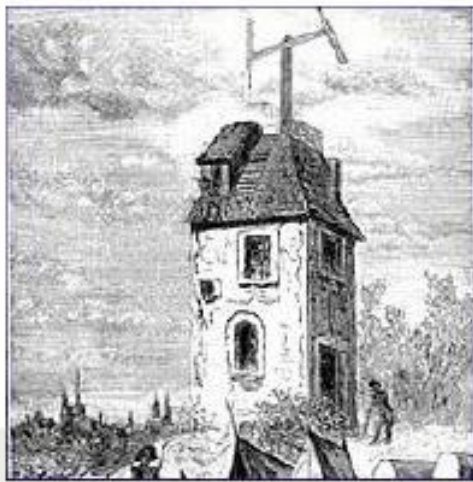


Принципы сотовой связи

Начало истории беспроводных коммуникаций

(использование света, сигналов и звука)

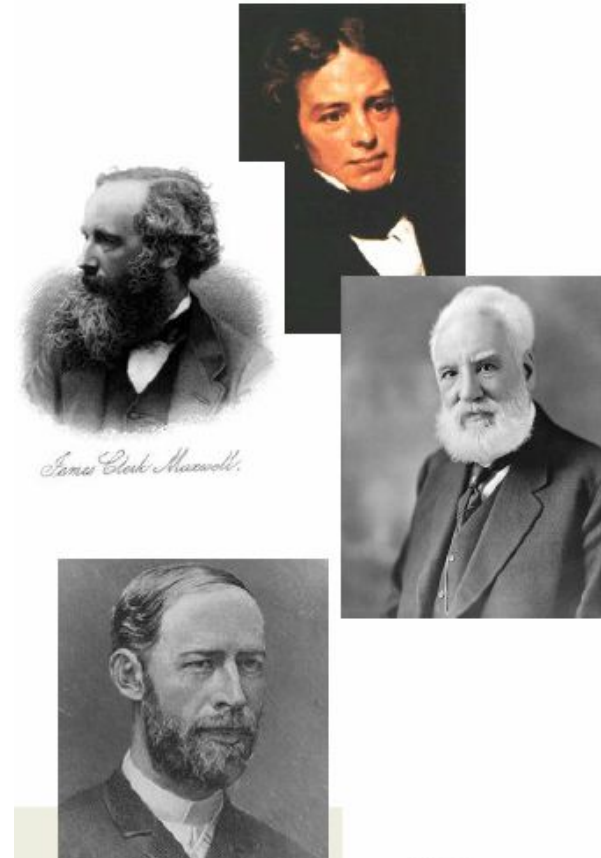


Начало истории беспроводных коммуникаций

- Много раз в истории использовали для связи гелиографы, флаги (семафор),...
 - Китай, династия Хань (206г. до н.э. – 24г. н.э.) использование сигнальных башен;
 - 150г. до н.э. дымовые сигналы для связи (Полибий, Греция)
 - 1793, оптический телеграф, французский инженер К. Шапп

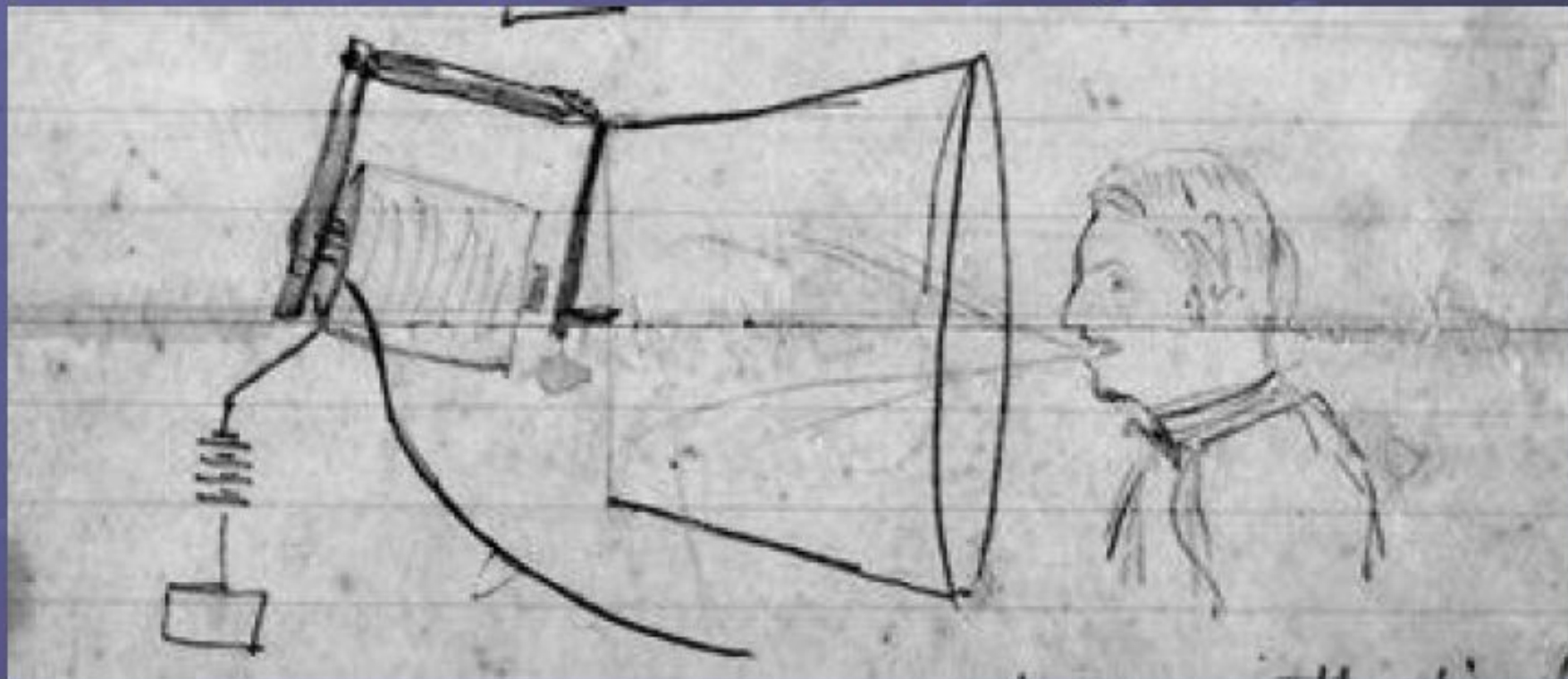


- Начало связи с электромагнитными волнами:
 - 1831 – Майкл Фарадей продемонстрировал явление электромагнитной индукции
 - Джеймс Максвелл (1831-79): теория электромагнитных полей, волновые уравнения (1864)
 - 1876 телефон Александра Белла
 - Г. Герц (1857-94) продемонстрировал волновой тип электрической передачи через пространство (1888)



Изобретение телефона

10 марта 1876 года, Александр Грэм Белл сказал:
Mr. Watson — Come here — I want to see you



Зарисовка самого Белла

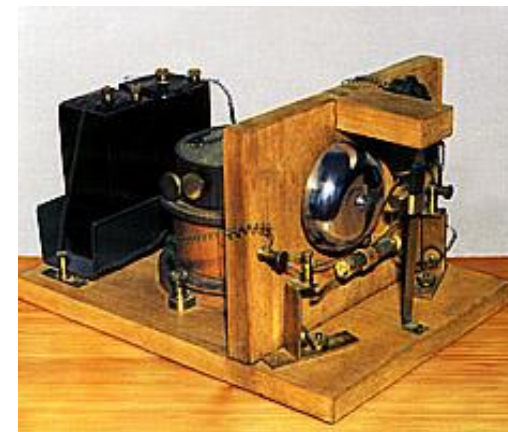
Начало истории беспроводных коммуникаций

7 мая 1895 г. петербургский физик Александр Попов сделал в Физико-химическом обществе доклад с демонстрацией созданного им радиоприбора для фиксации атмосферных колебаний.



В 1896 году он продемонстрировал свои опыты перед Физическим обществом Санкт-Петербурга, передав сигналы с помощью азбуки Морзе внутри здания университета.

2 июня 1896 г. Гульельмо МАРКони запатентовал радио как свое изобретение (научные публикации Попова на этот счет появились в том же месяце, но адресовались совершенно иной аудитории).



