

Хетерогенни безжични мрежи

проф. д-р инж. Венета Алексиева

Основни моменти

- Изисквания към хетерогенните безжични мрежи
- Приложение на хетерогенните мрежи
- Стандарт 802.21
- Хоризонтален и вертикален хендовър
- Проблеми
- Примерни въпроси

Хетерогенни безжични мрежи

Свързване на разнородни и не-оперативно съвместими мрежи (кабелни и безжични) по такъв начин, че да предоставят на потребителите:

- непрекъснатата и надеждна свързаност,
- мобилност,
- сигурност на комуникацията,
- качество на предлаганите услуги (QoS) с нужното ниво, особено за критични приложения.

Изисквания

- Лесно разрастване на мрежата:
 - богата гама от технологични решения
 - възможната съвместимост на интерфейсите, предлагани от различните производители;
- Прилагане на комбинация от mobileIP и решения на слой 3 на OSI модела:
 - оптимизации и разширения, за да осигурят по-бързо и лесно предаване между тях;
- QoS по отношение на закъснение, пропускателна способност, минимални загуби;
- Запазване на едно и също ниво на сигурност при преминаване от една мрежа към друга.

Предпоставки за използване

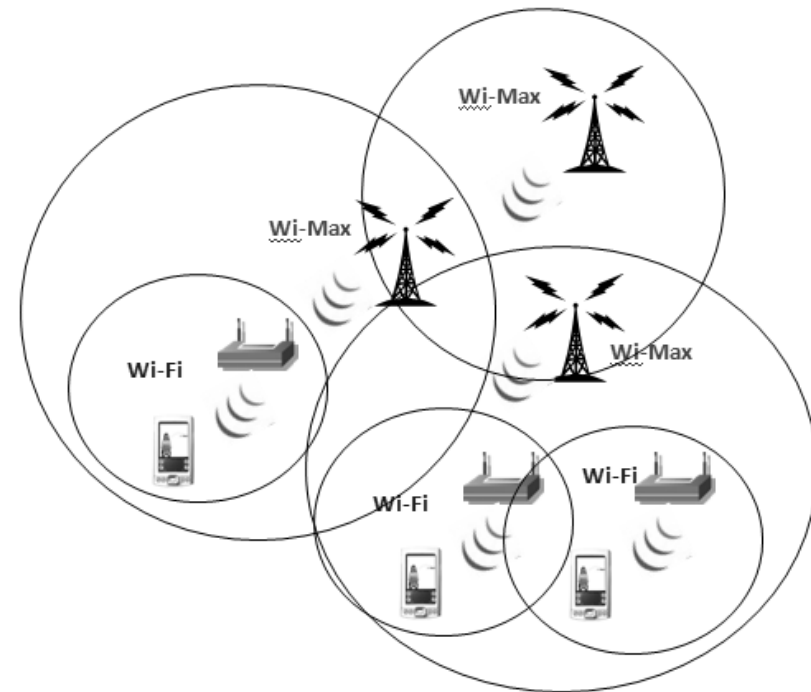
- Споделени планове за данни на мобилните оператори, които да насърчават повече абонати да се възползват от 3G / 4G услуги на своите таблети
- Нови Wi-Fi стандарти като:
 - IEEE 802.11u (реализация 8 май 2012г.) за hotspot 2.0 (познат още като HS2 или Wi-Fi Certified Passpoint), който позволява безпроблемен и сигурен роуминг,
 - IEEE 802.11ac, които ще осигурят >1Gbps скорост
- Бизнес модели, свързани с Wi-Fi, които вече дават възможност на операторите да диференцират своите предложения за услуги

Хетерогенни безжични мрежи в глобален аспект

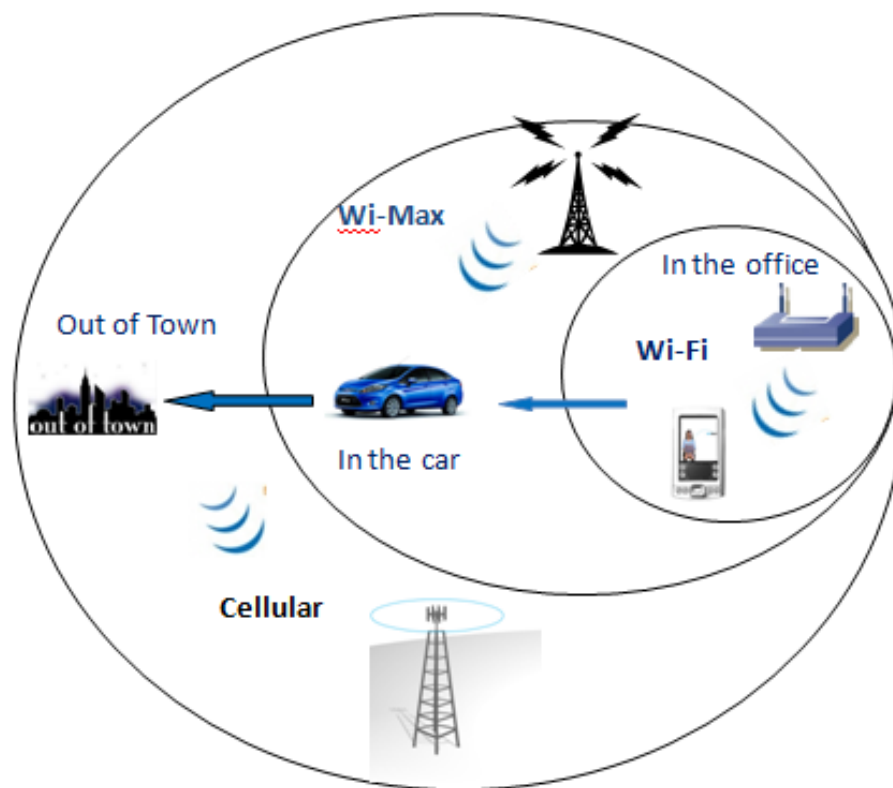
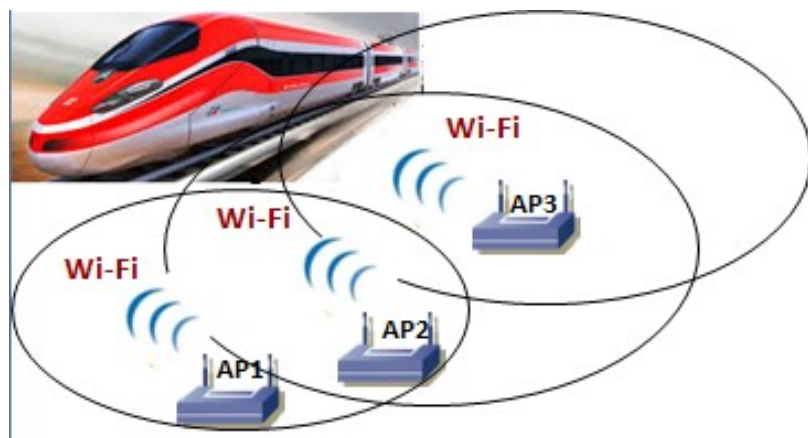
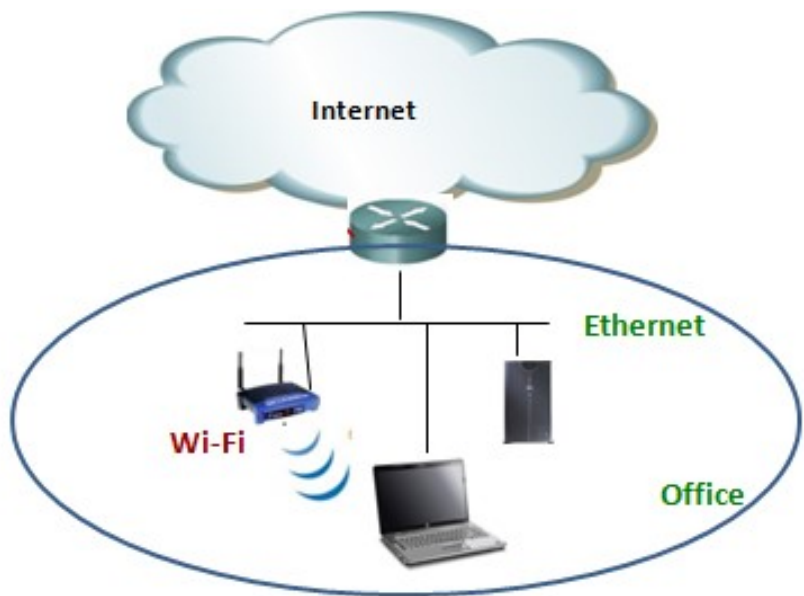
- за наблюдение на границите на държавата
- при трансгранично преследване на престъпници
- при съвместни операции, които се провеждат на територията на други държави при извънредни ситуации, изискващи подкрепа от екипи на пожарна, военни, медицински екипи от други държави, които се нуждаят от непрекъснатата връзка с центъра за управление, намиращ се в изпращащата страна

