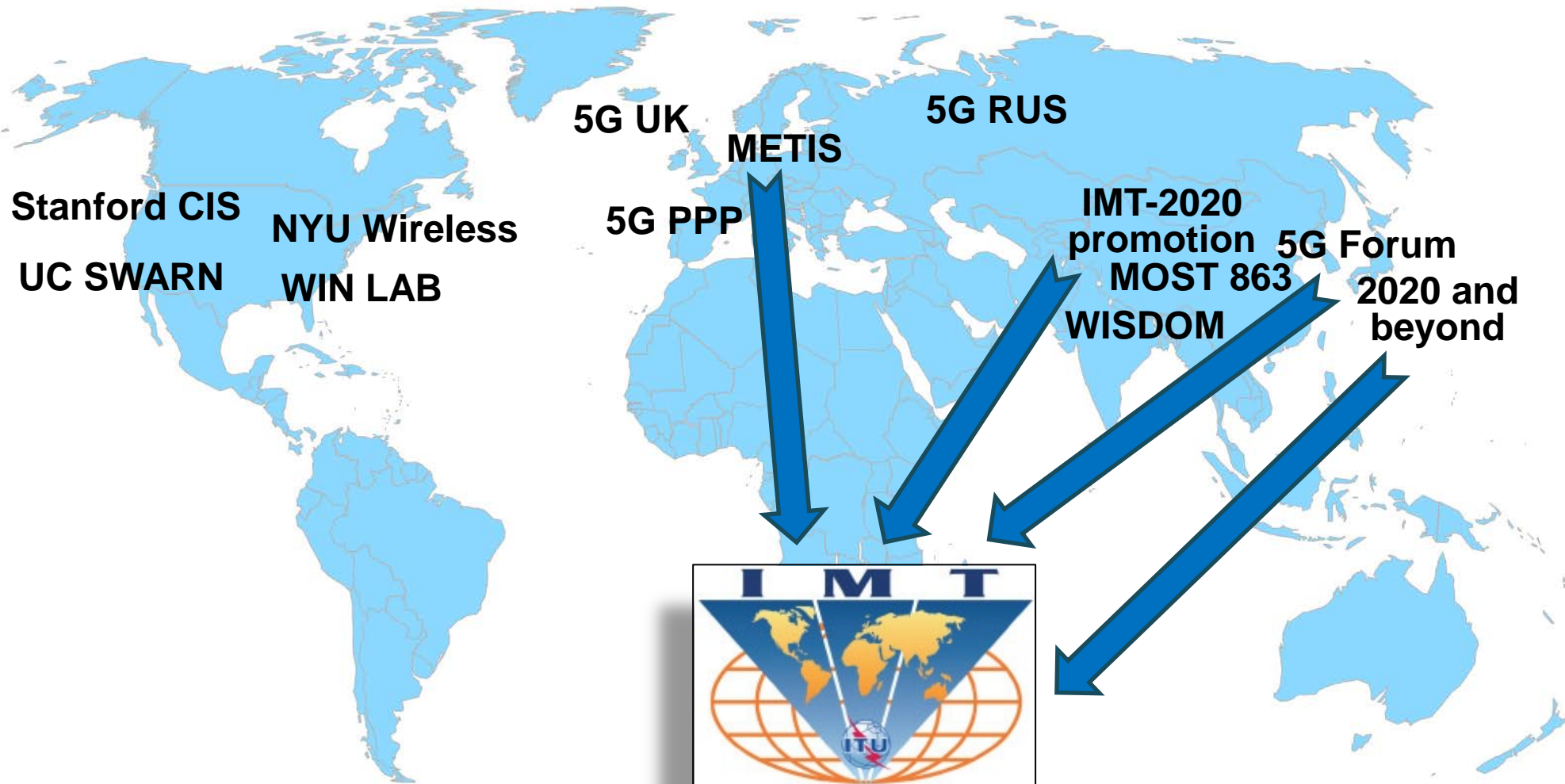
## LEGEND

(.....) Indicates documents used in IMT-Advanced process that could be considered as "model documents" for new deliverables

# Эволюция стандартов подвижной связи в МСЭ-R

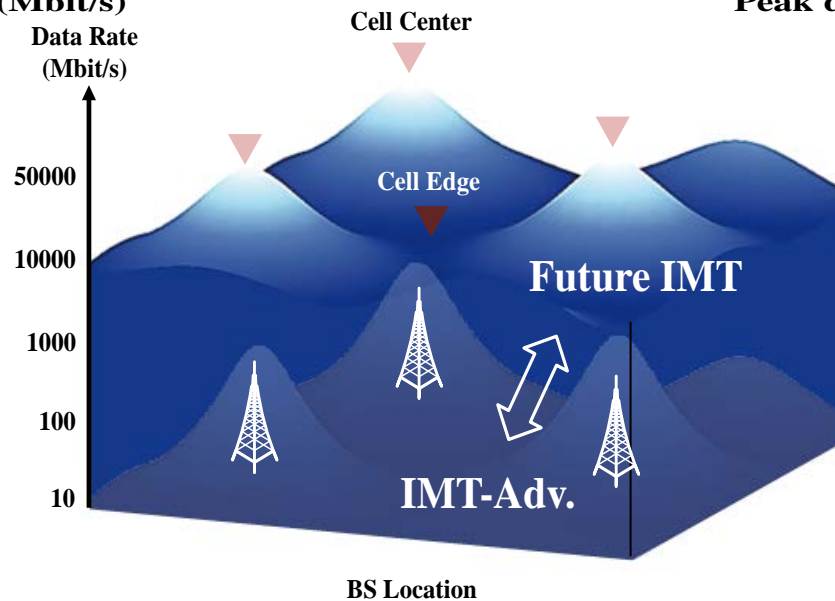
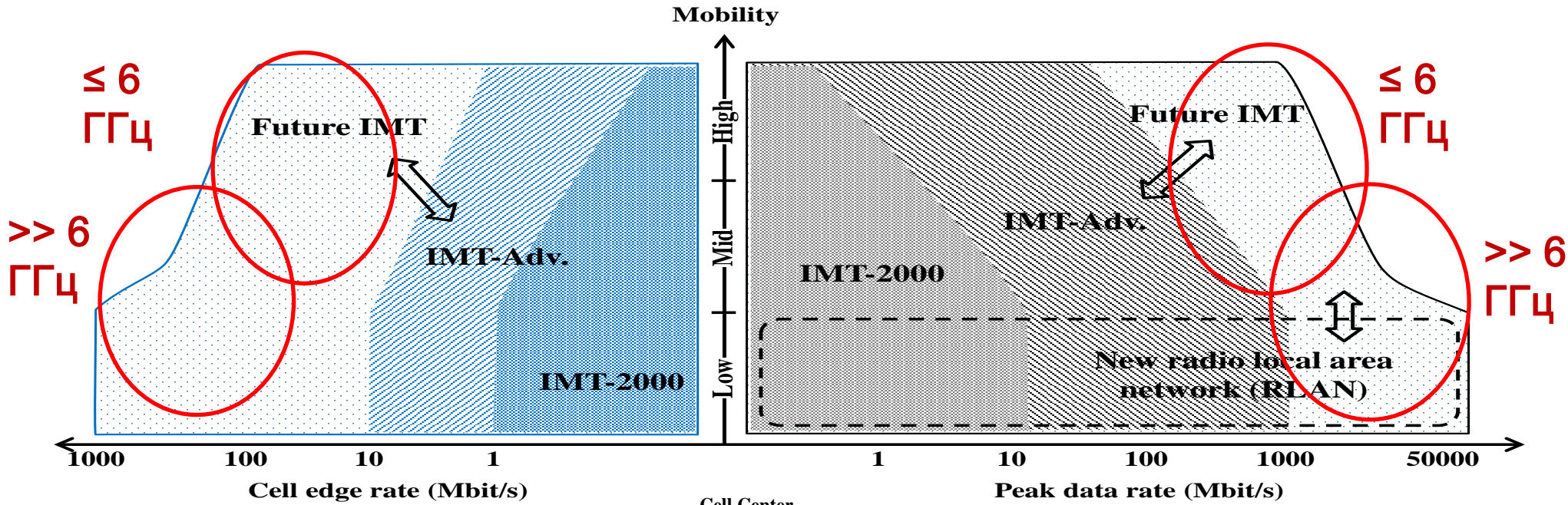