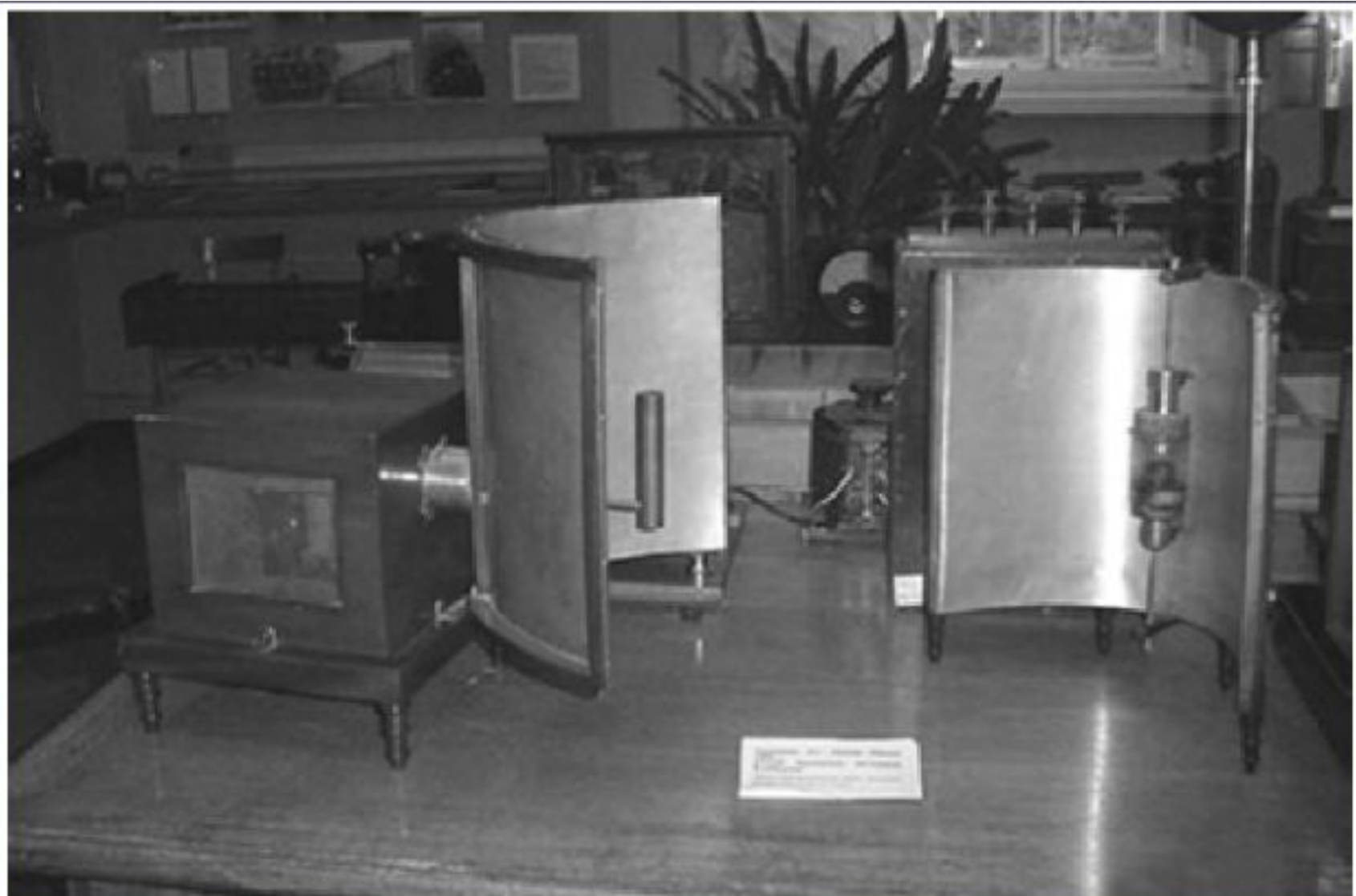
1896 году в Лондоне ему удалось передать сообщение на расстояние 10 километров.
1907 Коммерческие трансатлантические связи - огромные базовые станции (с высотой антенн 30 - 100m)

1915 речевая передача Нью-Йорк - Сан Франциско





Музей-мемориал Лаборатория Попова



Приемник и передатчик 1986 года

Начало истории беспроводных коммуникаций

1911 - мобильный передатчик на дирижабле

1926 - поезд (Гамбург Берлин)

1927 - первое коммерческое автомобильное радио
(только прием)

Первые мобильные системы связи начинались в 40-х годах в США и в 50-х годах в Европе.



Концепции:

- большая область для одного передатчика
- Большая “мобильность” за счет высокой энергоемкости
- Системы с низкими возможностями, склонные к интерференции
- Высокая стоимость

Развитие телекоммуникаций в России

В 1824 году появилась первая стратегическая беспроводная связь – оптический (или семафорный) телеграф.

В 1833 году появилась оптическая телеграфная связь с Кронштадтом, позднее – с Царским Селом и Гатчиной. Это была правительственная связь, соединявшая дворцы и военные объекты.

В 1839 году заработала самая протяженная в мире (1200 км) линия оптического телеграфа Петербург – Варшава. В нее вошли 149, как сказали бы теперь, "базовых станции" высотой 15-17 метров.

Линию обслуживало около 2 тысяч человек – специально обученные люди, связисты, главными инструментами которых были фонари и подзорные трубы. От Петербурга до Варшавы сообщение шло всего 15 минут.

Развитие телекоммуникаций в России

Первый электромагнетический проводной телеграф изобрел в 1832 году русский ученый и путешественник Павел Львович Шиллинг.

Впервые Шиллинг продемонстрировал изобретение у себя дома на углу Мойки и Марсова поля. Телеграфная техника совершенствовалась многими другими изобретателями: американцами Морзе и Юзом, итальянцем Козелли.

Только через 30 лет после изобретения Шиллинга, в 1852 году, начала действовать первая междугородняя телеграфная линия между Москвой и Петербургом – но эту историю писали уже другие.

В 1862 – начала действовать всемирно известная компания Western Union

Развитие стандартов сотовых систем СВЯЗИ

1G – первое поколение - NMT (Nordic Mobile Technology)

Аналоговый сигнал (частота – 450/900МГц)

2G – AMPS (Advanced Mobile Phone Service) – аналоговый сигнал

2,5G (2G+)

DAMPS (Digital AMPS)

GSM (Global System for Mobile Communications) – 900/1800 МГц

Для доступа в Internet используют технологии GPRS, EDGE

А также стек протоколов WAP.

Почти 3G – CDMA-2000(IMT-MS) в основном 450 МГц

Доступ в Интернет – HDSRA и EVDO

Развитие стандартов сотовых систем СВЯЗИ

3G – концепция UMTS (Universal mobile telecommunication systems)

За разработку стандартов отвечает форум 3GPP (проект IMT-2000)

Технологии: CDMA (WCDMA, CDMA II, SCDMA и тп.), UTRA, DECT, WIMS, UWC и тп.