Хетерогенни безжични мрежи в локален аспект

Минимизиране на разходите чрез
използване на VoIP в налична WiFi мрежа
вместо клетъчна комуникация и лесното
преминаване от едната към другата без
прекъсване на разговора

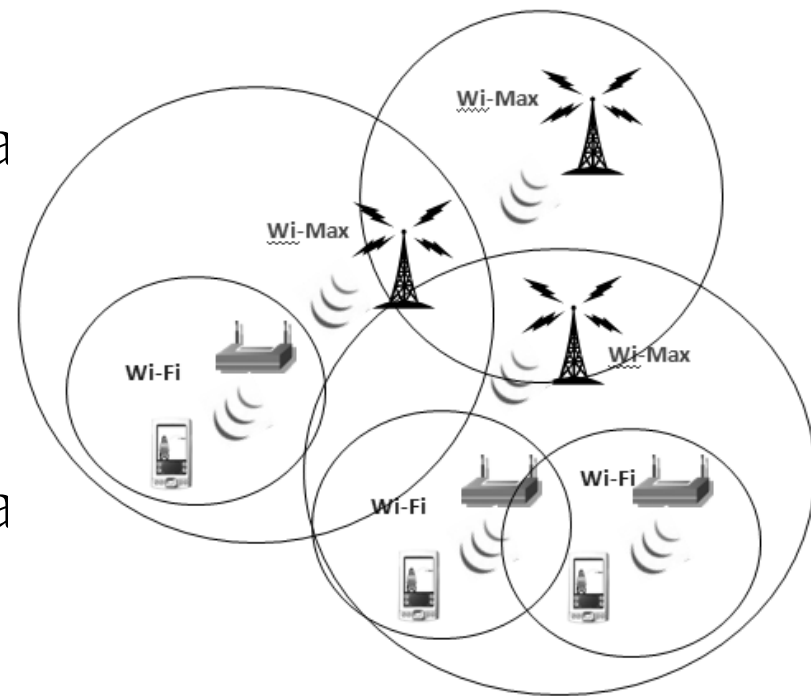


Възможни хетерогенни сценарии



Сценарии на използване на хетерогенни мрежи

- Комуникация между устройства в WiFi мрежи без покриване на области;
- Комуникация между устройства в WiFi мрежи с покриване на част от областите, като устройствата се намират в припокриващата се област;
- Комуникация между устройства в WiFi мрежи с покриване на част от областите, като устройствата се намират в неприпокриващите се области.



Критерии за QoS на мрежата

- Производителност
 - Зависи от елементите на мрежата
 - Измерва се със **закъснение** и **реална пропускателна способност**
- Надеждност
 - Ниво на грешките на мрежовите компоненти
 - Измерва се с **достъпност** и **устойчивост**
- Сигурност
 - Защита на данните срещу **повреждане на целостта им** или **загуба на данни**, причинени от :
 - Грешки
 - Зловредни потребители

Хетерогенни безжични мрежи

IEEE 802.21 - конвергенция на различни видове безжични технологии - Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, LTE...

Но... постигането на мобилност между различните решения е за сметка на ограничени QoS гаранции по време на предаване:

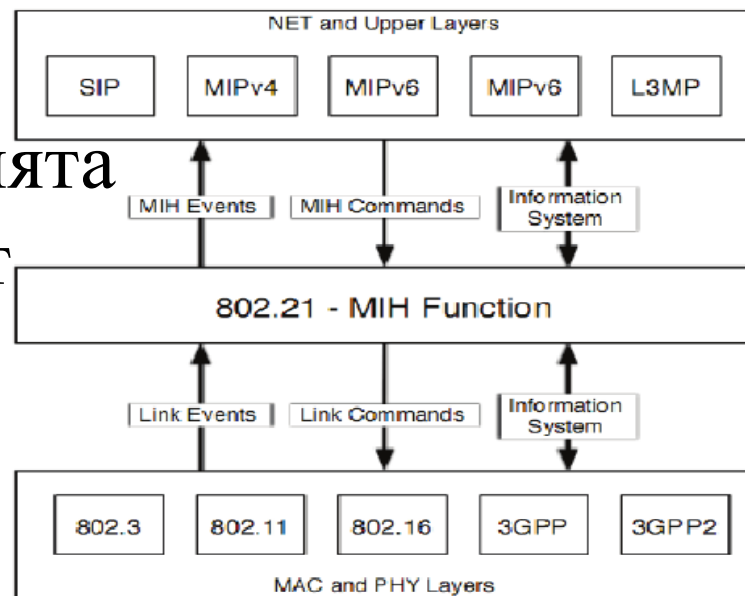
- допуска се прекъсване на трафика на потребителите;
- има значителна латентност, както и твърде много по обем съобщения за сигнализация;
- заделя се значително време за обработка на служебна информация, както и значителни ресурси и закъснения при установяването на маршрутите;
- получава се твърде висок процент загуба на пакети.

