



Белорусский государственный
университет информатики и
радиоэлектроники



Белорусские облачные
технологии



Международный Союз
Электросвязи

«Частные сети сотовой связи»

Вадим Поскакухин, Эксперт Международного союза электросвязи,
Технический директор Ubiquitous Wireless LLP

Содержание доклада

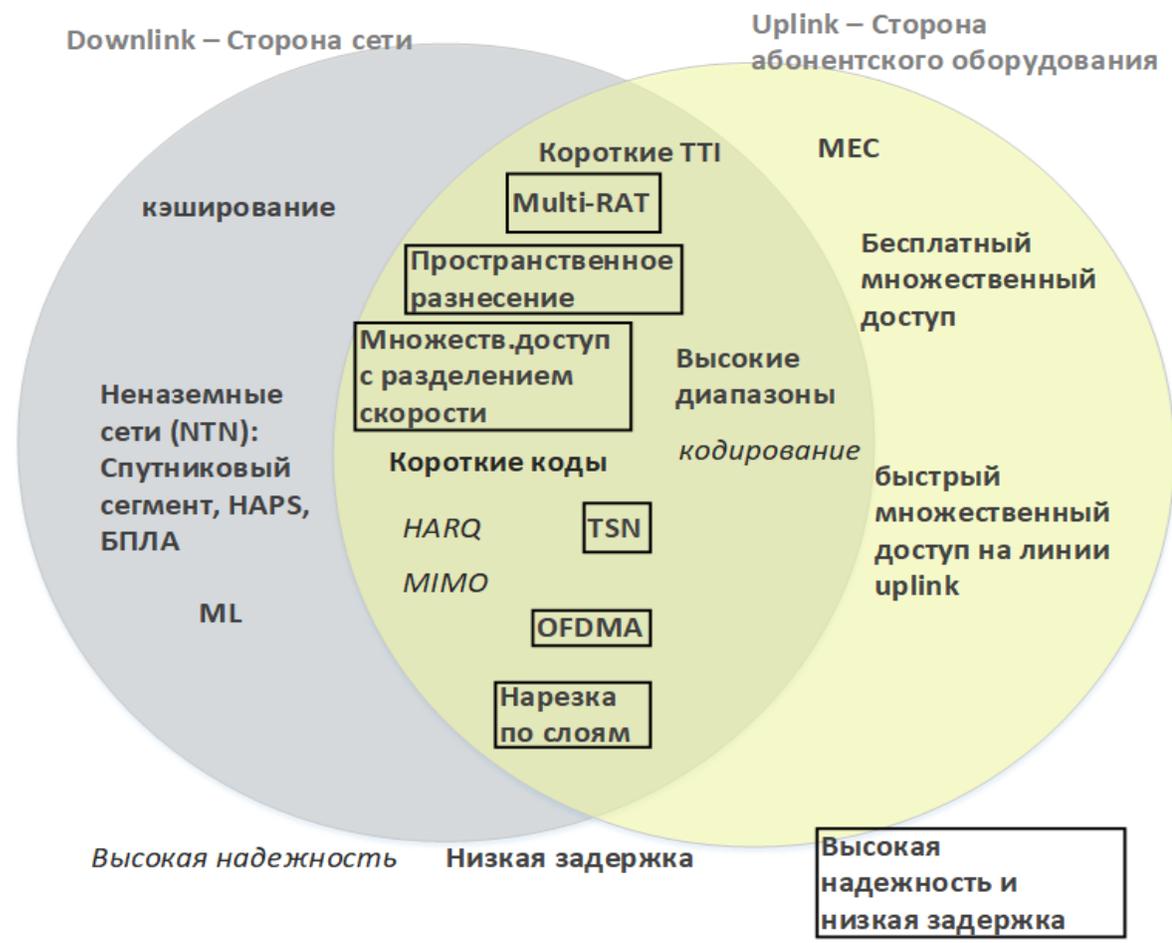
- Типы частных сетей и вопросы регулирования
- Статистика и международный опыт по частным сетям

Стандартизованные 3GPP возможности - максимальное наличие в частных сетях

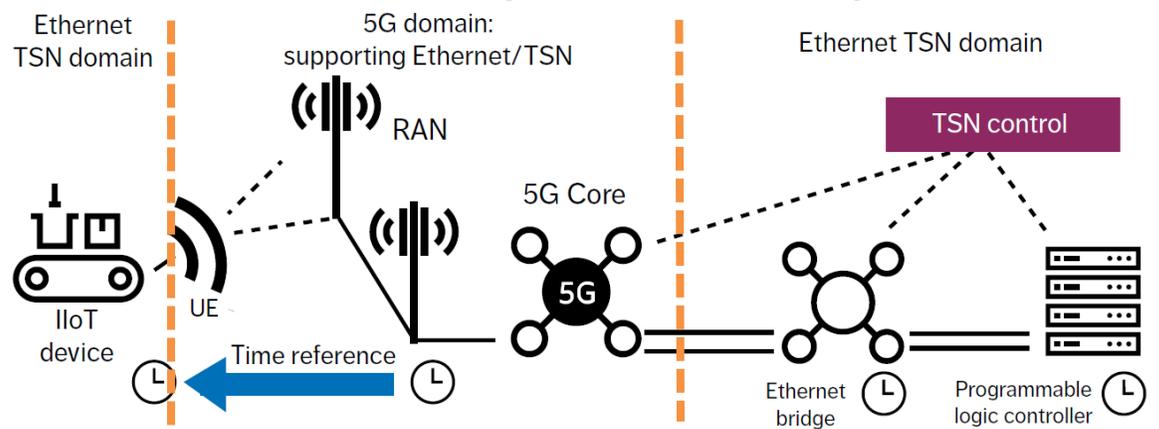
Примеры требований промышленных процессов

Сценарий	Задержка на всех стадиях	Джиттер	Время жизни пакета	Доступность услуги связи	Надежность
Автоматизация производства – контроль движения	1 мс	1 мкс	0 мс	99.9999%	99.9999%
Автоматизация дискретного производства	10 мс	100 мкс	0 мс	99.99%	99.99%
Автоматизация процессов – дистанционное управление	50 мс	20 мс	100 мс	99.9999%	99.9999%
Автоматизация процессов – мониторинг	50 мс	20 мс	100 мс	99.9%	99.9%