# Формирование общего взгляда на требования к IMT-2020 (5G)



МСЭ-R ПГ 5D

# Требования к сетям IMT-2020 по покрытию и емкости



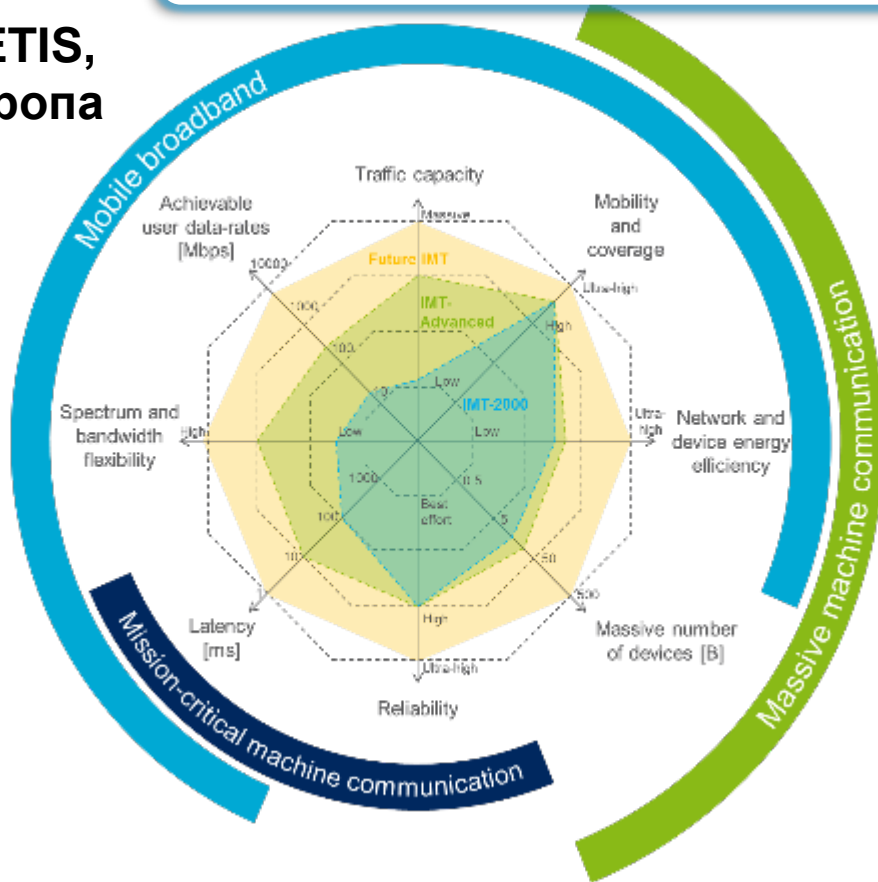
5G Forum,  
Корея



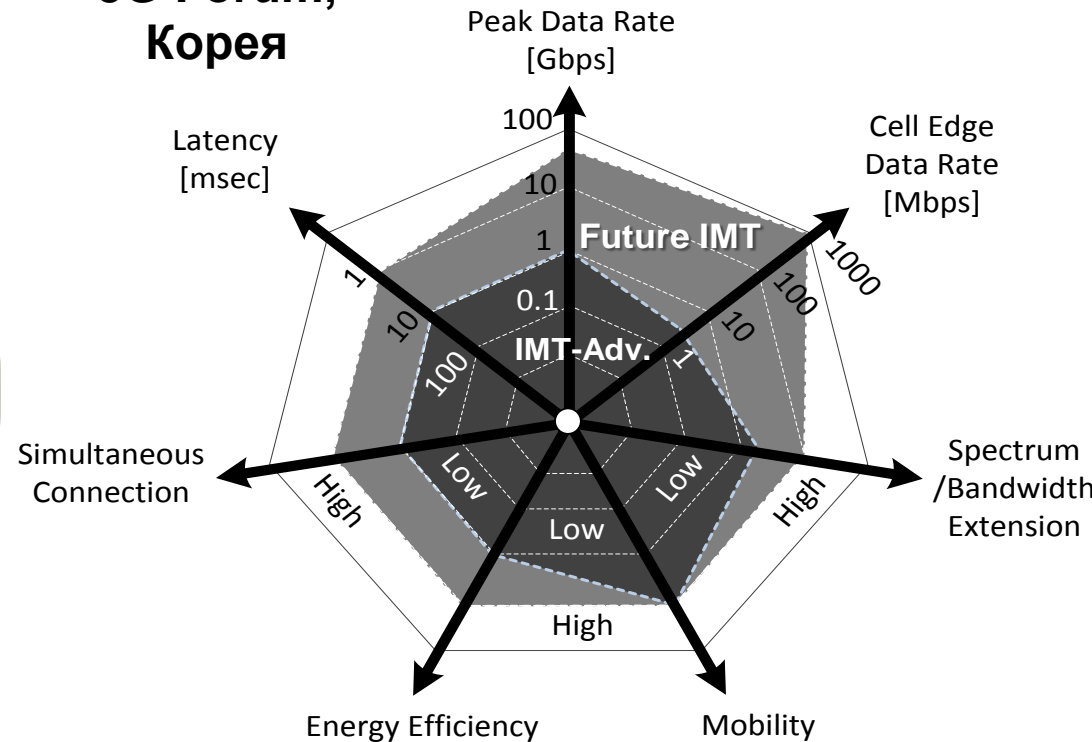
# Требования к возможностям IMT-2020



**METIS,  
Европа**



**5G Forum,  
Корея**

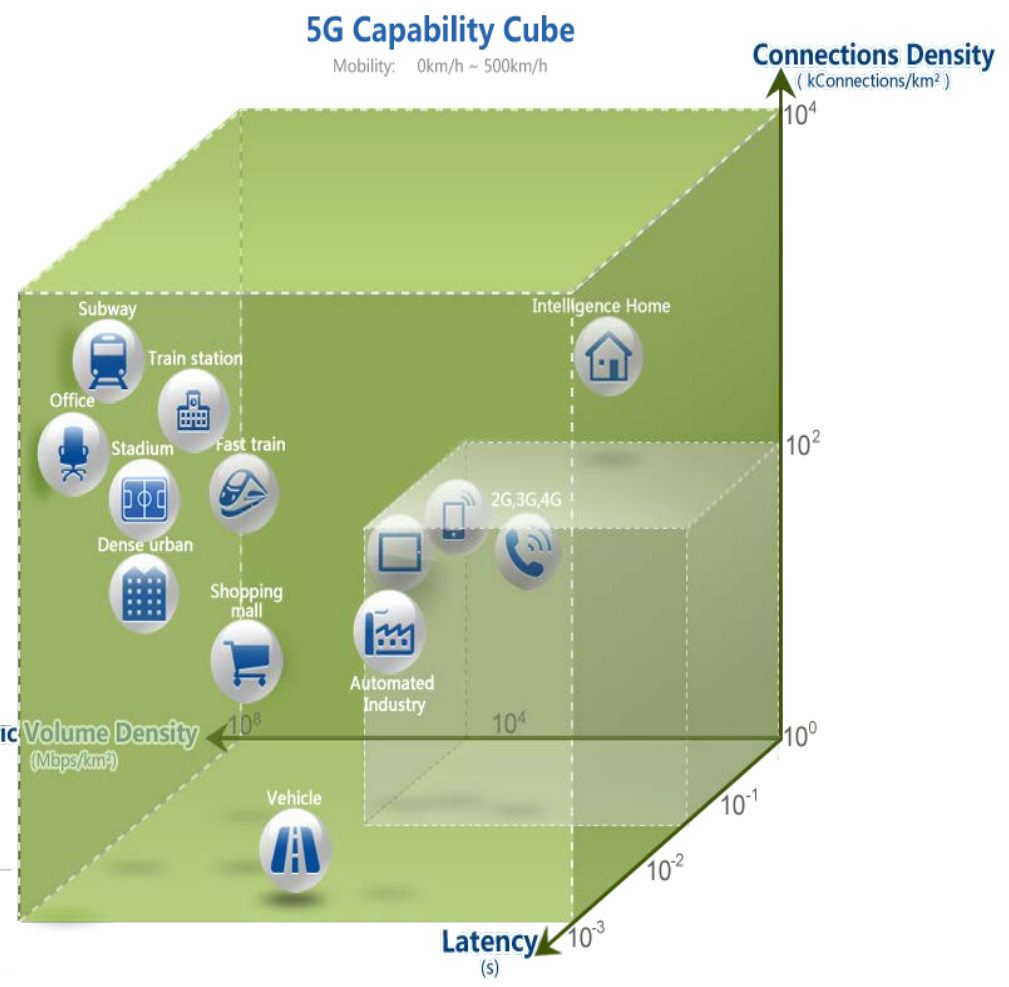
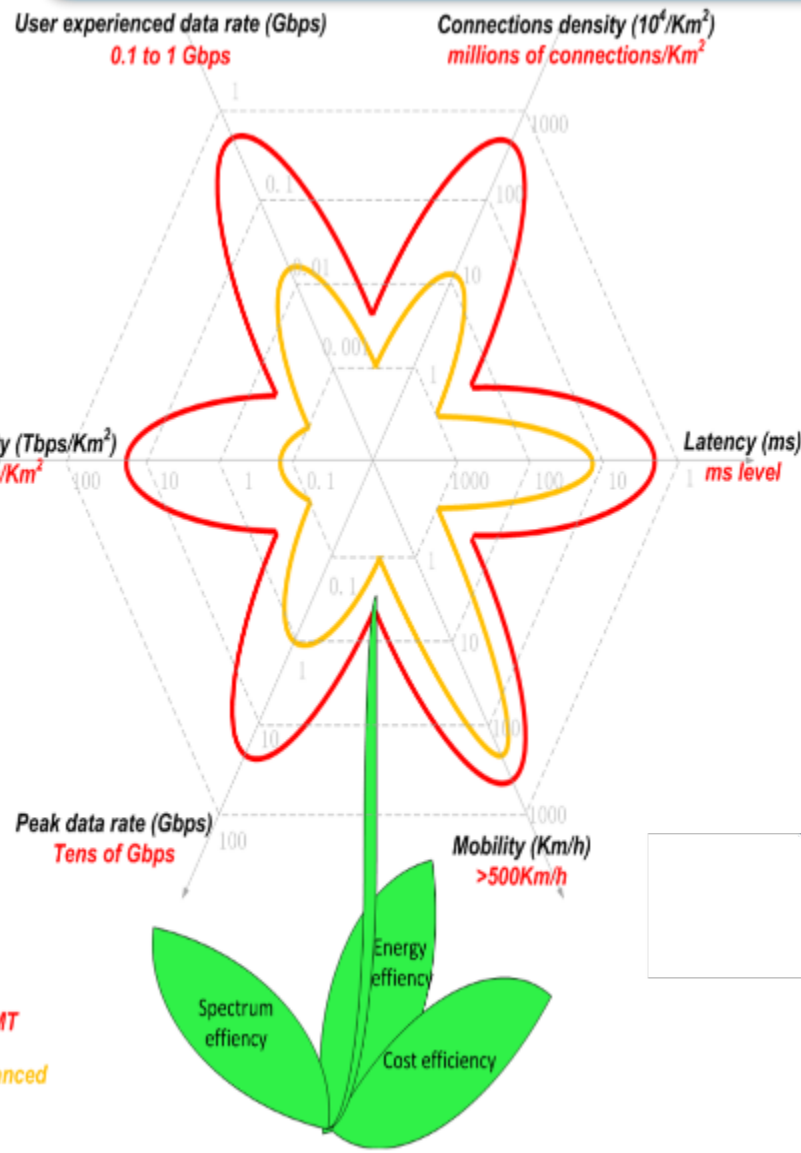


## Цели создания новых систем IMT (5G):

- Очень высокая емкость сети.
- Поддержка очень высоких пиковых скоростей.
- Повсеместная поддержка массовых соединений M2M .
- Поддержка различных применений в любых условиях и районах.
- Снижение эксплуатационных затрат, максимальная энергоэффективность и устойчивость

- Поддержка высоких стандартов безопасности.
- Более эффективное использование спектра.
- Поддержка самоанализа и самоадаптации в сети.
- Поддержка высокой мобильности при сохранении высокого качества услуг.
- Очень малые задержки и высокая надежность.