Проблем със спектралната съвместимост

- Взаимна интерференция между технологиите DSSS и FHSS:
 - работещи на честоти 2,4GHz (IEEE 802.15.1 Bluetooth, IEEE 802.11 b/g/n) ,
 - работещи на честоти 5GHz (UWB с IEEE 802.11a)
- Решения :
 - Използване на нелицензирани честоти от ISM 5,8 GHz
 - стандарт IEEE 802.15.1 изисква преди предаване проверка дали честотите са заети
 - технология Ultra Wide Band (UWB)-за IEEE 802.15.4 (стандарт за ZigBee (2007г.), ISA100.11a(2009г.), WirelessHART(2007г.), MiWi(2008г.)) честотата на IEEE 802.11 b/g е “бял шум”, а в IEEE 802.11 b/g честотата на IEEE 802.15.4 е “теснолентова намеса”
 - IEEE 802.16 WiMAX – не се ограничава само в тези честоти - U-NII предоставя лента около 300 MHz и 12 канала, с разстояние на разпръскване 46-56km
 - Внедряване на smart антени

Проблем с превключване (хендовър) и роуминг

- Без да се прекъсва комуникацията по връзката да се преминава от една технология в друга



- Решения:
 - Разработка на нови потребителски устройства, които да работят с различни стандарти и протоколи
 - Стандарт IEEE 802.21- осигурява създаване на Media Independent Handover Function -MIHF

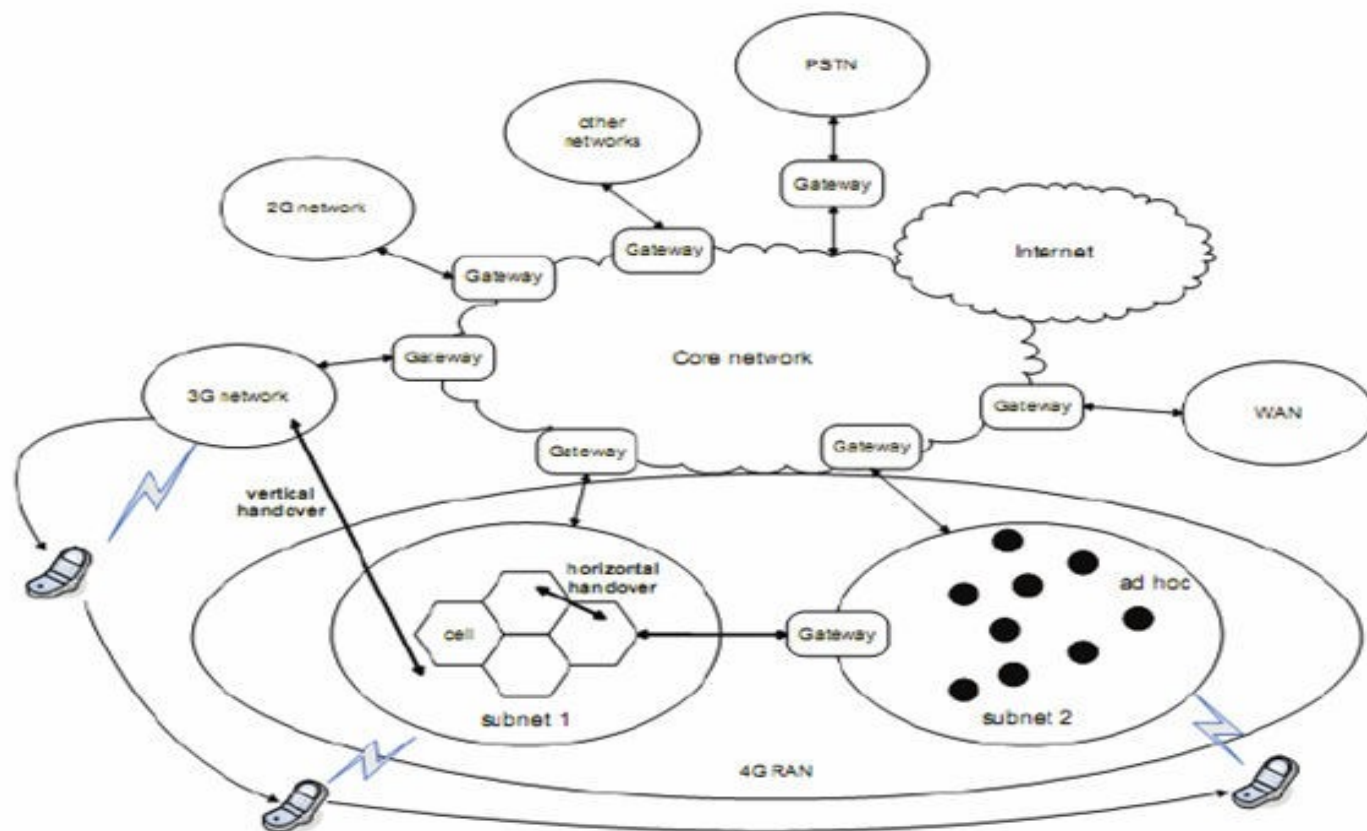
Решение - IEEE 802.16.3

IEEE 802.16.3 „Architecture and Requirements for Mobile Broadband Network Performance Measurements”, Rev. 3, 2014-03-27

Задачи на стандарта:

- Да се оцени състоянието на наличните решения, достъпни в публичното пространство.
- Да се изгради абстрактен модел за характеризиране на протоколните взаимодействия в хетерогенни мрежи.
- Да се създадат аналитични модели за оценяване на QoS параметри като латентност, загуби на пакети, разпадане на връзка поради вероятност от блокиране при преход от една мрежа в друга.
- Да се дефинират реалистични сценарии за ползване на хетерогенни мрежи и се оценят QoS параметри за съществуващите на пазара оборудвания.