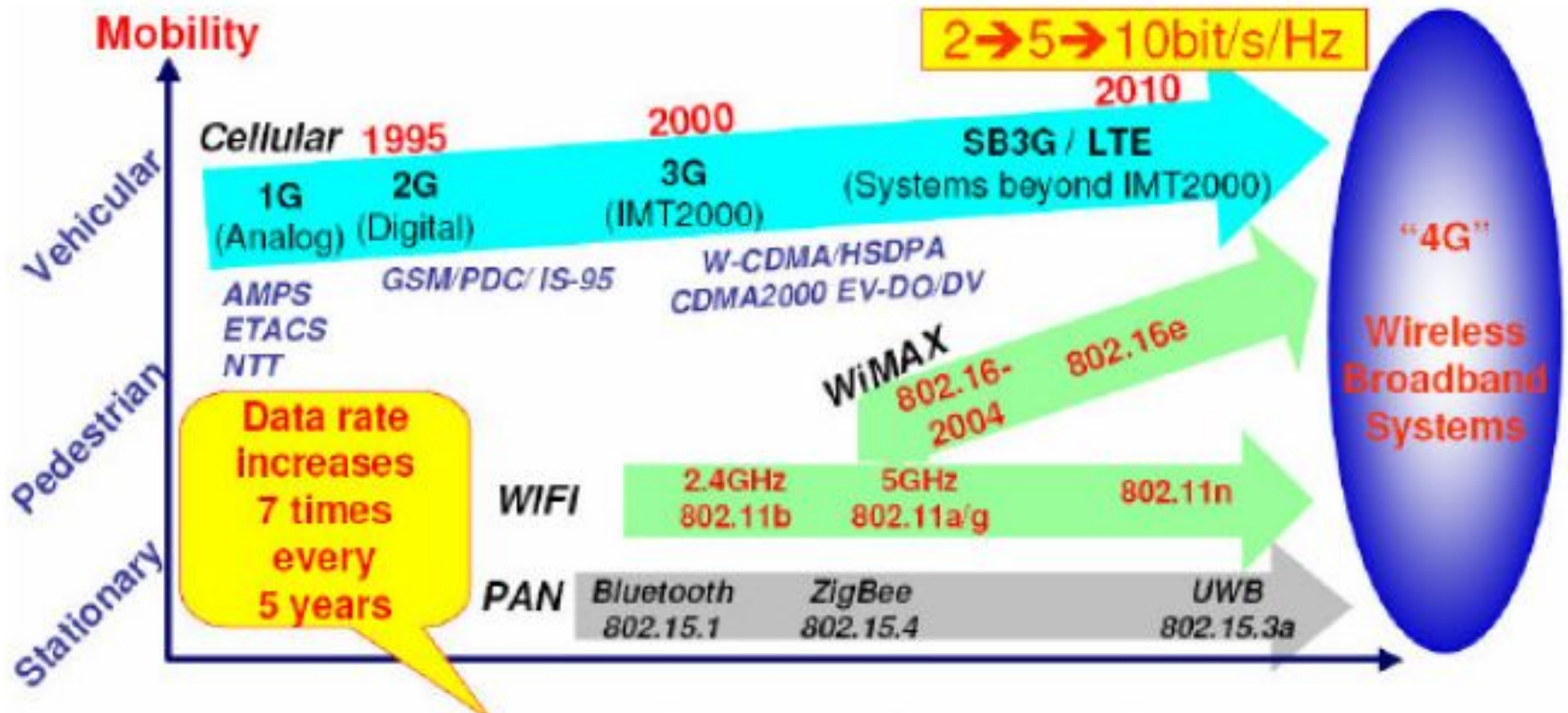
Любая из этих технологий имеет шанс на успех.

4G – К этому поколению относят мобильный WiMAX. Других стандартов пока нет. Стандартизацией занимается группа NGMN (Next Generation Mobile Networks) и др.

Сотовые сети связи

- **1G:** аналоговые сети. Идея: покрытие пространства «сотами» (зонами действия одной базовой станции) и организация кластеров сот. Поддерживали только телефонию. Стандарты: NMT, AMPS.
- **2G:** цифровые сети с коммутацией каналов. Используется метод доступа с временным разделением каналов. В основе также лежит сотовая структура. Поддерживают телефонию и передачу данных. Для организации более быстрого доступа может использоваться GPRS (2G+). Стандарты: GSM, D-AMPS, PDC.
- **3G:** цифровые сети с коммутацией каналов/пакетов. Используется широкополосный метод доступа с кодовым разделением каналов, поддерживают передачу мультисервисного трафика. Стандарты: CDMA, WCDMA, cdma2000, i-mode и т.д.
- **4G:** цифровые сети с коммутацией пакетов. Находятся в стадии разработки 😊

Развитие стандартов сотовых систем СВЯЗИ

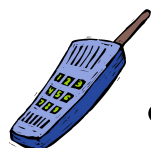


Data Rates	~40kbps	2Mbps	14Mbps	54Mbps	100Mbps	1Gbps
Spectral Efficiency (bit/s/Hz)	0.4	0.4	2.8	2.7	5	10
Radio Access	TDMA QPSK	DS-CDMA MC-CDMA	Adaptive QAM	OFDM/QAM Adaptive Coding		MIMO Adaptive Array

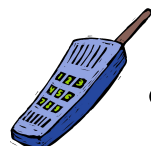
Распределение частотного диапазона (1)