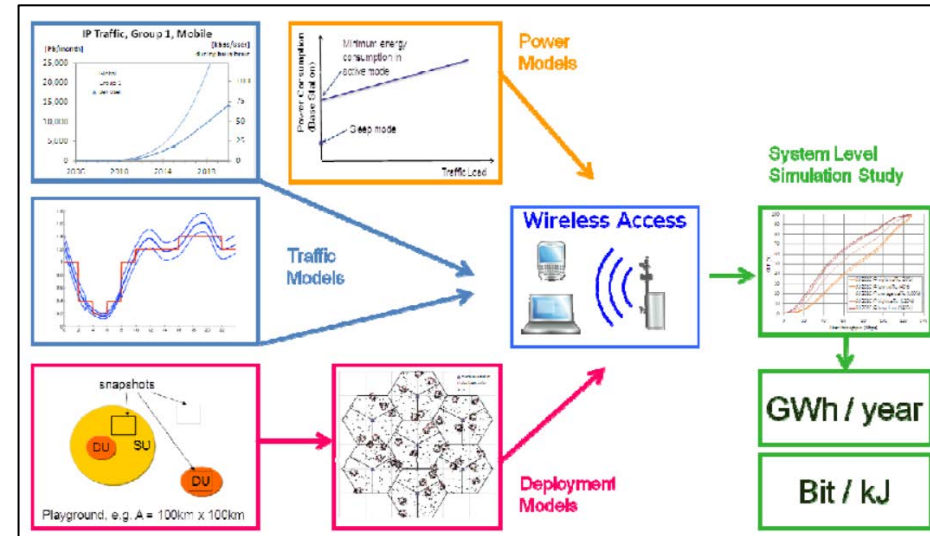
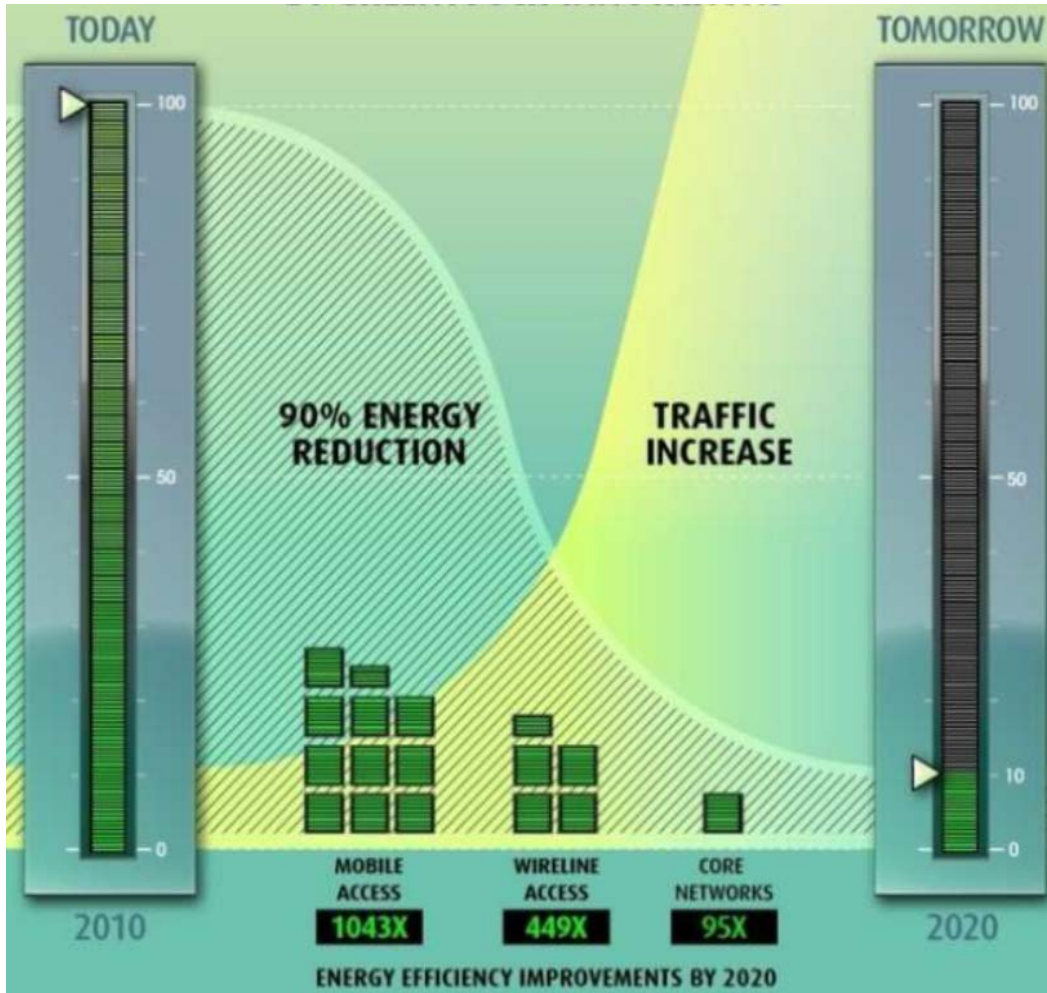
# Требования к возможностям ИМТ-2020 (продолжение)



# Требования по энергоэффективности – новая метрика для построения и работы сетей Дж/бит



## Энергоэффективность для снижения OPEX



### Моделирование энергетики всей сети:

- Оптимизация топологии транспортной сети.
- Оптимизация размещения дата-центров.
- Оптимизация форм радиосигналов.
- Новые алгоритмы выделения радиоресурсов.
- И др.

# Взаимосвязь функциональных, технологических и сервисных требований



## High Level Requirements

- (H1) Accommodate Traffic & Bandwidth Explosion
  - Traffic volume will be increased 1000 times
  - Video Traffic portion will be major
- (H2) Accommodate Signaling Explosion
  - Mobility signaling explosion by Small Cell
  - Massive connectivity due to increased number of devices
  - Bearer control caused by 'always-on-apps' of OTT (Over-The-Top) services
  - Higher paging complexity caused by heterogeneous wireless and wire-line accesses
- (H3) Satisfy Operator's Requirement of Profitable Network Infra
  - Legacy network can hardly reduce CAPEX and OPEX
  - Need to accommodate new services in the same physical network
- (H4) Support Various wireless access technologies and fixed access
  - Need to support various types of wireless and wire-line access in the same core network
  - Need to support new 5G RAT



## Wireless Network Requirements

	Brief Description	5G Wireless Network Requirements	Related HL Req.			
			H1	H2	H3	H4
R1	Cell spectral efficiency	the aggregate throughput of all users divided by the channel bandwidth divided by the number of cells (DL: 10 Gbps/Hz/cell, UL: 5 Gbps/Hz/cell)	√	√	√	
R2	Peak data rate	the maximum theoretically achievable data rate which can be assigned to a single mobile station assuming error-free conditions when all the available radio resources are utilized for the corresponding link (DL: 50 Gbps, UL: 25 Gbps)	√	√	√	
R3	Cell edge user data rate	5% point of the cumulative distribution function (CDF) of the user data rate (DL: 1 Gbps, UL: 0.5 Gbps)	√	√	√	
R4	Latency	<b>Control plane latency:</b> typically measured as transition time from different connection modes, e.g. from idle to active state. (50 ms) <b>User plane latency:</b> the one-way transit time between an SDU packet being available at the IP layer in the user terminal/base station and the availability of this packet (PDU) at IP layer in the base station/user terminal. (1 ms)		√	√	
R5	Mobility	A mobility class is supported if the traffic channel link can be maintained when the user is moving at the maximum speed in that mobility class. (higher than 350km/h)	√	√	√	
R6	Handover interruption time	the time duration during which a user terminal cannot exchange user plane packets with any base station. (10 ms)	√	√	√	
R7	Areal capacity	In order to accommodate the explosive increase of future mobile data traffic, 5G RAN should be able to scale-up system capacity by adding more cells in a target area.	√	√	√	√
R8	Energy efficiency	5G radio access technology design should aim for higher energy efficiency against increased device/network energy consumption required on 5G wireless communications.		√	√	



## Types of Requirements

- **Bottom-Up** Requirement driven by the unique feature of the 5G radio access
- **Top-Down** Requirement to support 5G services
- **Enhancement** Requirement to Overcome fundamental limitation of legacy network, Prevent future potential problems, and Follow the evolution mega trend.