Принцип на работа на хендовър



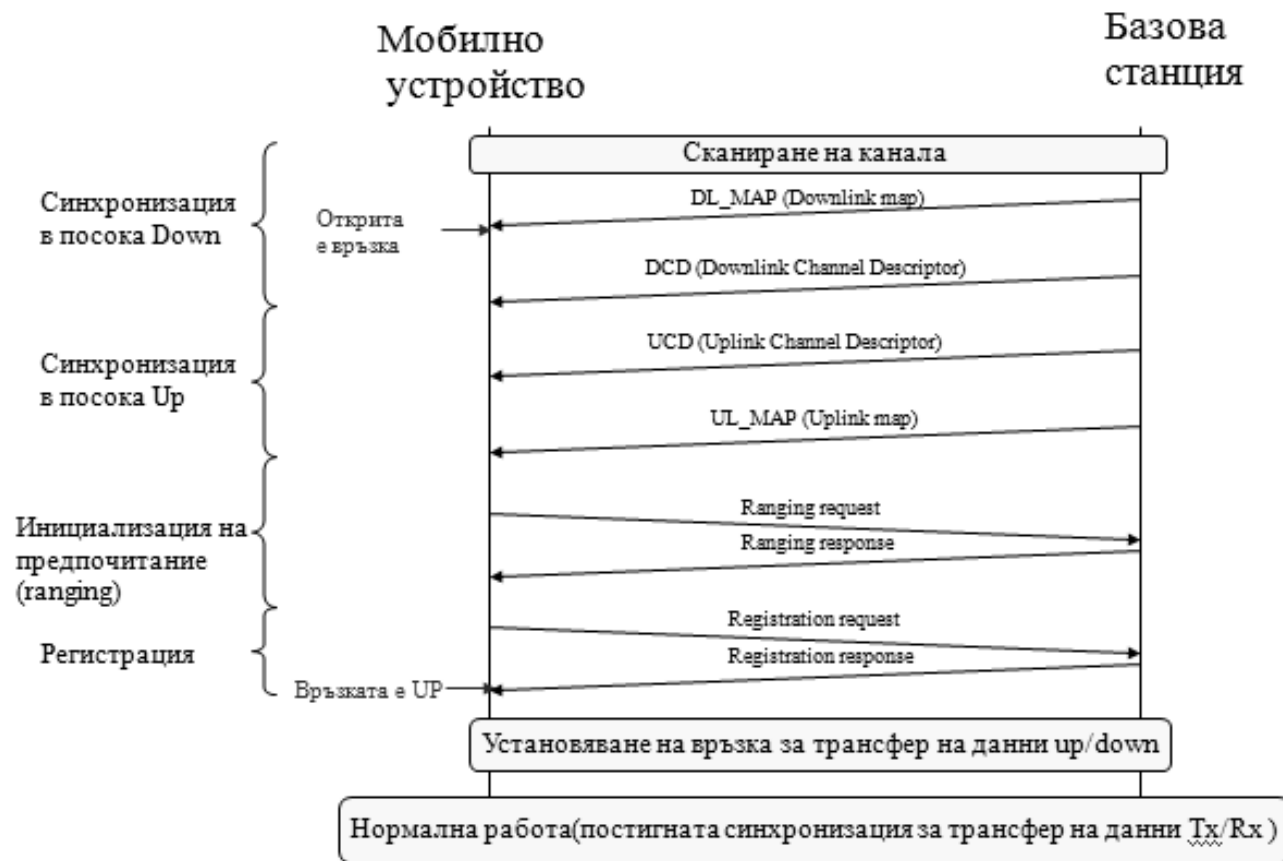
- Вертикален хендовър – автоматично превключва от една технология на друга в точка, през която се осъществява услугата (зависи от протокола Mobile IP)
- Хоризонтален хендовър – автоматично превключване между еднотипни точки за достъп с еднаква технология

Принцип на работа на хендовър

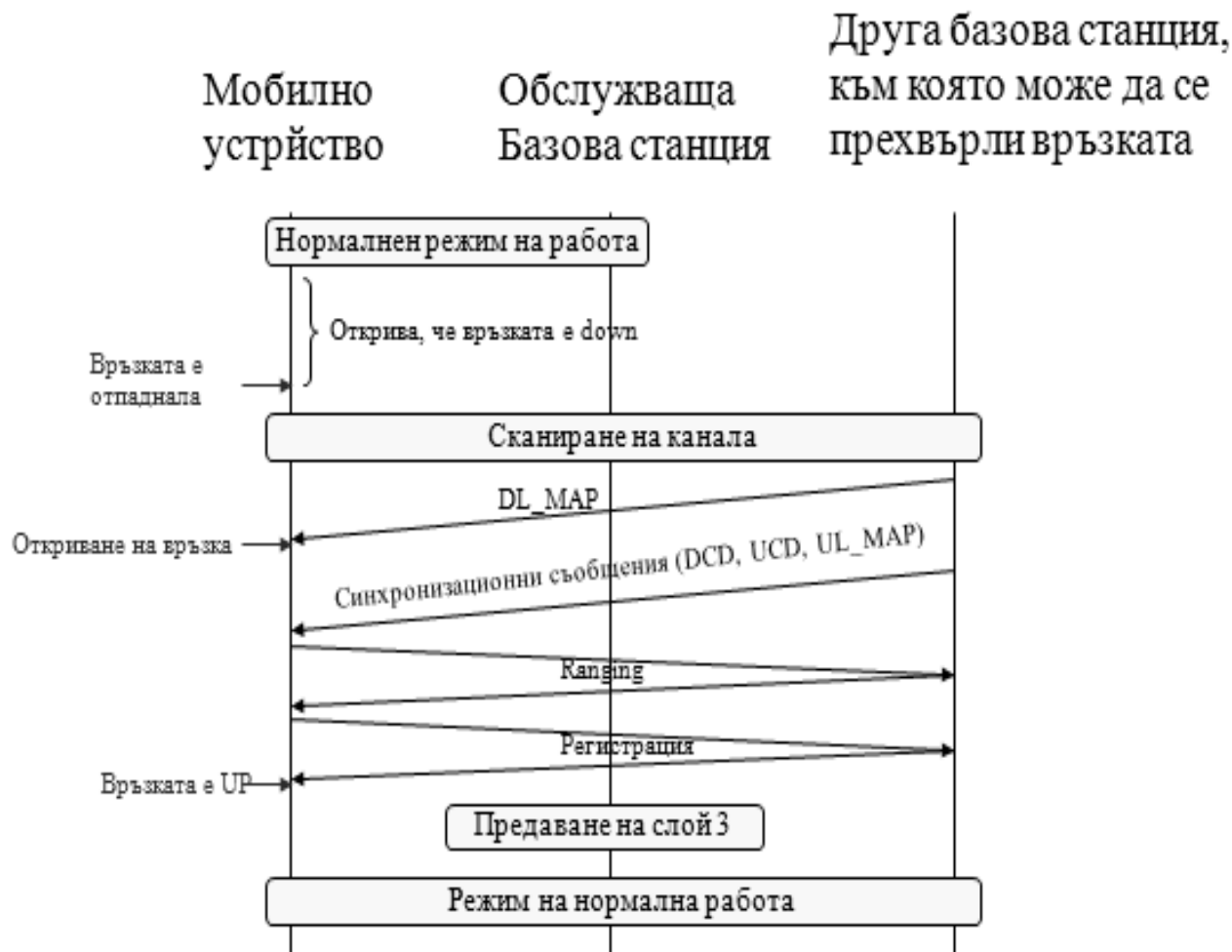
- Хоризонтален хендовър се реализира от самата технология без помощта на IP или MHN. Например, VoIP, предаван между Wi-Fi телефон и Wi-Fi AP, може да се предаде в друга Wi-Fi AP в същата мрежа по IEEE 802.11f и 802.11r.
- Ако е необходимо предаване от Wi-Fi AP на корпоративната мрежа към обществена Wi-Fi AP се ползват MHN функции, защото те не си комуникират на канално ниво и са в различни подмрежи.
- Ако се осъществява обмен между различни технологии MHN подпомага хендовъра с предаване на съобщения между тях с IP протокол.