Сотовые сети 3G
746-794 MHz, 1.7-1.85 GHz,
2.5-2.7 GHz

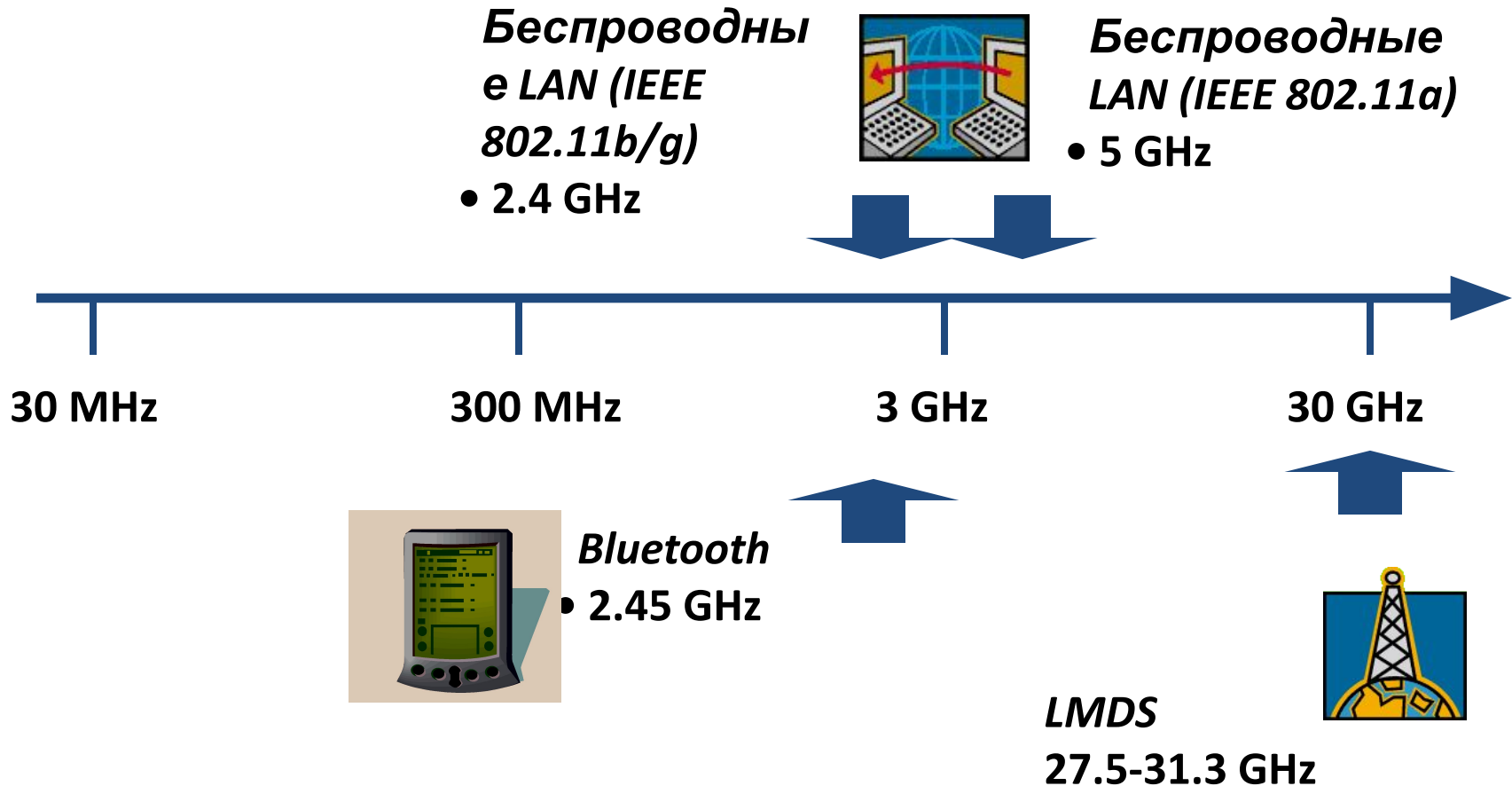


Сотовые GSM
• 800-900 MHz

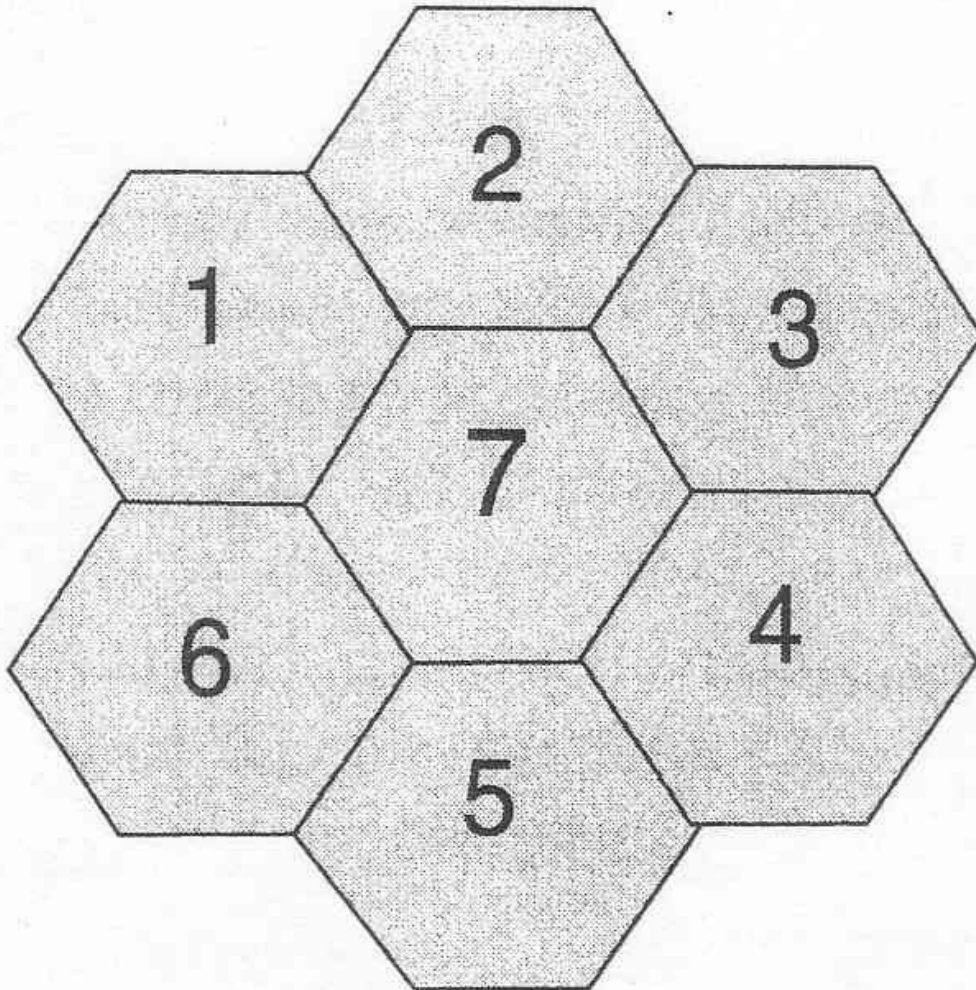


Сотовые GSM
• 1.85-1.99 GHz

Распределение частотного диапазона (2)

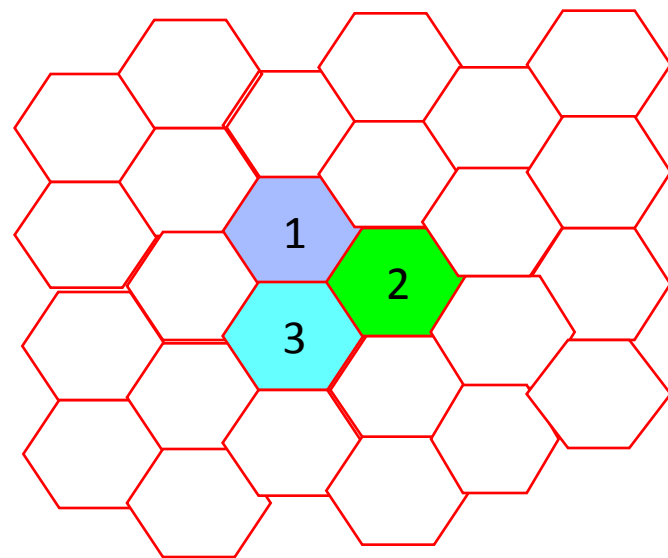
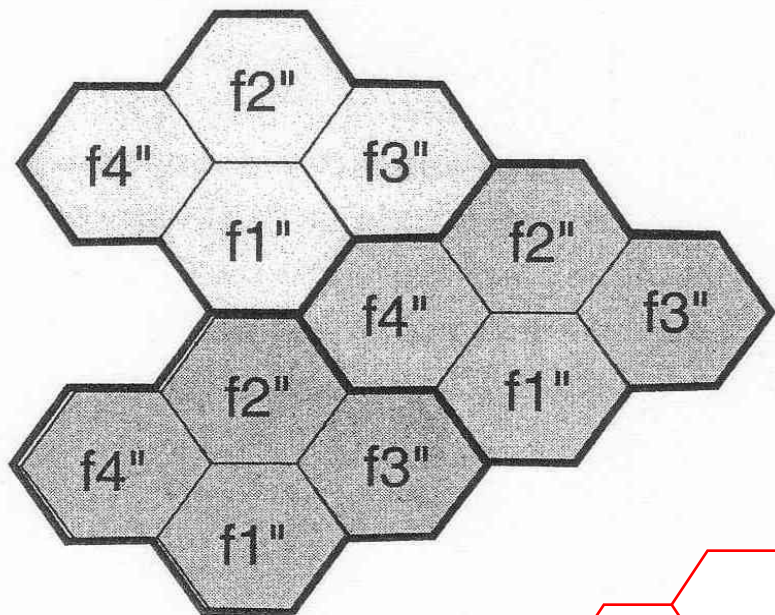