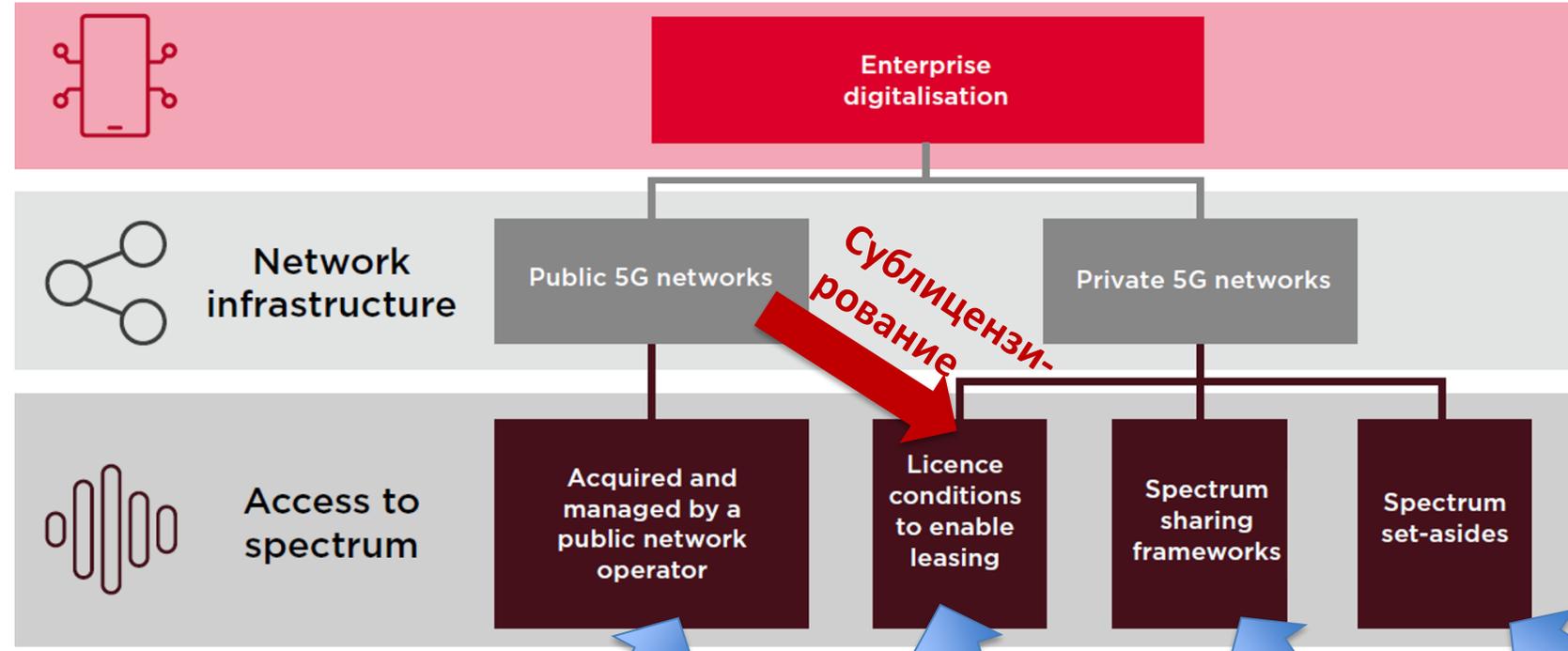
Направленность доработок на повышение надежности и снижение задержки



Сети с жесткой синхронизацией по времени (TSN)



Классификация частных сетей с точки зрения радиочастотного ресурса и технологий



Локальное лицензирование спектра по отдельным правилам для предприятий, а в ряде случаев и для операторов

Добровольные правила или требования в лицензиях операторов по сублицензированию спектра

Пример: CBRS в США в диапазоне 3550-3700 МГц

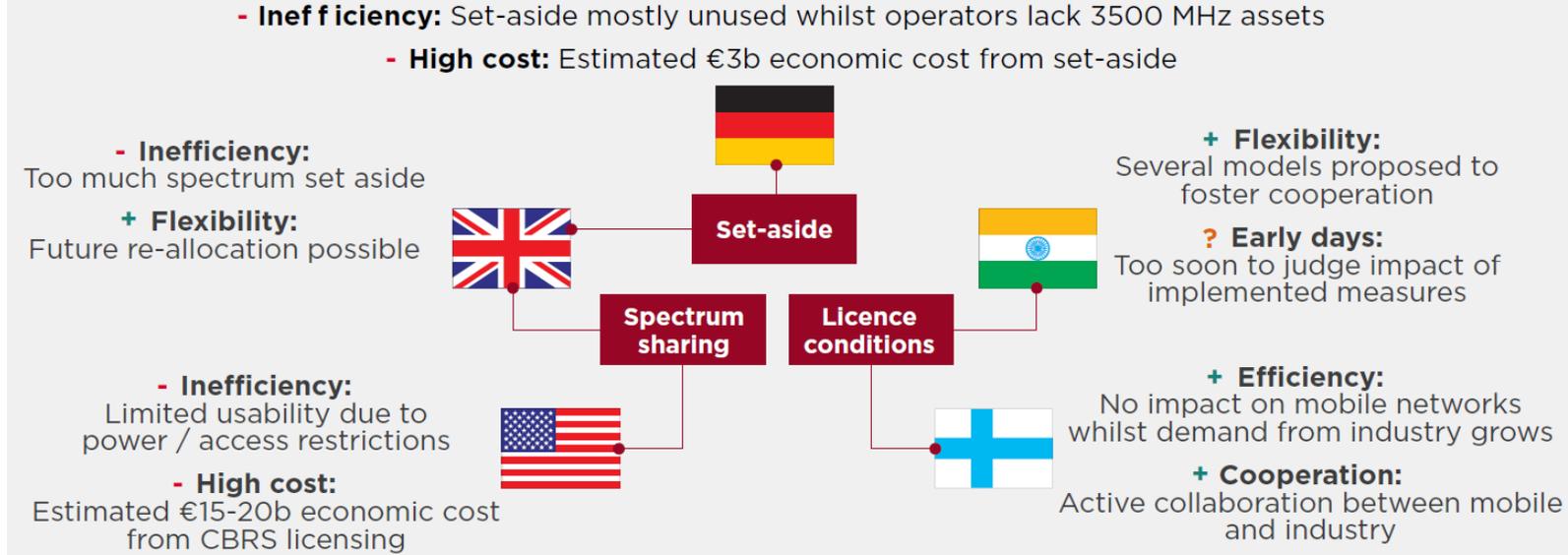
- Различные варианты построения внутри операторов:
- ❑ Абоненты частной сети являются абонентами публичной сети, но с высоким приоритетом обслуживания;
 - ❑ Абоненты частной сети являются абонентами публичной сети, но для частных абонентов происходит резервирование ресурсов БС (здесь и далее может включать Network Slicing);
 - ❑ Аналогично предыдущему, но полезный трафик локализуется в частной сети и не поступает в публичную сеть (локально развернутые БС);
 - ❑ Аналогично предыдущем, но частная сеть полностью построена на основе собственного выделенного ядра (модель MVNO).