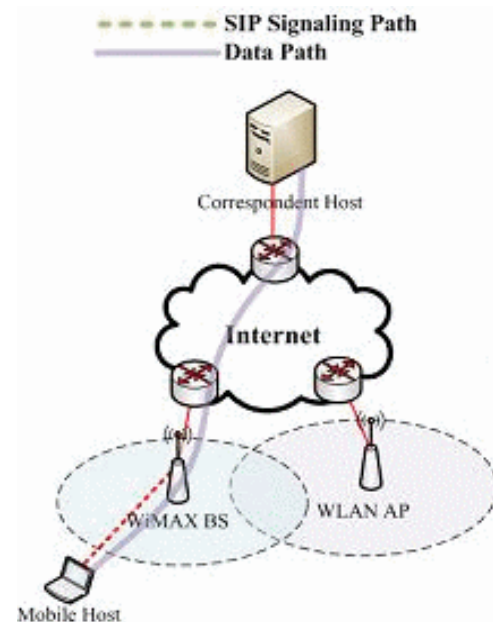
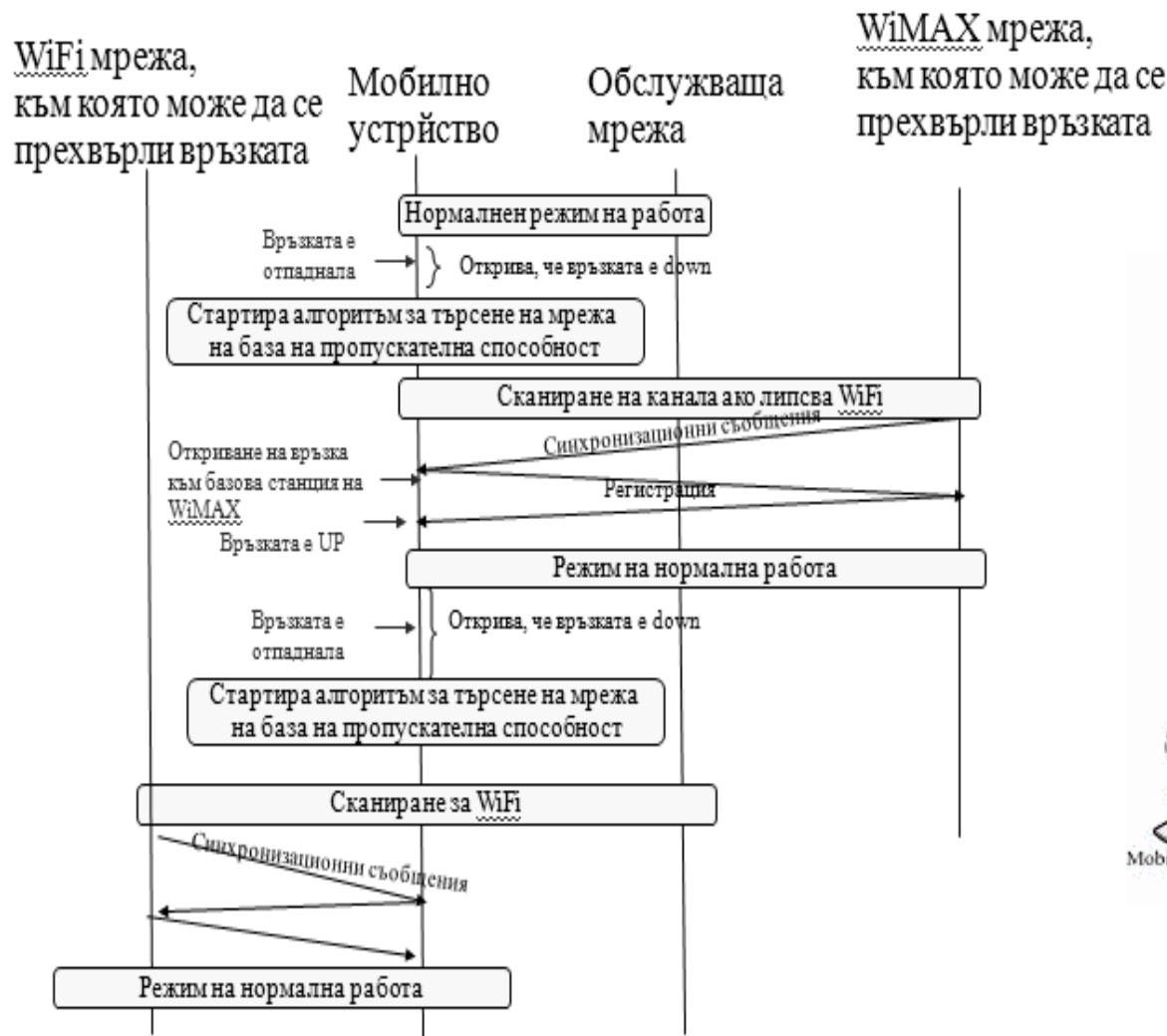
Създаване на връзка към Базова станция при WiMAX



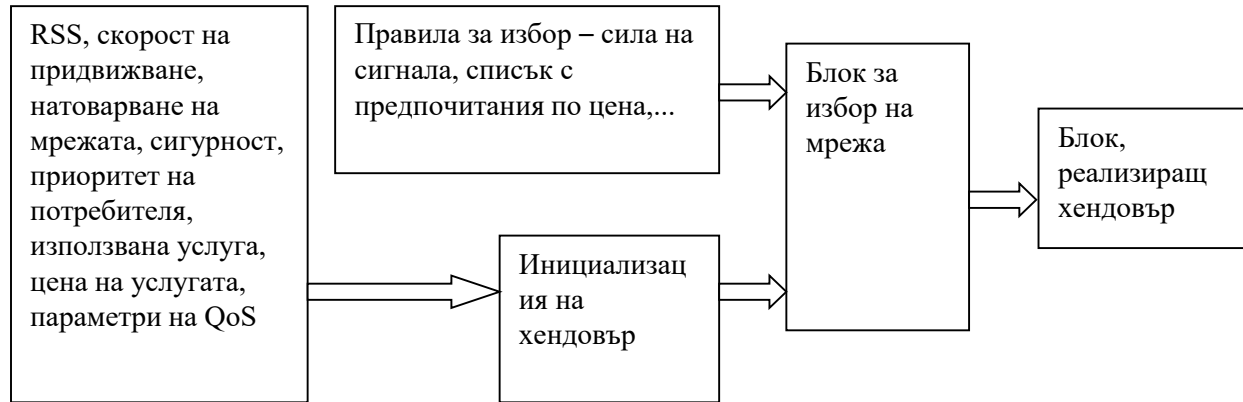
Хоризонтален хендовър в WiMAX мрежа- обмяна на съобщения