Геометрическая структура сотовой системы

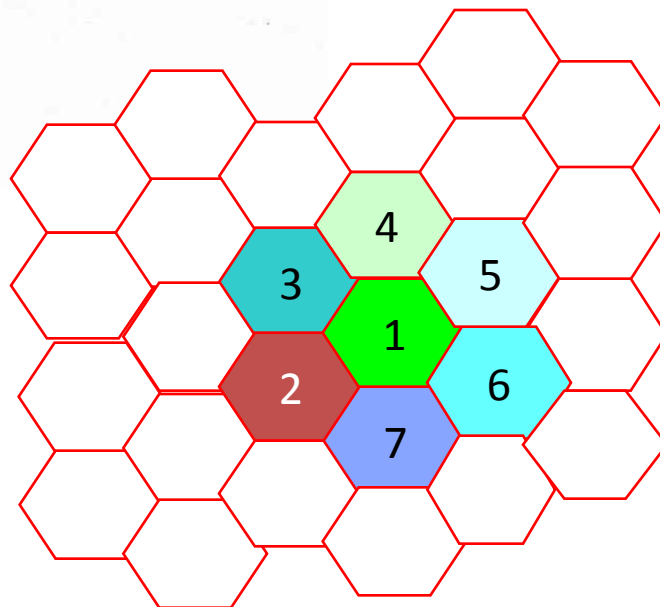


Модель многократного использования

ЧАСТОТ

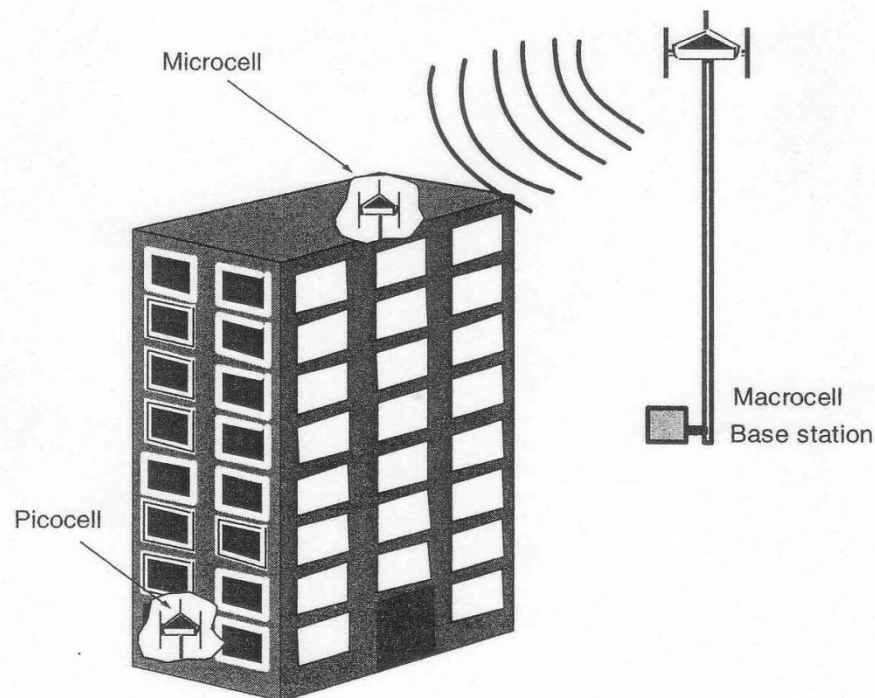
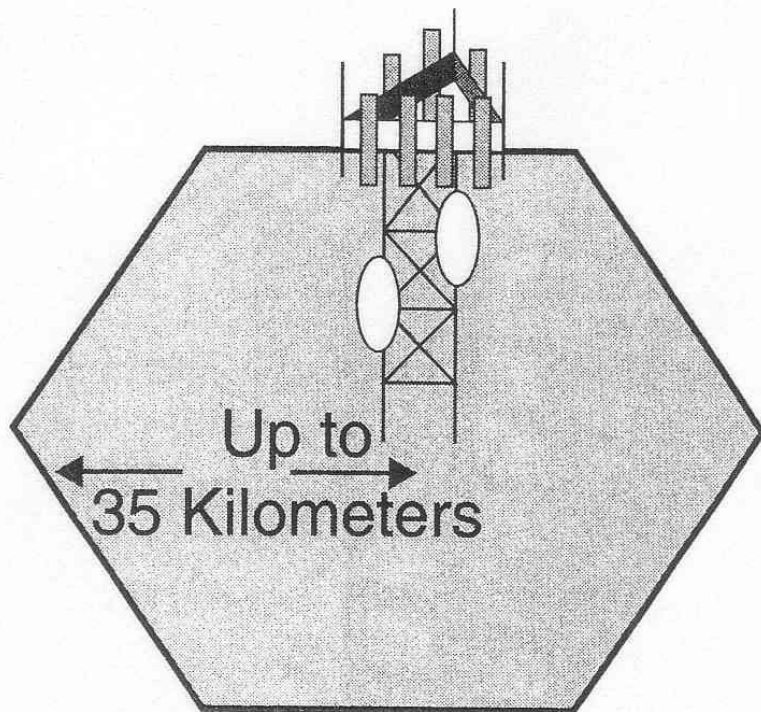


$K=3$



$K=7$

Типы ячеек



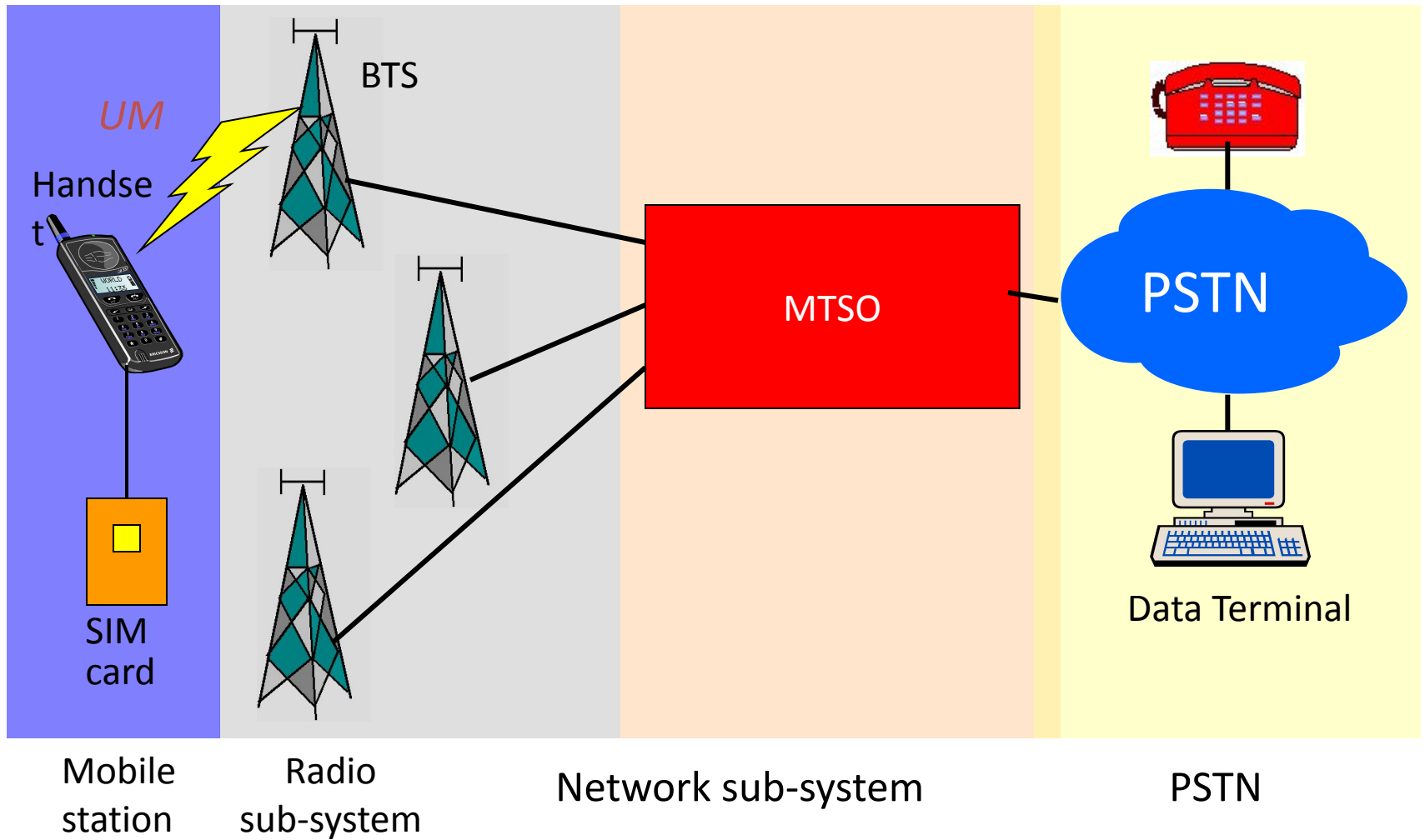
Macrocells(3 to 35 km)

Microcells(0,1 to 1 km)

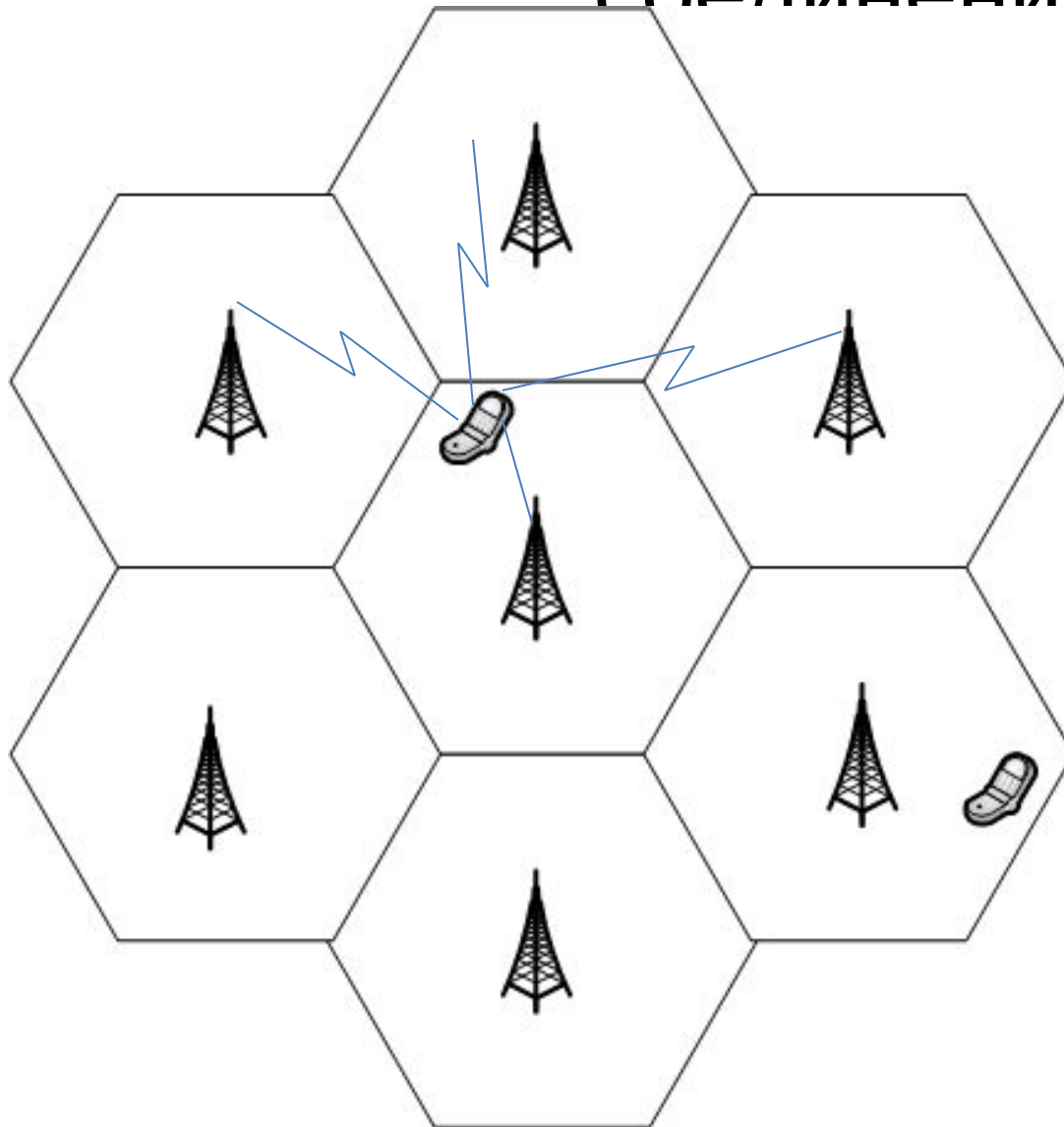
Picocells(0,01 to 1km)