Классификация частных сетей по типу операционной модели

Модель развертывания и обслуживания	Частная сеть, обеспечиваемая оператором сотовой связи	Сеть, спроектированная, развернутая и управляемая системным интегратором	Сеть, спроектированная, развернутая и управляемая предприятием
Сетевой и инфраструктурный провайдер	Производители телеком оборудования, устройств и компонентов, провайдеры облачных сервисов		
Проектирование и развертывание	Оператор сотовой связи	Телекоммуникационный системный интегратор	IT департамент предприятия
Функционирование и управление	Оператор сотовой связи	Телекоммуникационный системный интегратор или IT департамент предприятия	IT департамент предприятия
Конечные потребители	Корпоративные пользователи, клиенты, корпоративные заказчики	Пользователи/ клиенты, корпоративные заказчики	Пользователи/ клиенты, корпоративные заказчики

Позиция операторов по вопросу выделения отдельного радиочастотного спектра

COUNTRY-SPECIFIC INSIGHTS



IMPACT OF LICENSING APPROACHES ON INDUSTRY AND MOBILE USERS

	Impact on industry users				Impact on mobile users		
	Geographic access	Certainty of access	Certainty of tenure	Interference management	Efficiency of spectrum use	Spectrum availability	Limited economic cost
Set aside spectrum	✓	✓	✓	?	✗	✗	✗
Spectrum sharing framework	✓	✗	✗	?	?	?	✗
Licence conditions	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Source: GSMA

Пример сублицензирования спектра

Key lessons

- What:** Obligation for 3500 MHz licence holders to negotiate private network contracts or sub-licence spectrum
- Why:** Deployment of innovative industry uses without affecting mobile usability
- How:** Requirement for operators to respond to tenders launched by industry users to negotiate access to 3500 MHz
- Impact:** Increased collaboration between operators and industry whilst providing strong investment incentives in 5G mobile networks



Obligations via licence conditions



Focus on cooperation (between MNOs and verticals)



Cutting-edge pilot projects emerging

Source: GSMA

Помимо вышеприведенного примера Финляндии, Китай демонстрирует наибольшие успехи в области создания частных сетей на базе операторов – подход с участием операторов сформирован как государственная политика

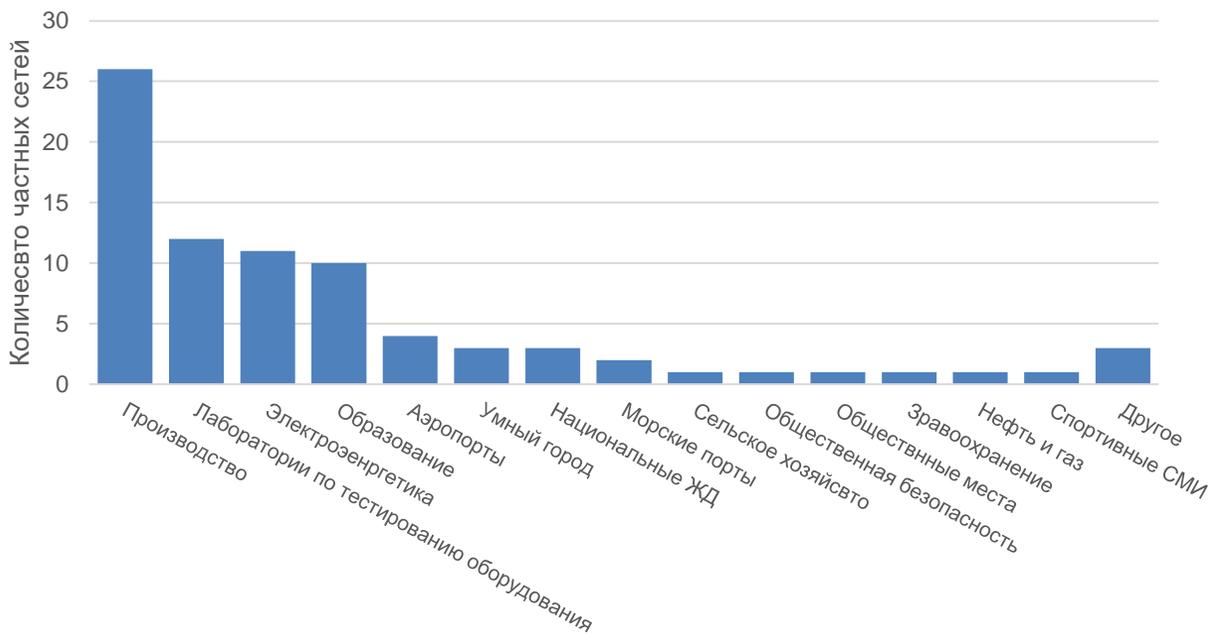
Ожидается, что Финляндия откроет в будущем полосу 3,8-4,2 ГГц для локального лицензирования в рамках общеевропейского процесса

An example: Telia and Nokia 5G network for Agnico Eagle gold mine



Локальное лицензирование 3700-3800 МГц в Германии

Статистика частных сетей на 2024 год



Формула платы за спектр для локального лицензирования

$$P = 1000 \text{ Евро} + B * t * 5 * (6 * a1 + a2)$$

где:

- B – полоса радиочастот в МГц;
- t – длительность лицензии в годах;
- a1 – площадь обслуживаемой территории в км² в жилых районах и районах с высоким трафиком;
- a2 – площадь обслуживаемой территории в км² во всех других районах.