## Top Down Requirements

	Brief Description	5G Core Network Requirements	Related HL Req.			
			H1	H2	H3	H4
T1	Wired/wireless terminal switching	Shall support terminal and/or session mobility to provide fast handover between wireless and wire-line terminals		√		√
T2	Network on-demand	Shall be able to build the network based on the QoS/QoE, charging, and service characteristics			√	
T3	Context aware best connection	Shall utilize the various context information (device context, user context, environment context, network context) to provide always best connection/service			√	√
T4	Single ID for multiple access	Shall recognize a mobile terminal as a single entity regardless of its access network		√		
T5	Fine grained location tracking	Shall have function to trace the mobile terminal location in a fine granularity in order to provide advanced location based service				√

## Bottom-Up Requirements

	Brief Description	5G Core Network Requirements	Related HL Req.			
			H1	H2	H3	H4
B1	Seamless Mobility	Shall support seamless mobility regardless of the cell types and RATs in the environment where the macro BS, small cell BS, personal cell, type 1/2 WLAN, and relay station are mixed and overlapped				√
B2	Multiple RAT interworking	Shall have architecture to support 'Flow over Multi-RAT' to provide the high volume service with low cost and guarantee the service continuity in spite of the bandwidth deficiency in a wireless access	√		√	√

## Enhancement Requirements

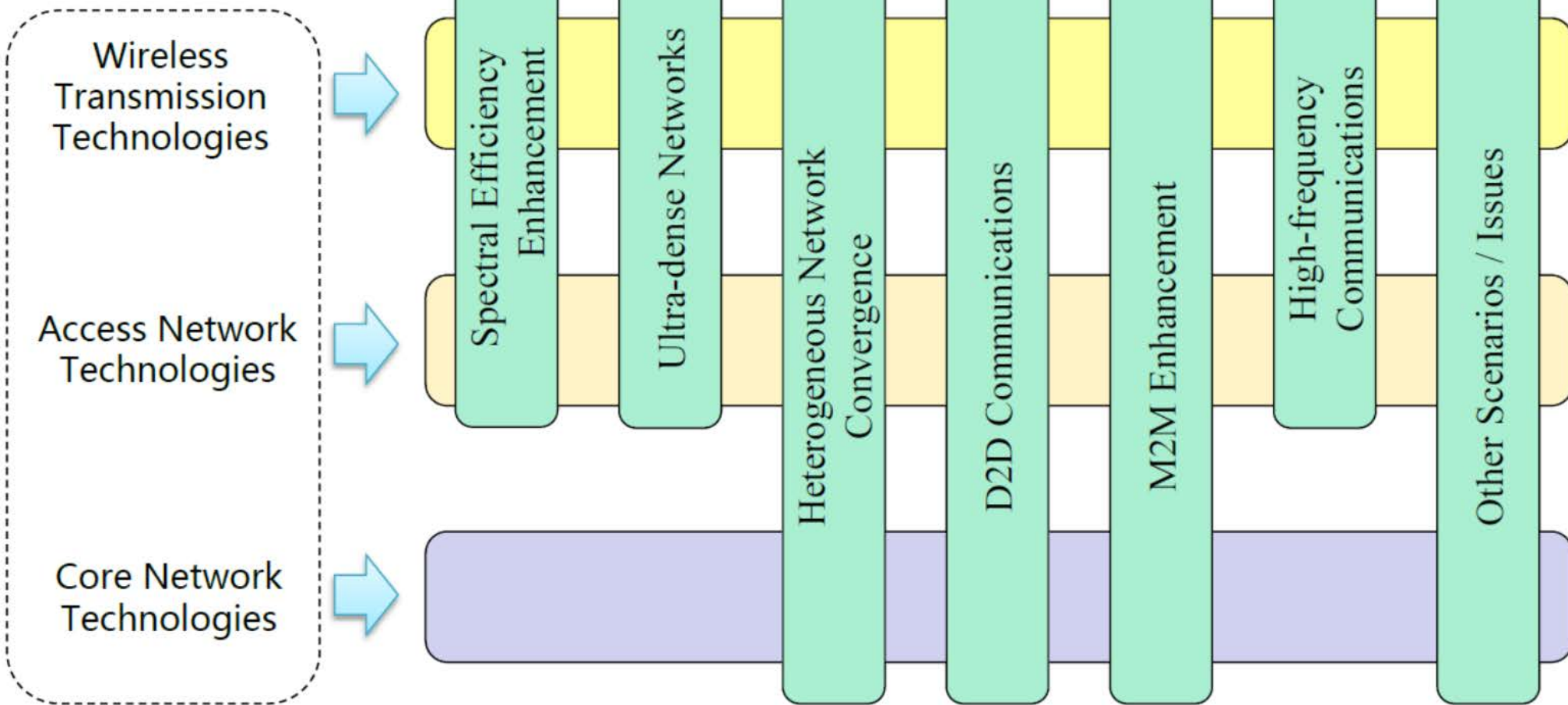
	Brief Description	5G Core Network Requirements	Related HL Req.			
			H1	H2	H3	H4
E1	Distributed Architecture	Shall support the distributed network architecture to accommodate anticipated 1000 times of traffic explosion	√	√		
E2	Inter GW mobility	Shall guarantee the service continuity when the change of anchoring GW occurs frequently in the distributed architecture	√			
E3	Flexible Reconfigure & Upgrade	Shall provide virtualization environment and support to reconfigure and upgrade the core network at low cost without changing the physical network infrastructure			√	