Вертикален хендовър в WiMAX-WiFi мрежа- обмяна на съобщения



Функционална схема на вертикален хендовър



- Избор на мрежа:

$$\max f(x_{mn}, r_{mn}, G_m)$$

- При условия:

$$\sum_{0 \leq m \leq M} x_{mn} = 1 \text{ при } n = 1, 2, \dots, N;$$

$$x_{mn} \in \{0, 1\} \text{ при } m = 1, 2, \dots, M \text{ и } n = 1, 2, \dots, N;$$

$$r_{mn} = \begin{cases} r_{mn}^{\text{Req}}, & \sum_{0 \leq n \leq N} r_{mn} * x_{mn} \leq G_m \\ g_{mn}(v_m : G_m : N_m), & \sum_{0 \leq n \leq N} r_{mn} * x_{mn} > G_m \end{cases}$$

G_m - ограничен радиоресурс;

r_{mn} - потребител n е разпределен в мрежа m , използва ресурс;

$x_{mn} = 1$ ако абонат n е разпределен в мрежа m , а иначе $x_{mn} = 0$

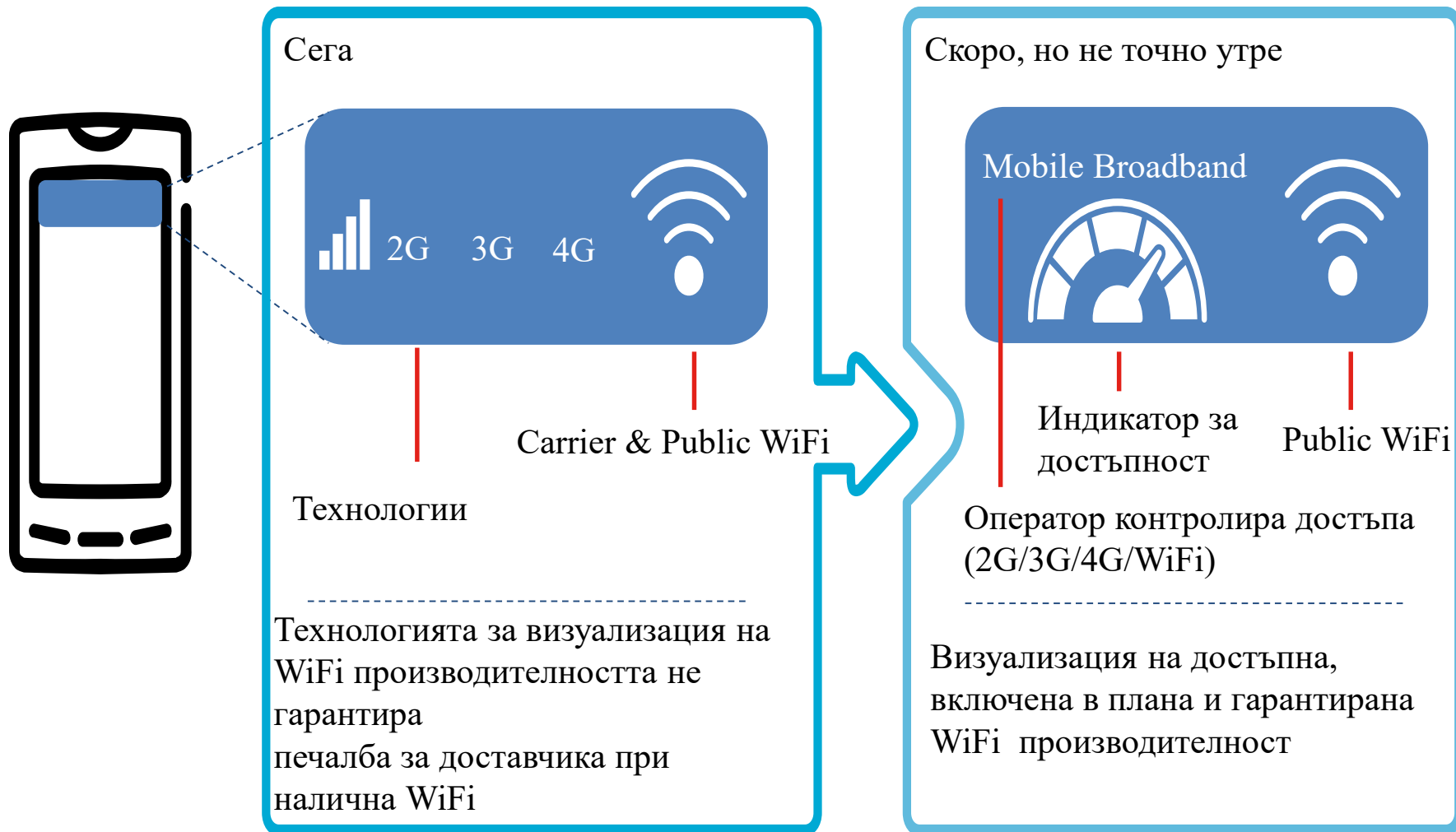
Параметри

Таблица 1. Параметри при включване в мрежата

Стъпки	Параметри на слой 2	Закъснение
Синхронизация на връзките - down и up	<ul style="list-style-type: none">- DCD интервал- UCD интервал	0.2-10 s
Инициализация	<ul style="list-style-type: none">- Backoff window size- Брой на опитите в един кадър	0.005-0.110 s
Регистрация	<ul style="list-style-type: none">- опити за разпределяне на преноса	0.005-0.080 s

За да се ускори комуникацията и се минимизира вероятността от блокирането ѝ при преход към друга мрежа, се налага да се намалят времената за синхронизация на връзките в двете посоки – от мобилното устройство към базовата станция и обратно. Това ще наложи модификация на съобщенията за синхронизация в традиционния модел на комуникация в хетерогенна мрежа.