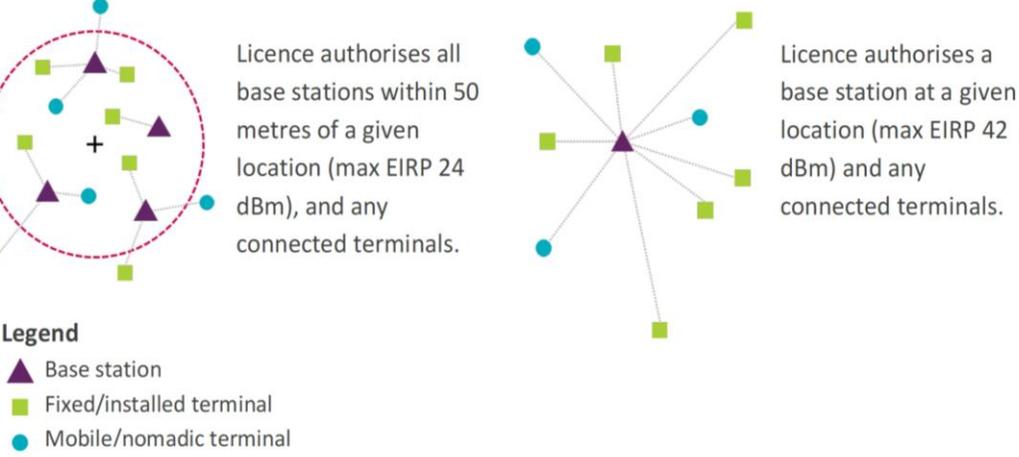
На операторов, соседствующих (географически) сетей, накладываются требования о согласовании и заключении межоператорских соглашений. Предполагается, что поскольку сами операторы имеют наиболее детальные данные об окружающей обстановке, такие как топография и застройка местности, которые критически важны при радиопланировании, то и оптимальное детальное радиочастотное планирование может быть выполнено и согласовано по результатам межоператорского взаимодействия. Регулятор полагает, что операторы найдут взаимовыгодное и подходящее решение самостоятельно. Соответствующие межоператорские соглашения должны быть направлены регулятору. В случае, если соседствующие операторы не могут достичь консенсуса, регулятор может принять меры для обеспечения эффективности использования радиочастотного спектра с минимизацией возможного взаимного помехового воздействия сетей. Так, регулятор может ввести ограничение на показатель напряженности электромагнитного поля на границе зоны обслуживания, установив **значение в 32 дБмкВ/м/5 МГц на высоте 3-х метров на границе зоны обслуживания (лицензионной зоны)**.

При этом все расходы на перепланирование сетей должны будут взять на себя сами операторы.

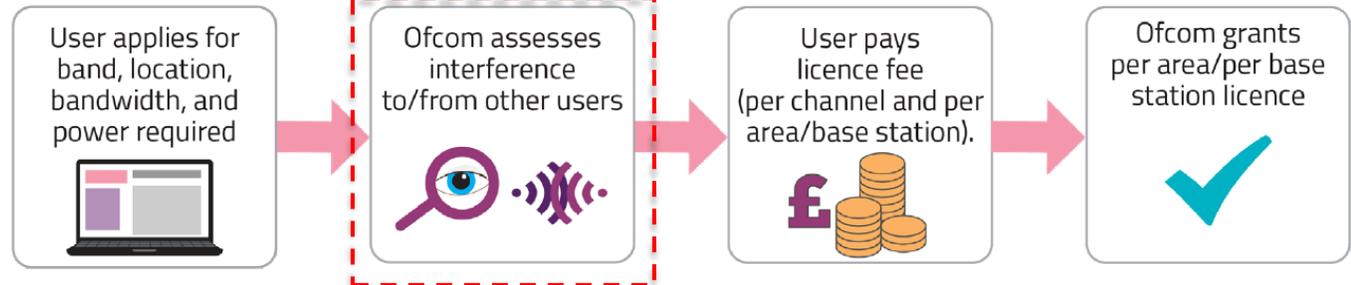


Пример локального лицензирования (выделанного спектра) в Великобритании

Пример маломощных и БС средней мощности в 3,8-4,2 ГГц



Процесс получения лицензии на совместное использование спектра



In the future, we would like to move towards a **Dynamic Spectrum Access (DSA)** approach if appropriate, where users' equipment would communicate directly with a central database in order to access spectrum. This means that you will only **be assigned frequencies when you request for one directly from the spectrum assignment database.**

Технические условия для лицензии совместного доступа для маломощных БС

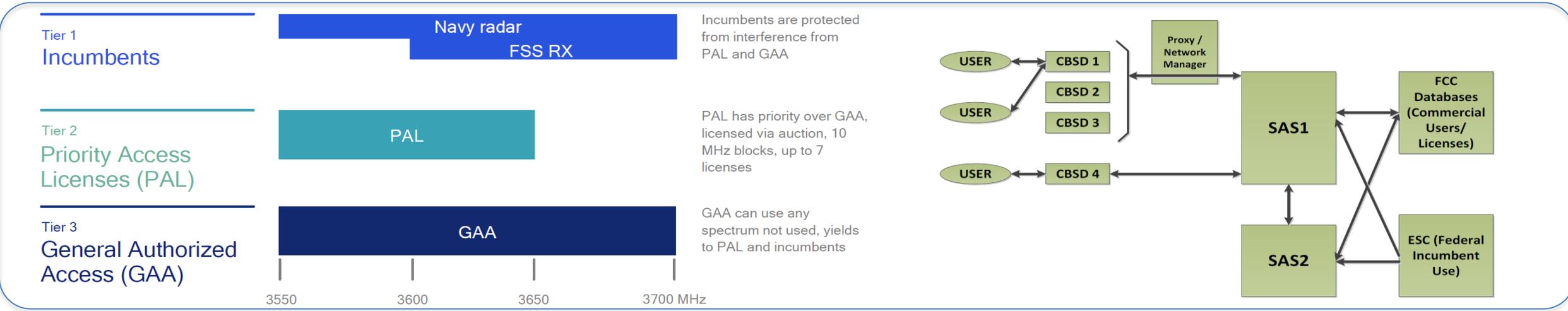
Условия	Диапазон 1800 МГц	Диапазон 2300 МГц	Полоса 3,8-4,2 МГц	Диапазон 26 ГГц
Разрешенное размещение	Внутри и вне помещений Вне помещений высота антенны не выше 10 м	Первоначально будет широко доступно только внутриофисное использование Вне помещений высота антенны не выше 10 м	Внутри и вне помещений Вне помещений высота антенны не выше 10 м	Только внутри помещений
Ширина канала	2x3,3 МГц	10 МГц	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 МГц	50, 100, 200 МГц
Макс. мощность БС на сектор (ЭИИМ)	24 дБм / несущую	24 дБм / несущую	24 дБм/канал до 20 МГц; 18 дБм/5 МГц для канала более 20 МГц	23 дБм/200 МГц
Макс. мощность АС	23 дБм	25 дБм	28 дБм	23 дБм
Синхронизация	Не требуется	Для внутриофисного использования не требуется* Для использования вне зданий необходима	Не требуется	Не требуется