Система требований к ядру сети

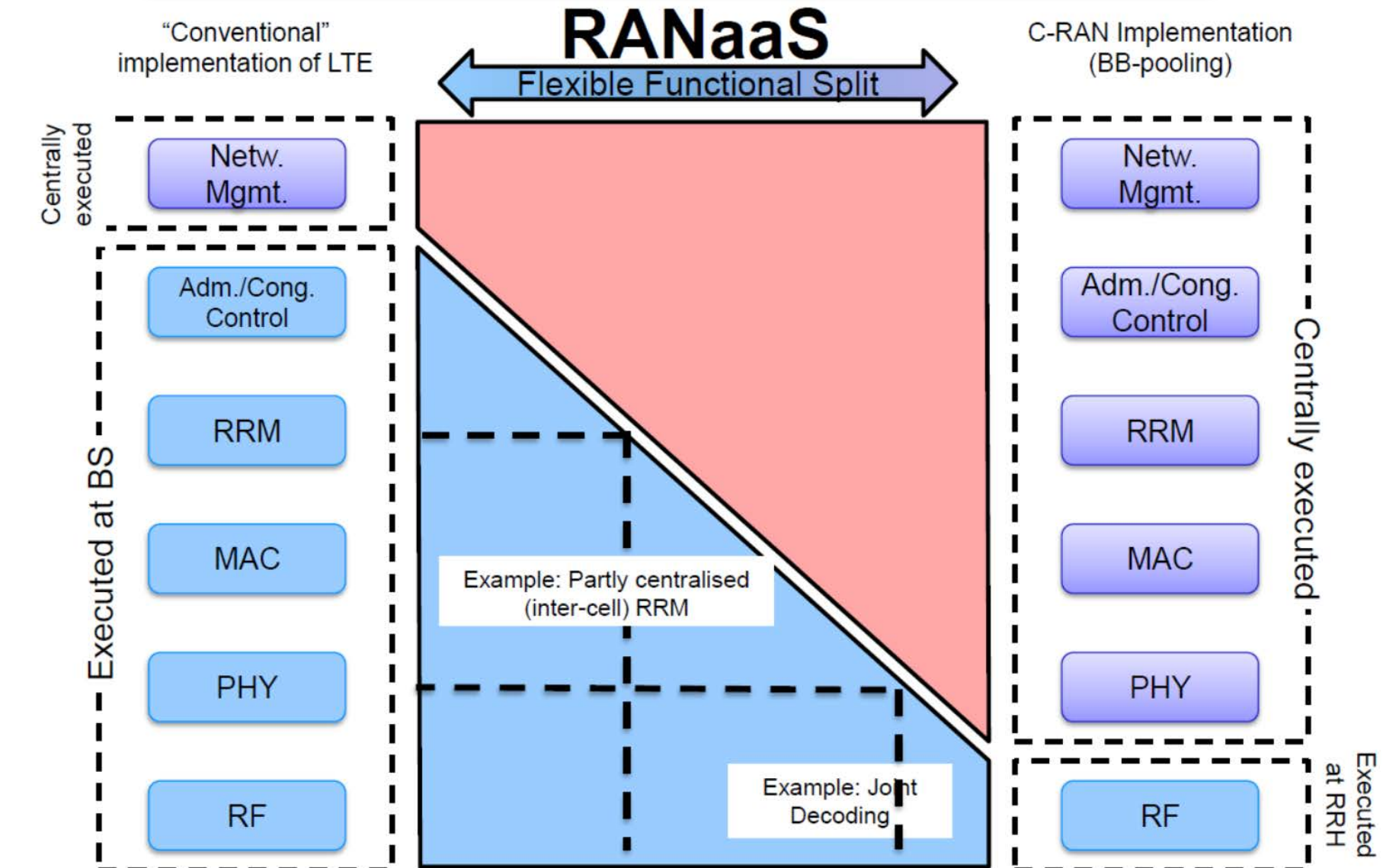
# Ключевые технологии для использования в системах ИМТ-2020 и их место в инфраструктуре сетей



## Key Technologies



# Направления развития ядра сети и сети доступа – гибкая облачная RAN

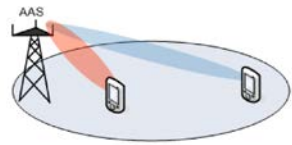


# Многовекторное развитие радиоинтерфейсов IMT-Advanced и IMT-2020

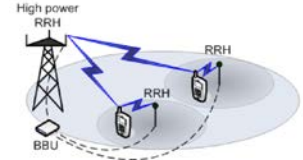
**Существующие и планируемые полосы частот ниже 6 ГГц (1452-1492 МГц, 3400-3800 МГц)**



Развитие поддержки малых сот

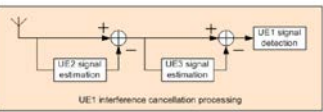
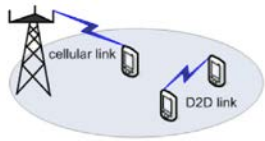


Развитие активных антенн и 3D beamforming



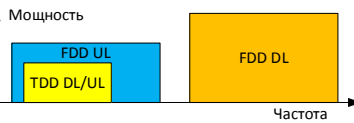
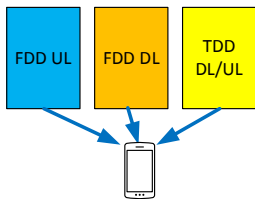
Развитие CoMP/MIMO для распределенных БС

Прямая связь между терминалами (в первую очередь для спец.пользователей)



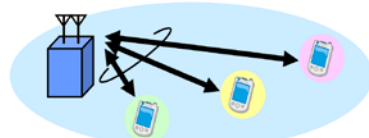
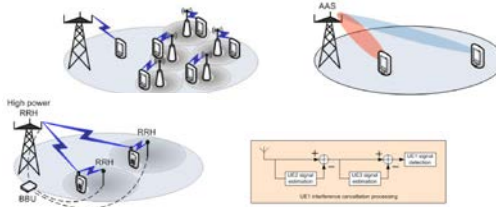
Развитие подавления соканальных помех в терминалах

Развитие агрегации несущих, в том числе FDD/TDD

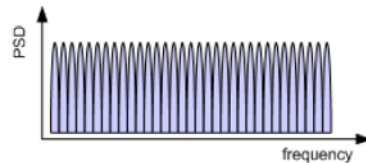


Переиспользование UL FDD для наложенной сети маломощных БС TDD

**Совсем новые полосы частот ниже 6 ГГц и новые полосы до порядка 20 ГГц**



Не ортогональная схема доступа. Развитие eICIC, в том числе для одновременного приема и передачи информации на одной частот

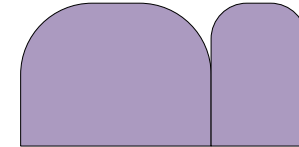


Переход к новой структуре многочастотного сигнала отличной от текущей схемы OFDMA

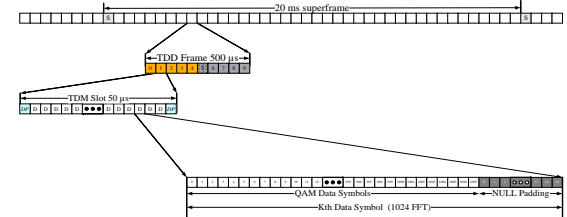


Создание малых сот без контрольного трафика

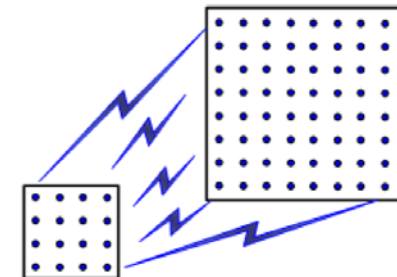
**Новые полосы частот выше порядка 20 ГГц**



Возвращение к более простым схемам модуляции кодирования и схемам мультиплексирования (TDMA/FDMA), но шириной канала значительно более 100 МГц