Nanocells(1m to 10m)

Общий вид сотовой системы

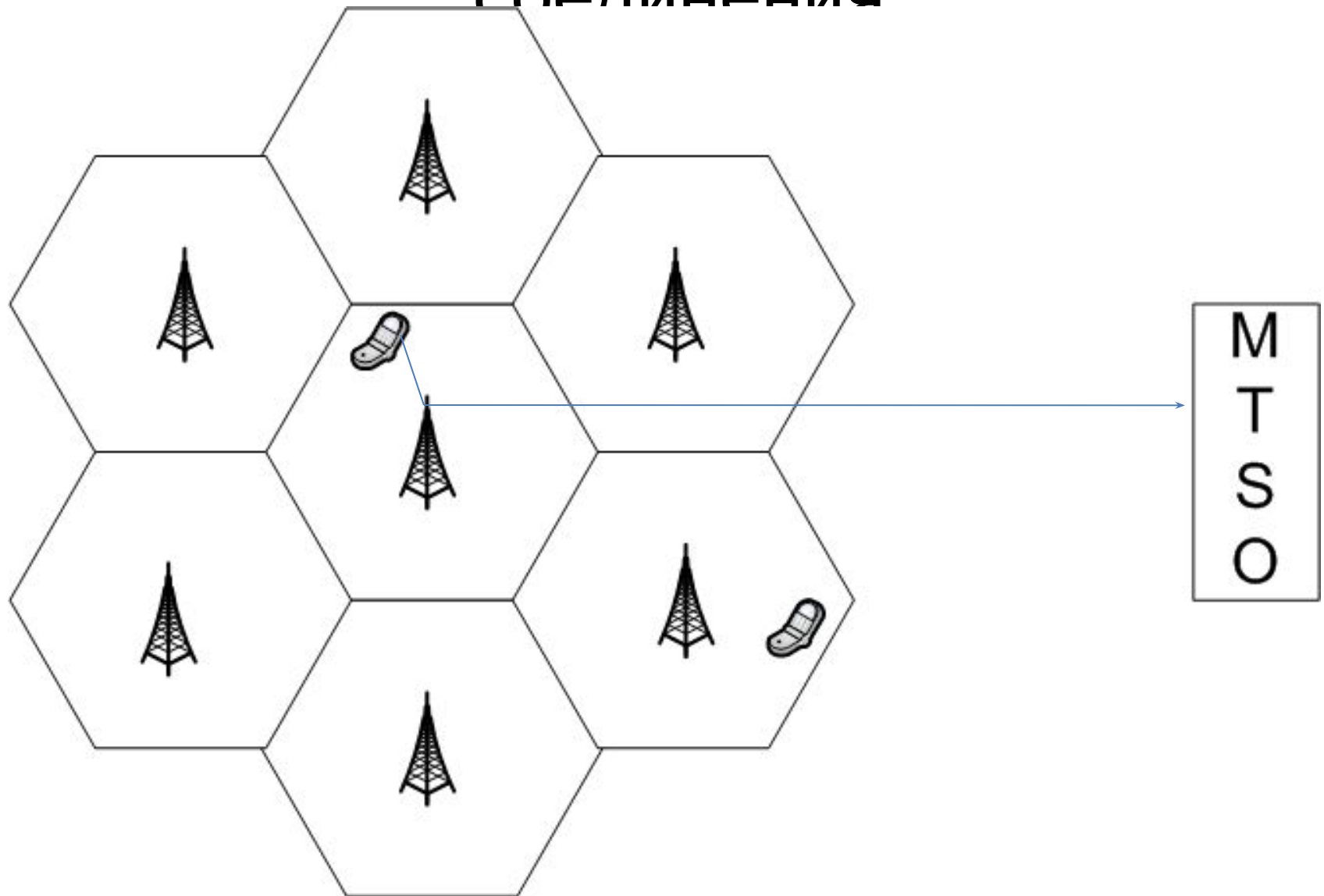


Пример мобильного сотового соединения

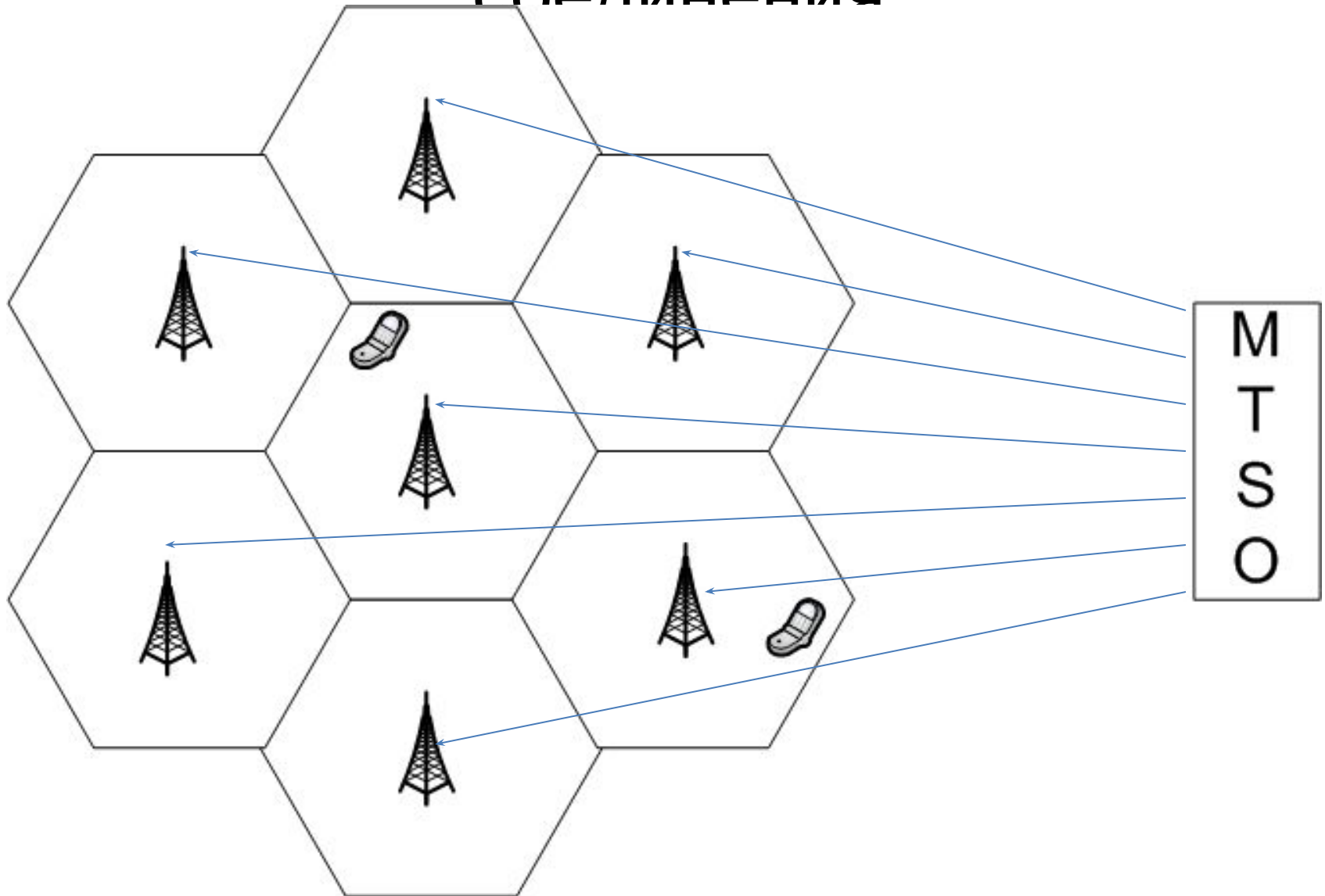


M
T
S
O