Технические условия для лицензии совместного доступа для БС средней мощности

Условия	Диапазон 1800 МГц	Диапазон 2300 МГц	Полоса 3,8-4,2 МГц
Разрешенное размещение	Сельская местность Вне помещений высота антенны не выше 10 м	Сельская местность Вне помещений высота антенны не выше 10 м. Ограниченная доступность	Сельская местность
Ширина канала	2x3,3 МГц	10 МГц	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 МГц
Макс. мощность БС на сектор (ЭИИМ)	42 дБм / несущую	42 дБм / несущую	42 дБм/канал до 20 МГц; 36 дБм/5 МГц для канала более 20 МГц
Макс. мощность АС	23 дБм	25 дБм	28 дБм 35 дБм/5МГц
Синхронизация	Не требуется	Требуется	Не требуется

Пример шеринга спектра на основе автоматизированного подхода - CBRS

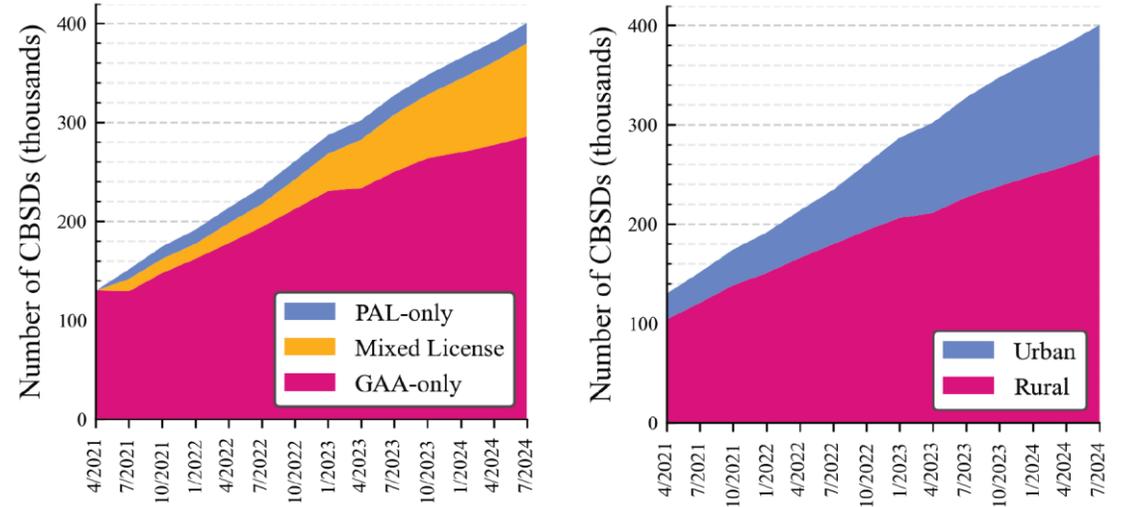
Трёх уровневая модель доступа к спектру CBRS и архитектура Spectrum Access System Architecture



Уровни мощности устройств

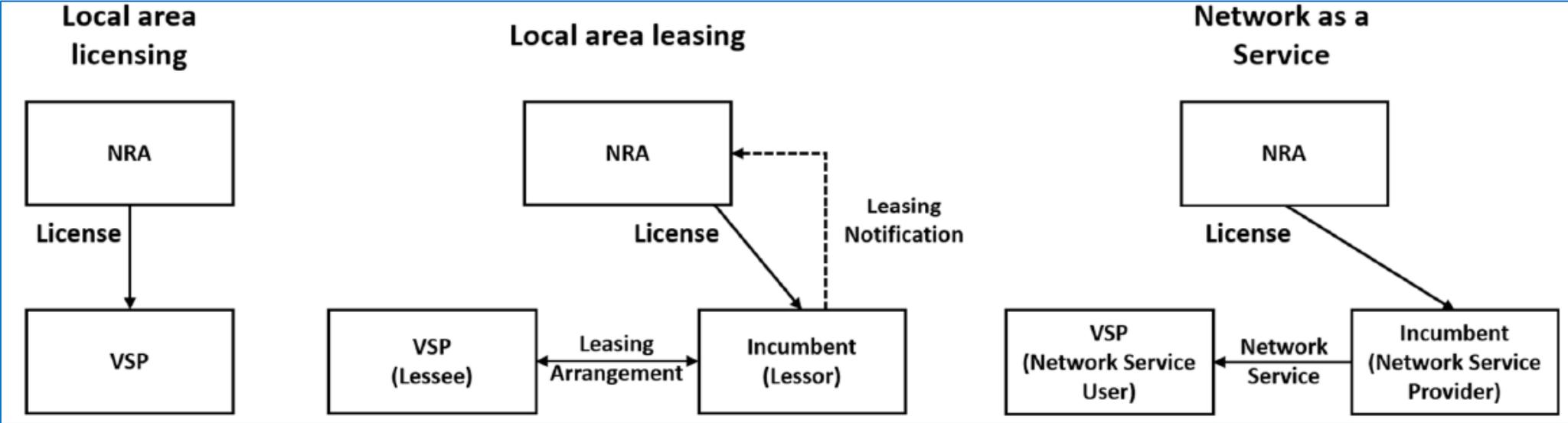
Тип устройства	Макс. ЭИИМ на 10 МГц	Ограничения
Абонентское устройства	23 дБм	
Категория А	30 дБм	Вне помещений только с высотой подвеса(усредненное по рельефу) не более 6 метров
Категория В	47 дБм	Только вне помещений. Установка квалицированным персоналом.