Новый короткий (суб-миллисекундный) фрейм



Massive MIMO Beamforming

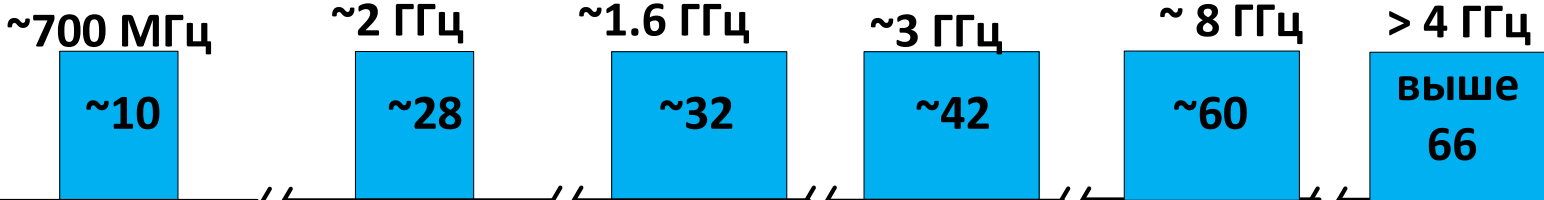
# Будущий пункт повестки дня ВКР-18/19

Первоначальные предложения Южной Кореи

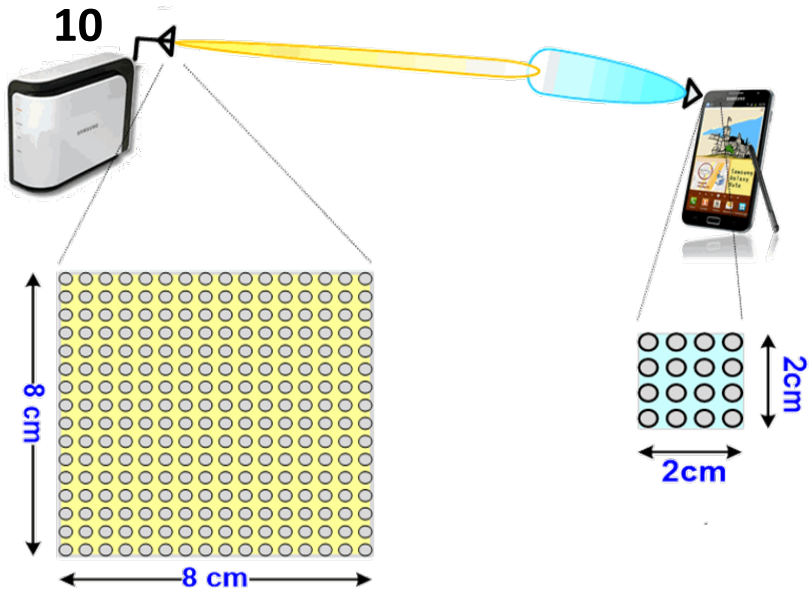


~80

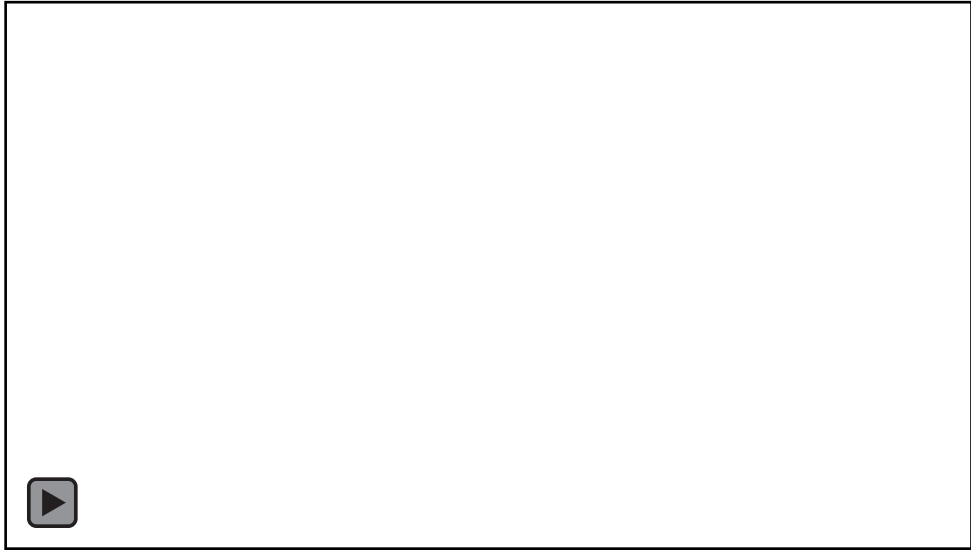
Первоначальные предложения Проекта METIS (Евросоюз)



~95



Теоретический пример для 30 ГГц:  
 -Мини БС с решеткой 16x16 (КУ 24 дБи)  
 -АС с решеткой 4x4 (КУ 12 дБи);



Работа тестовой системы по подбору наилучших переотраженных лучей



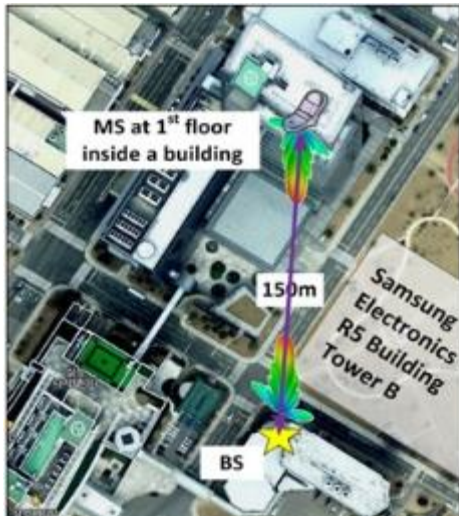
# Результаты тестирования прототипов сетей IMT-2020 в диапазоне 28 ГГц



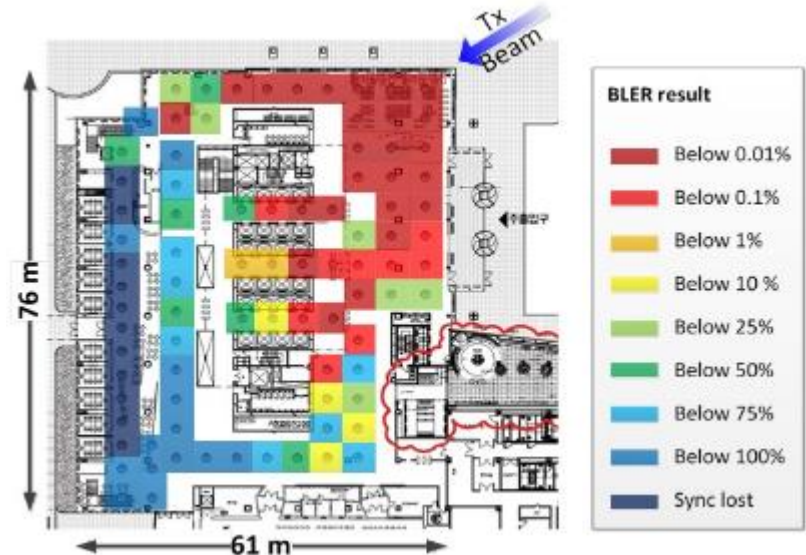
Пример покрытия вне помещений в прямой и не прямой видимости (пониженная мощность)