Wi-Fi е интегрирана в мобилните устройства- да се създаде Client-Based Handover

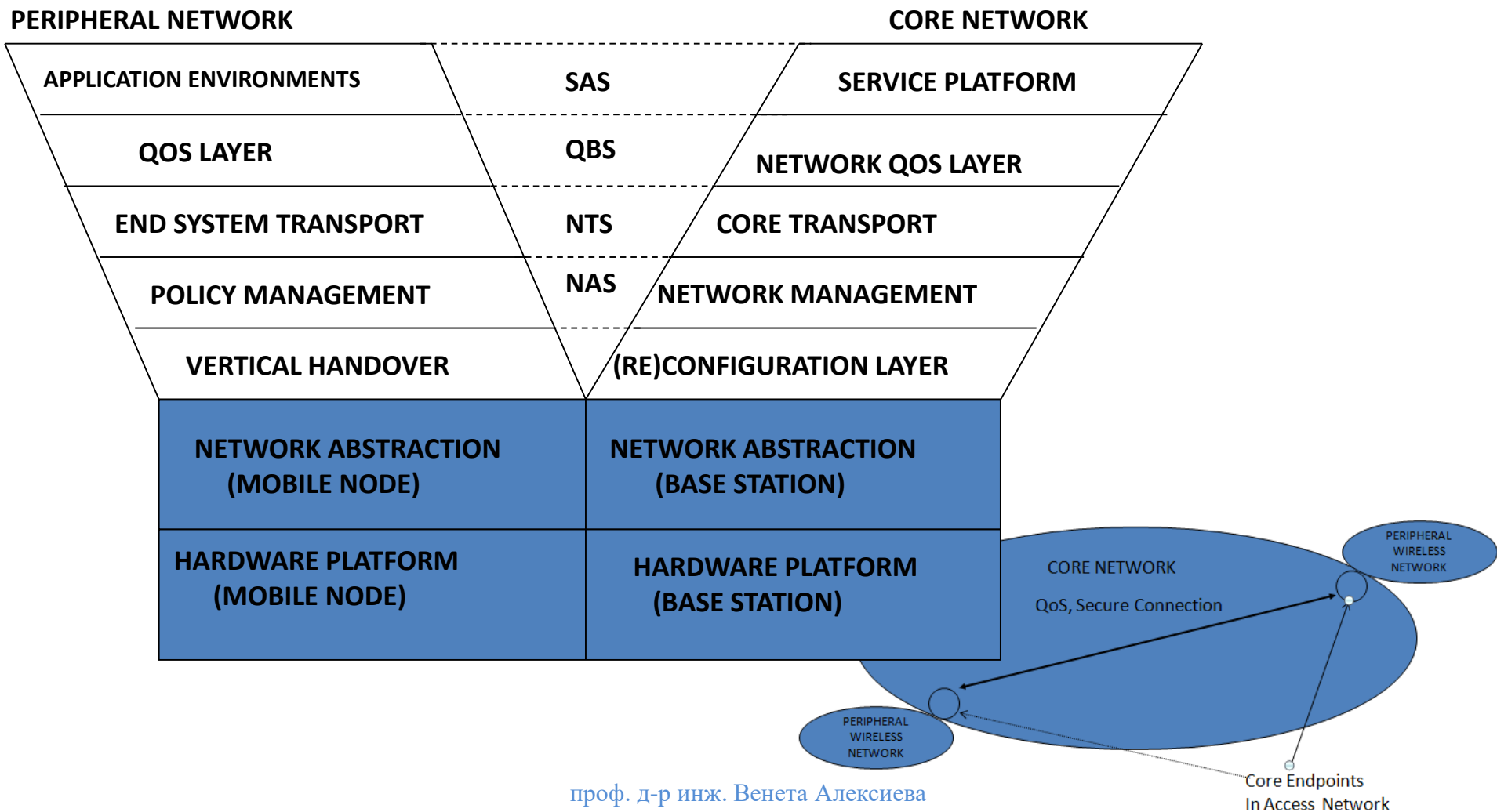


Client-Based Handover – реализира се от хетерогенното устройство

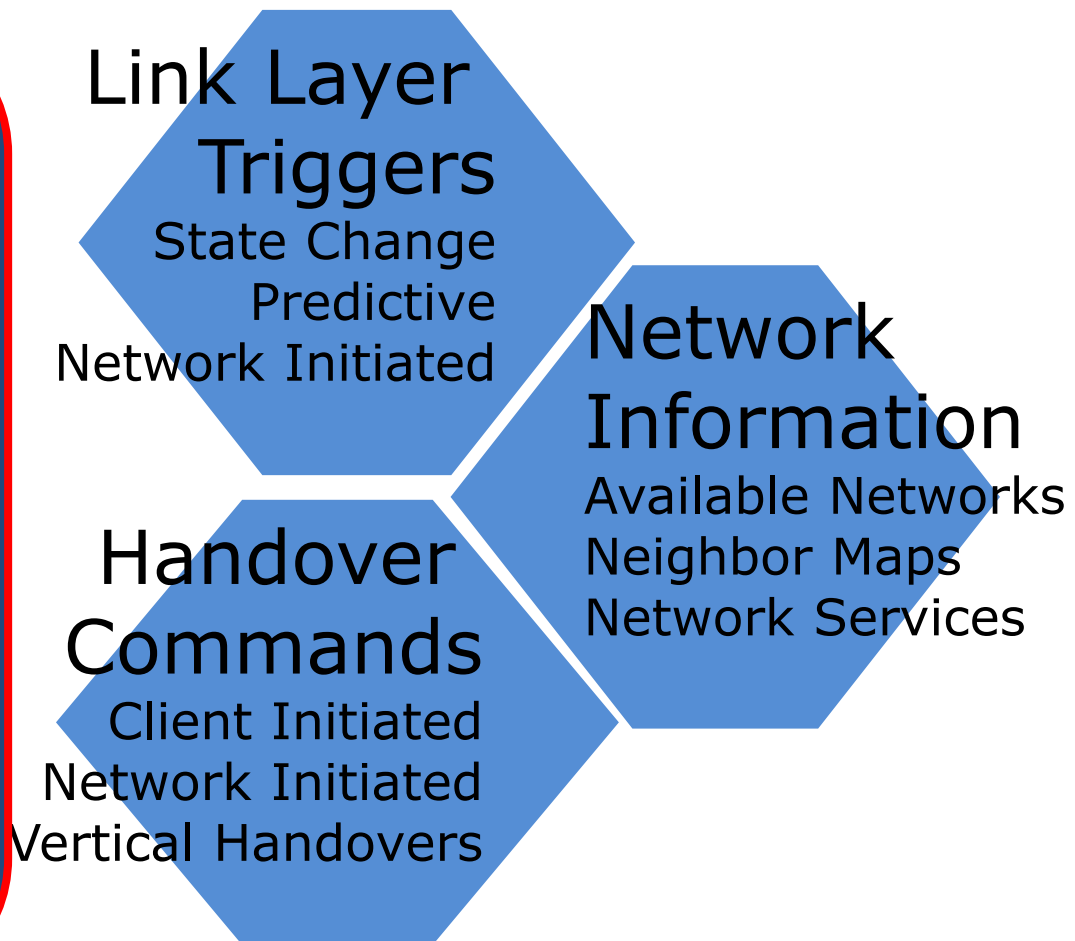
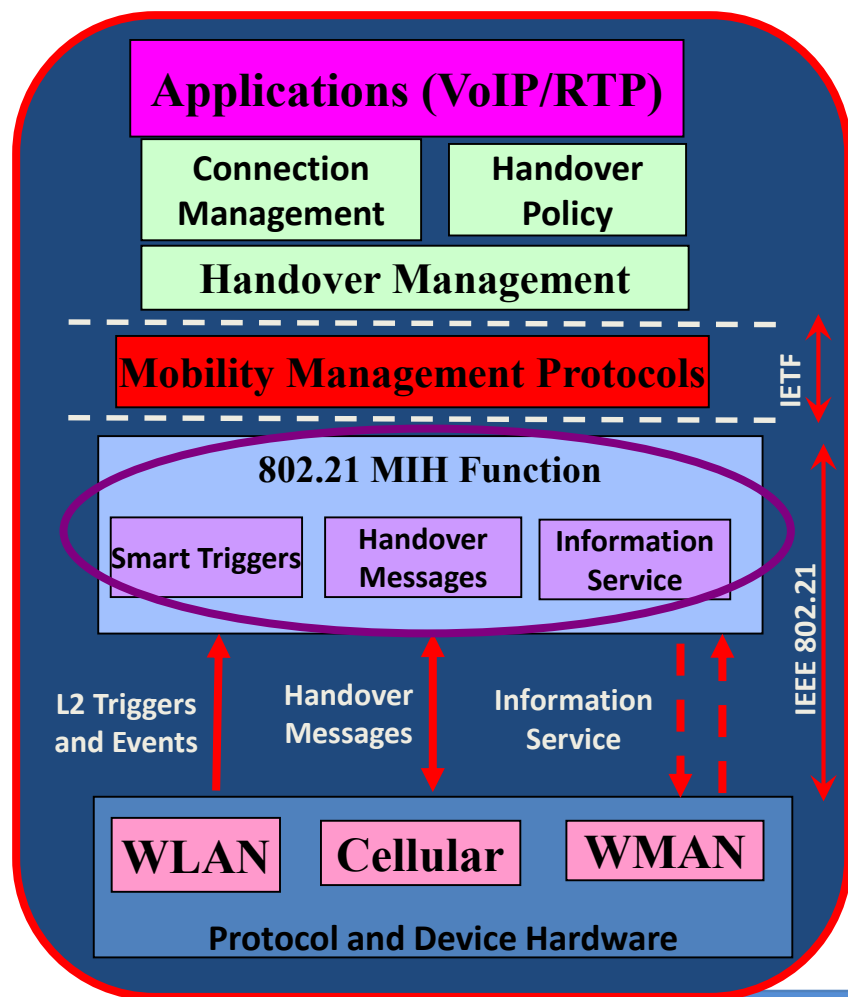
- Устройството разполага с повече от един безжичен интерфейс.
- Вертикално предаване - превключване между различни мрежови интерфейси за осигуряване на безпроблемна връзка
- Проблем с QoS, защото различните безжични мрежи имат различно качество на обслужване – отразява се на някои приложения
- Цел – да се контролират интерфейсите с механизъм, заложен в устройството