Статистика использования на середину 2024 года

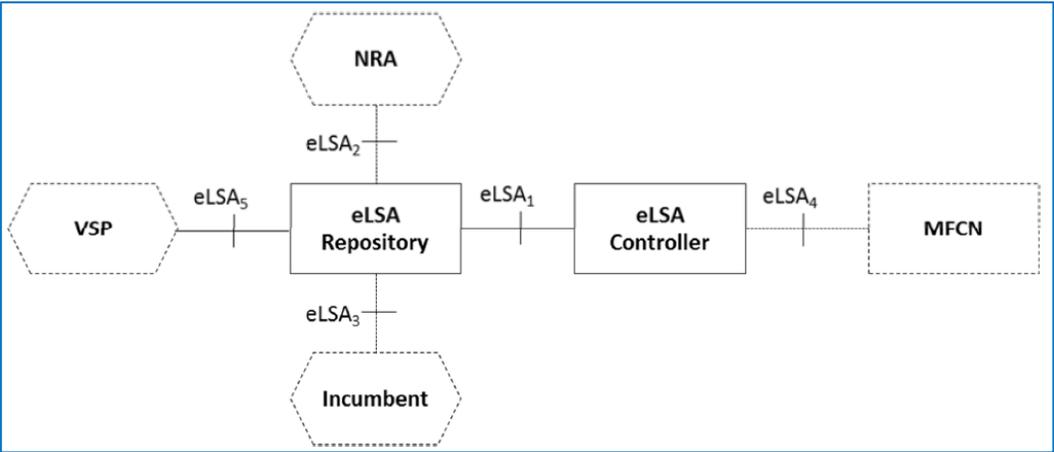


Стандартизация расширенного функционала системы LSA(eLSA) для локального лицензирования

Relationship models for eLSA spectrum access schemes



eLSA Architecture Reference Model



Однако до сих пор наблюдается тенденция автоматизации локального лицензирования на основе проприетарных решений

Содержание доклада

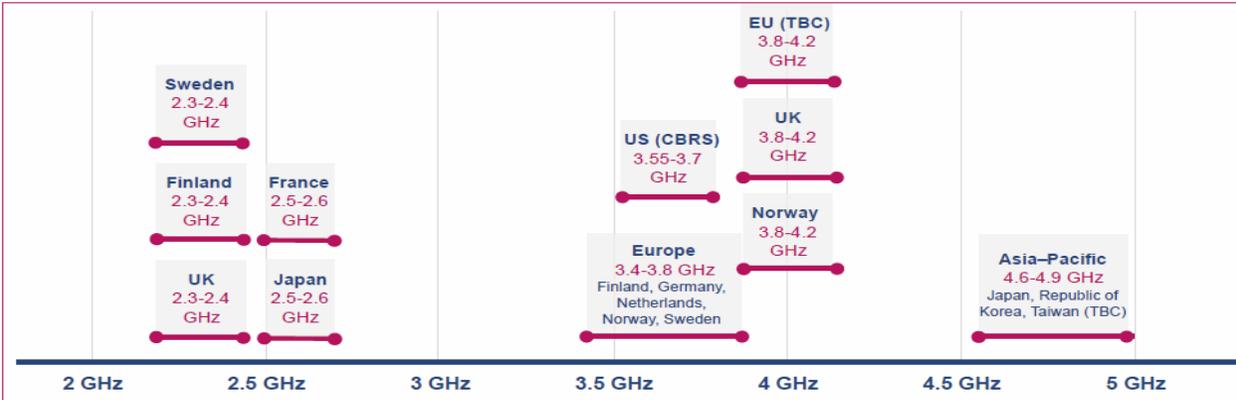
- Типы частных сетей и вопросы регулирования
- Статистика и международный опыт по частным сетям

Примеры выделения полос радиочастот для частных стран в отдельных странах

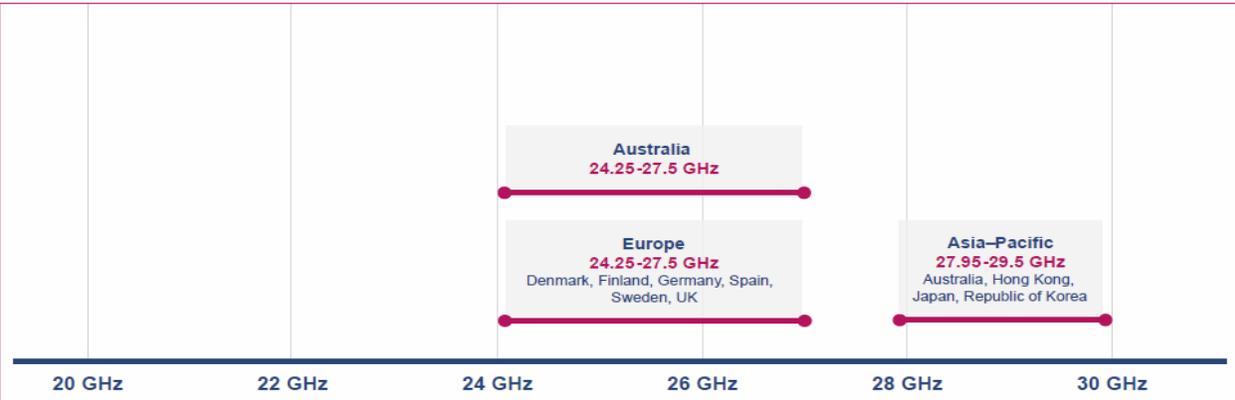
Нижние частоты - как правило на национальном уровне