Тесты работы в движении



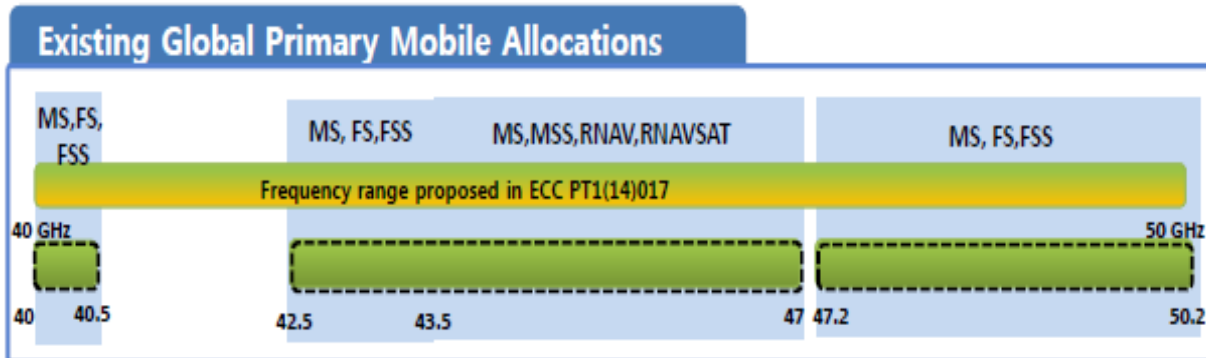
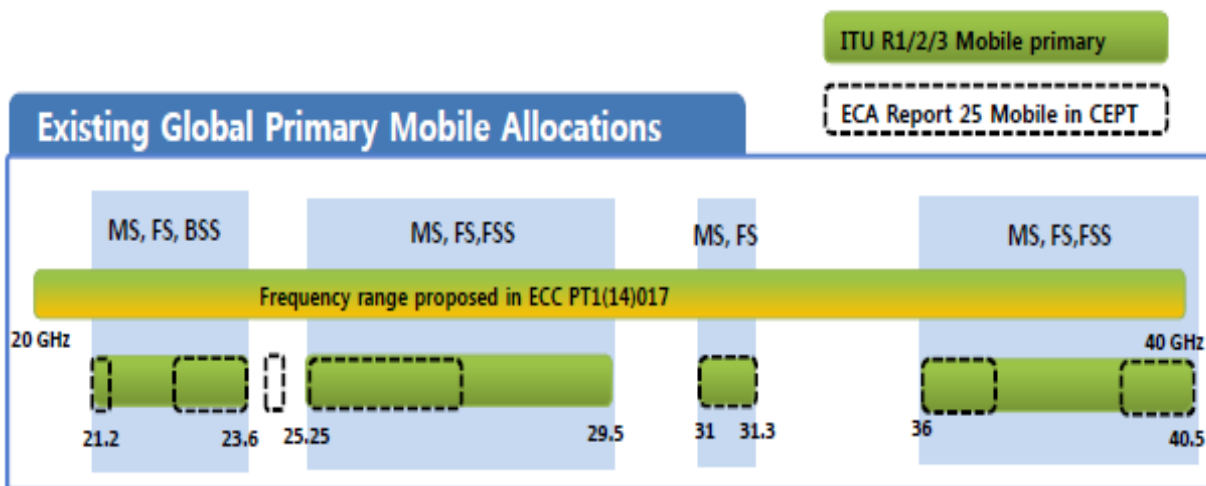
Пример покрытия внутри помещения в 150 м от БС (пониженная мощность)



# Предварительные оценки по полосам частот



Полосы частот распределенные подвижной службе на первичной основе во всех трех Районах МСЭ-R в диапазоне 20-50 ГГц



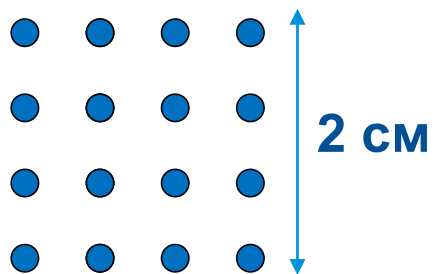
Полосы частот распределенные подвижной службе на первичной основе во всех трех Районах МСЭ-R в диапазонах 71-76 ГГц и 81-86 ГГц

Распределение по службам		
Район 1	Район 2	Район 3
71-74	ФИКСИРОВАННАЯ ФИКСИРОВАННАЯ СПУТНИКОВАЯ (космос-Земля) ПОДВИЖНАЯ ПОДВИЖНАЯ СПУТНИКОВАЯ (космос-Земля)	
74-76	ФИКСИРОВАННАЯ ФИКСИРОВАННАЯ СПУТНИКОВАЯ (космос-Земля) ПОДВИЖНАЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ СПУТНИКОВАЯ Служба космических исследований (космос-Земля) 5.561	

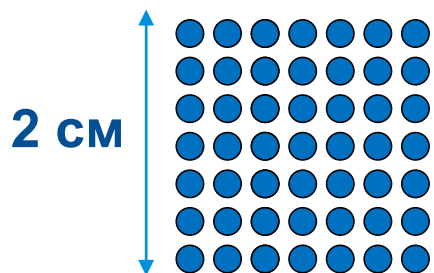
Распределение по службам		
Район 1	Район 2	Район 3
81-84	ФИКСИРОВАННАЯ 5.338A ФИКСИРОВАННАЯ СПУТНИКОВАЯ (Земля-космос) ПОДВИЖНАЯ ПОДВИЖНАЯ СПУТНИКОВАЯ (Земля-космос) РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКАЯ Служба космических исследований (космос-Земля) 5.149 5.561A	
84-86	ФИКСИРОВАННАЯ 5.338A ФИКСИРОВАННАЯ СПУТНИКОВАЯ (Земля-космос) 5.561B ПОДВИЖНАЯ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКАЯ 5.149	

Не исключается возможность новых распределений подвижной службе на первичной основе

# Влияние технических особенностей на выбор и согласование полос частот

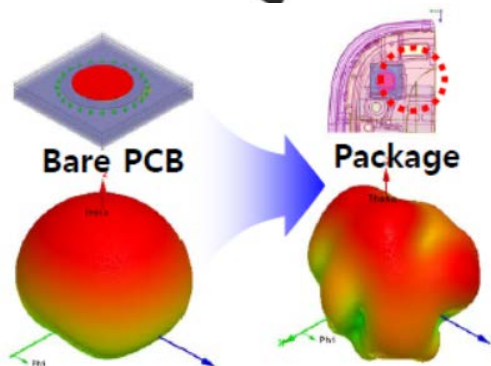


30 ГГц

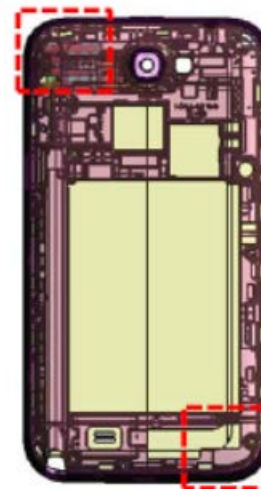
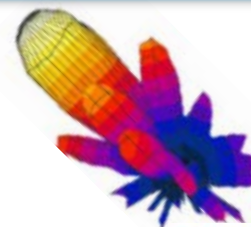


60 ГГц

Структура антенной решётки жестко связана с диапазоном частот, а её размеры должны быть порядка нескольких см<sup>2</sup>



На частотах выше 20 ГГц очень сильный эффект экранирования элементами корпуса и пользователем



Для компенсации экранирования потребуется дублирование антенных решёток даже для одного диапазона

**Физические габариты антенных решёток и их жёсткая привязка к диапазону частот делают затруднительным интеграцию в терминал более 1-2 диапазонов частот выше 20 ГГц. Полосы частот на ВКР-18/19 должны быть максимально гармонизированы и требуются эффективные механизмы обеспечения ЭМС с действующими службами радиосвязи.**



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**