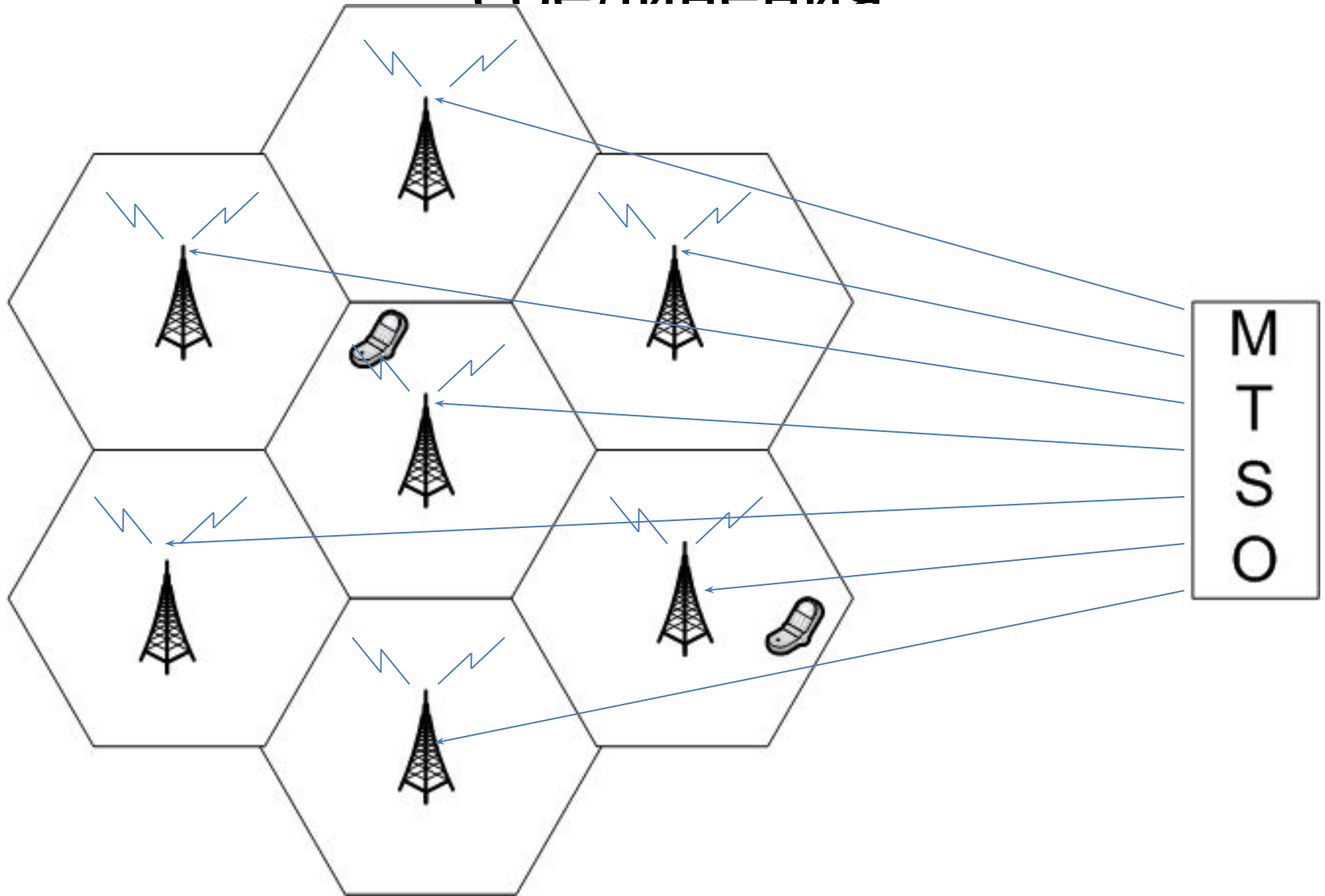
Пример мобильного сотового соединения



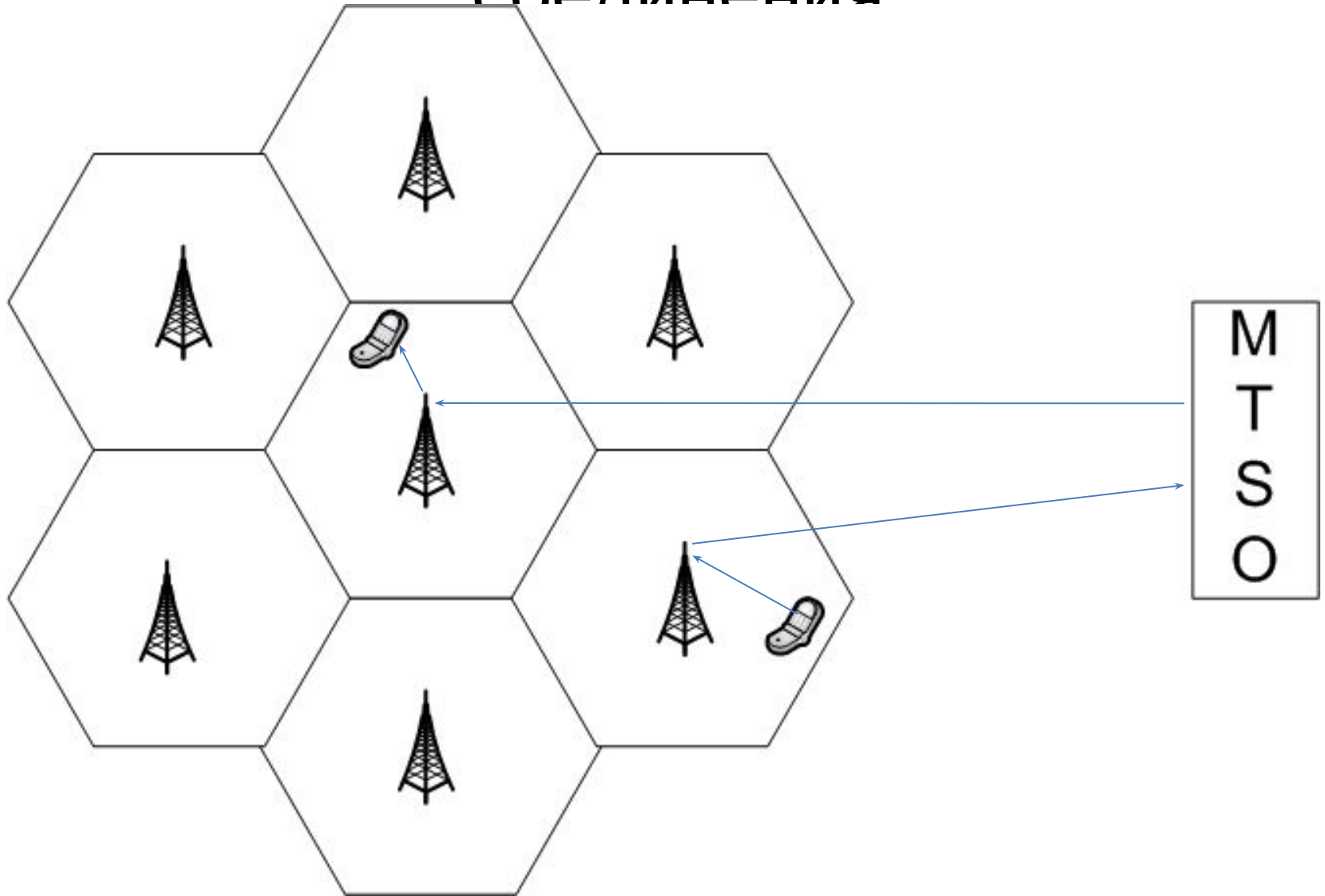
Пример мобильного сотового соединения



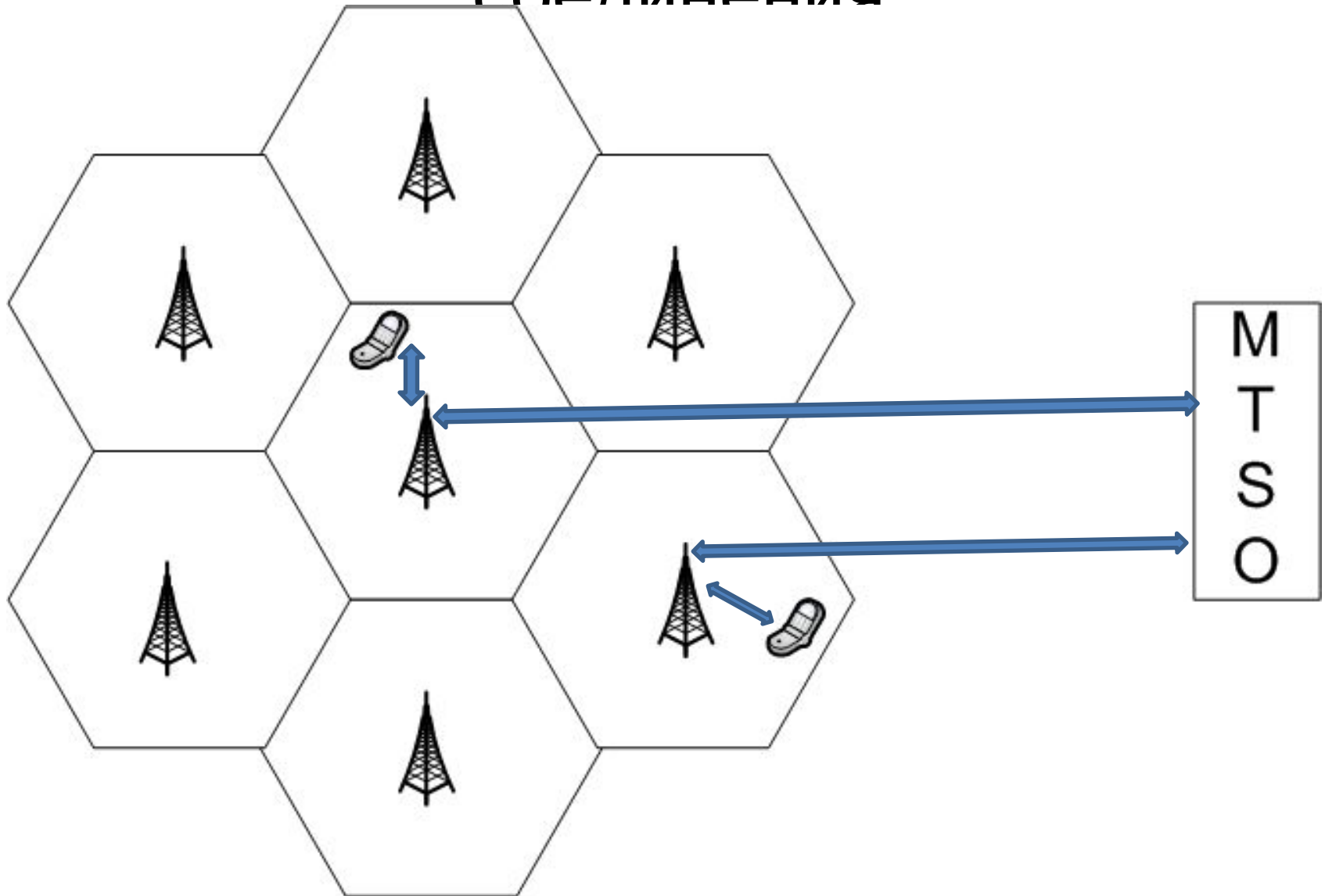