Средние частоты – локальное лицензирование с ограничениями

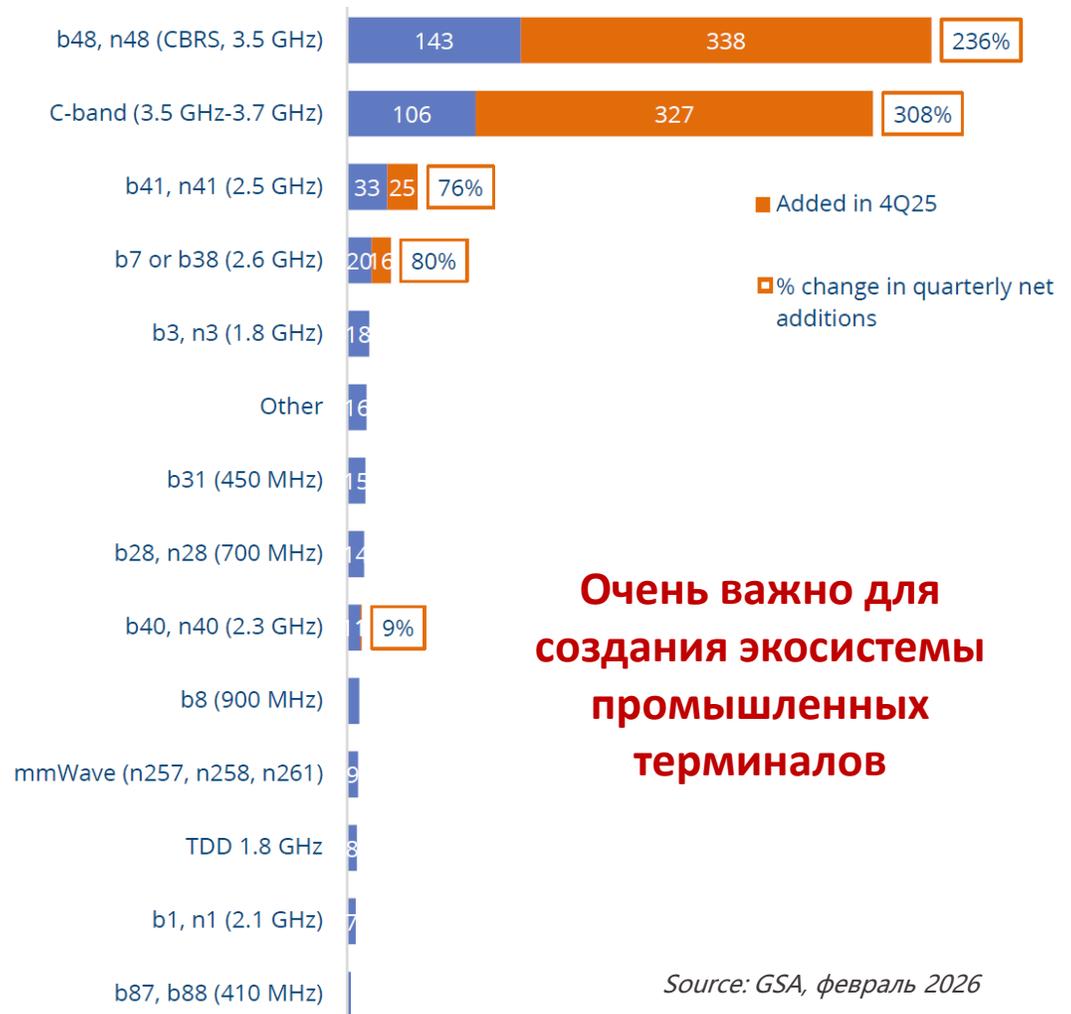


Мм-вые диапазоны – локальное лицензирование с минимальными ограничениями



Статистика по использованию полос радиочастот

Статистика по полосам частот для частных сетей или локального лицензирования



Очень важно для создания экосистемы промышленных терминалов

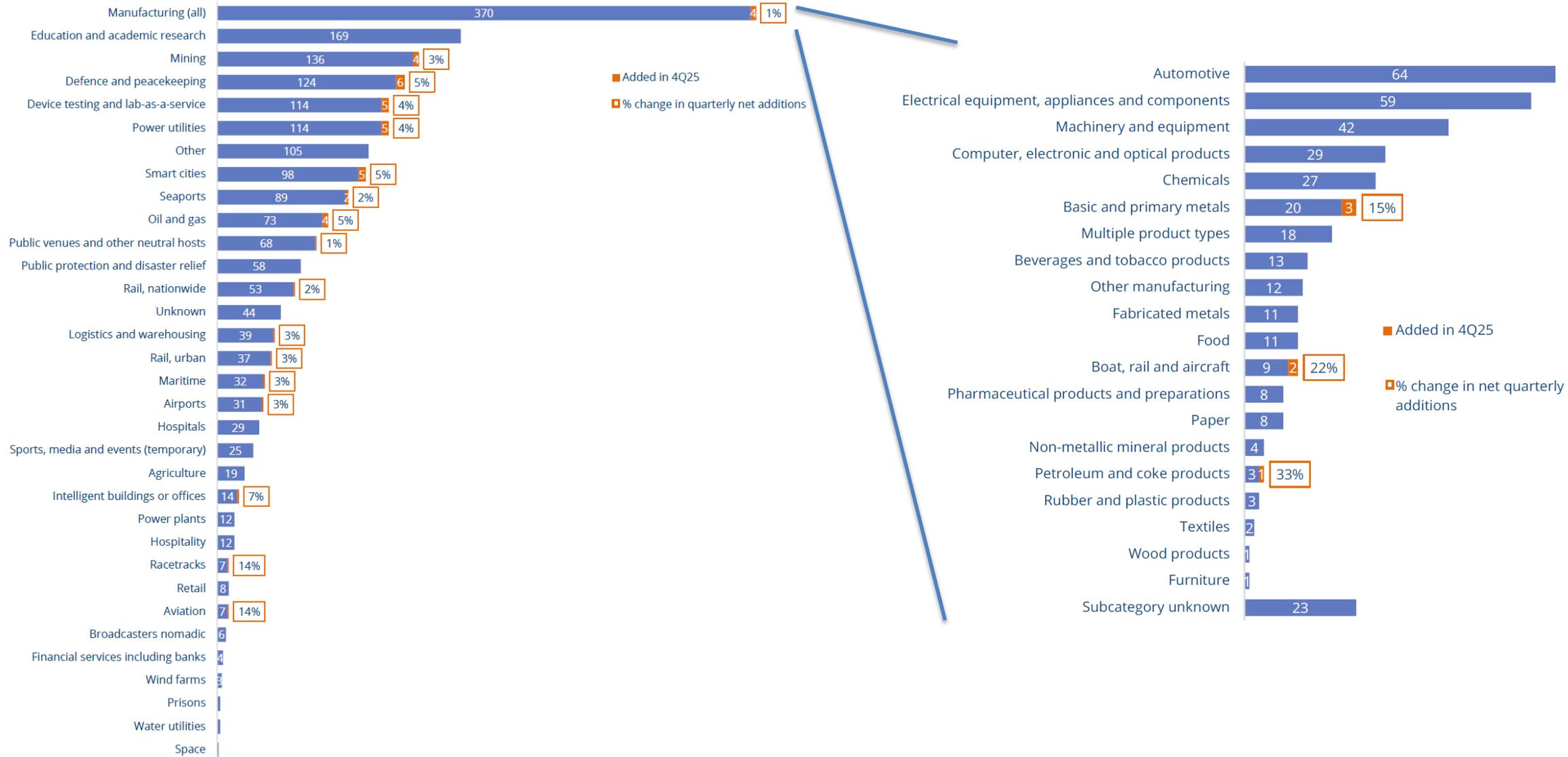
Source: GSA, февраль 2026

Статистика по странам и режимам выделения полос радиочастот для частных сетей



Статистика по Китаю(и другим странам) не учитывает большое число частных сетей (виртуальных) на базе инфраструктуры операторов