Пример мобильного сотового соединения



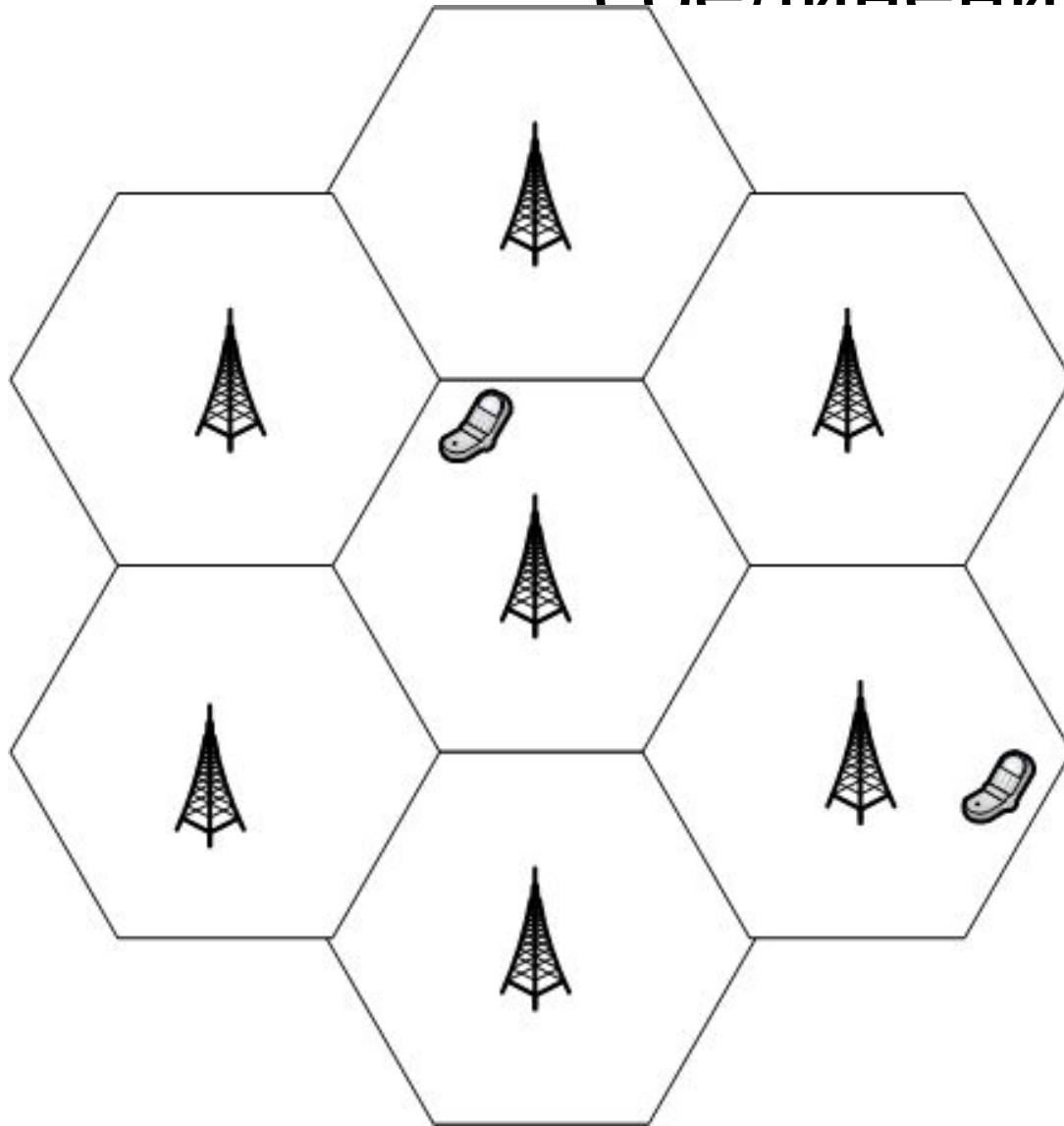
Пример мобильного сотового соединения



Пример мобильного сотового соединения



Пример мобильного сотового соединения



M
T
S
O