Статистика использования частных сетей по отраслям

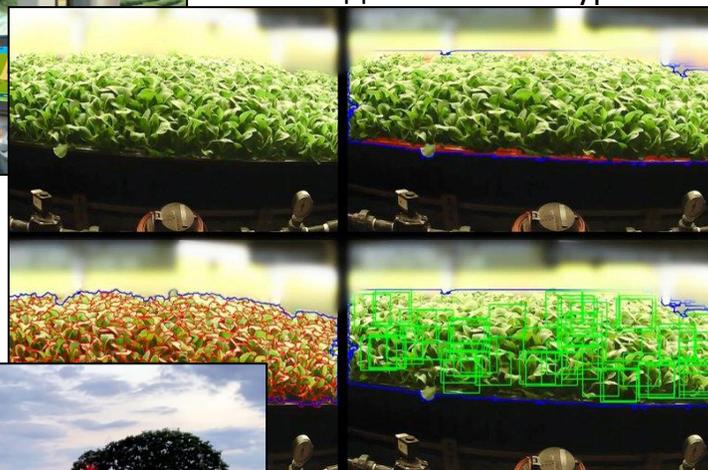


Умное сельское хозяйство

Общее управление фермой и техникой



Видеоаналитика урожая



Управление роботами

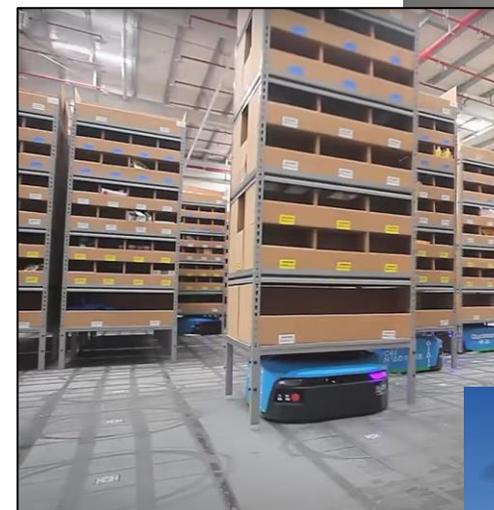


Логистика и транспорт

Автоматизация портовой и логистической инфраструктуры



Автоматизация складов



Беспилотные и дистанционно управляемые системы

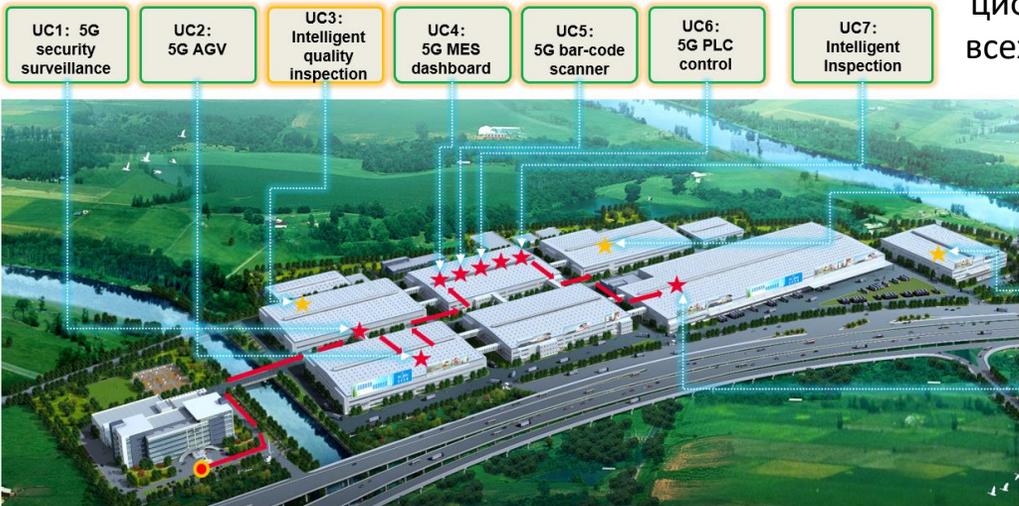


Примеры использования частных сетей (продолжение)

Дискретное производство



Цифровые двойники цехов



Комплексная цифровизация всех процессов

Примеры в машиностроении



Цифровизация всех заводов John Deere

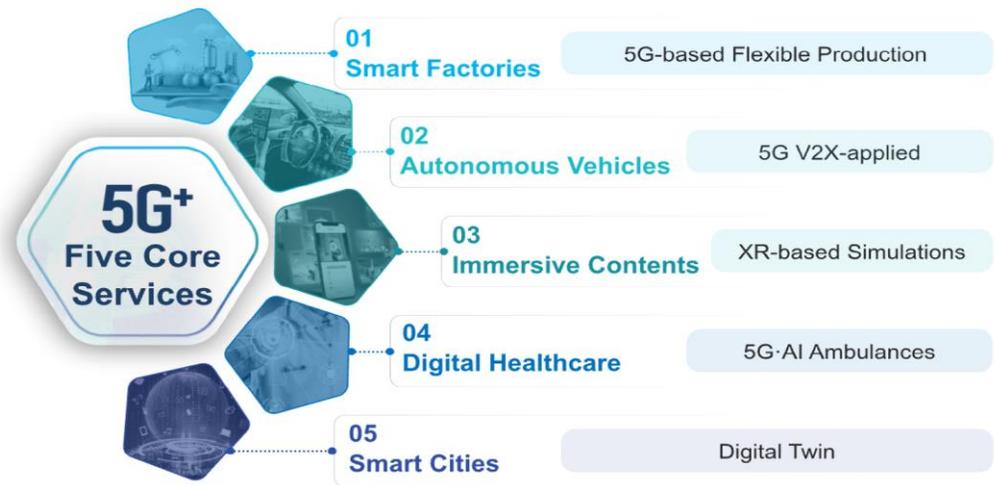


Цифровые заводы Mercedes-Benz

На примере Южной Кореи

5G Convergent Service Demos for 5 Areas with MNOs

Demonstration of convergence services and leading implementation in the public sector focusing on five major areas



Source: MSIT

Demonstrations to support Private 5G Demand

Launch of 5G convergence service project in 2022

33 services in 8 areas

Energy	Safety	Healthcare	Logistics
Water management	Defense	Manufacturing	Culture

42 companies & institutions

17 Service companies	3 Mobile carriers
7 Equipment/parts/terminal manufacturers	16 Companies & institutions with needs

Source: MSIT

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