Идеята на Middlesex University и University of Cambridge – създаване на Y-Comm Framework

Network Architecture Security (NAS)
Network Transport Security (NTS)
QoS Based Security (QBS)
Service and Application Security (SAS)



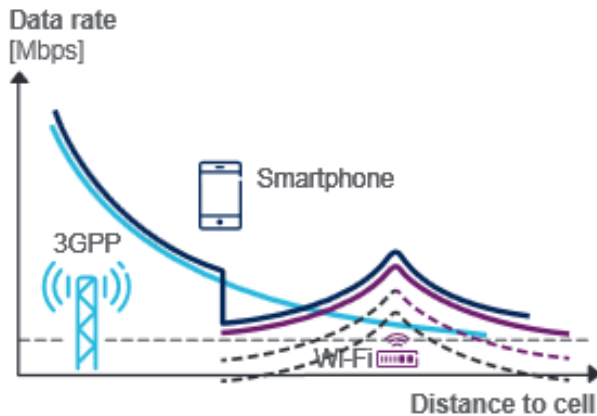
Идеята е в стандарта 802.21



**802.21 използва няколко услуги,
за да оптимизира вертикалния хендовър**

Варианти “Client-Based Handover ”

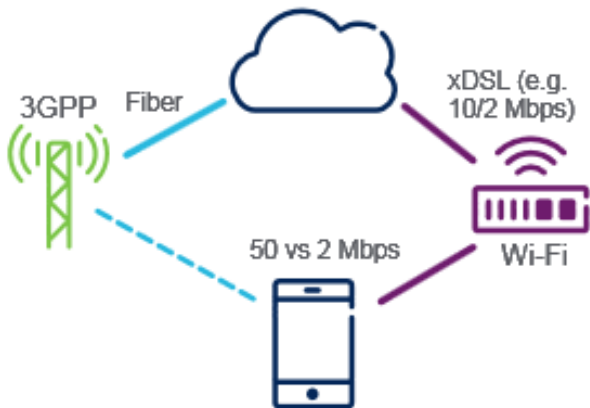
Reaching



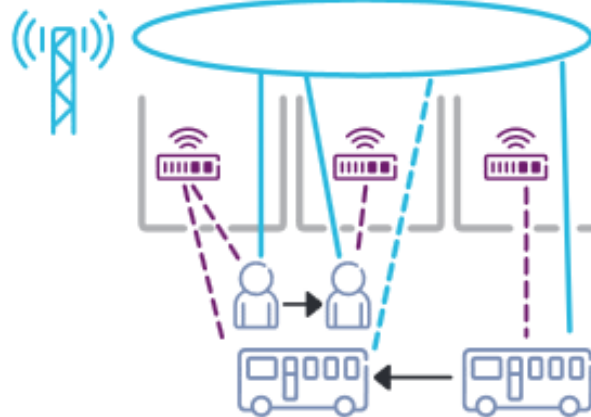
Unhealthy choices



Dribbling

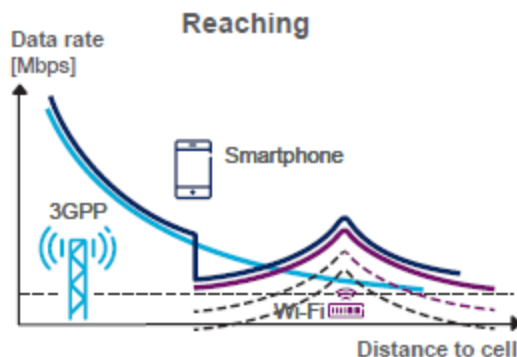
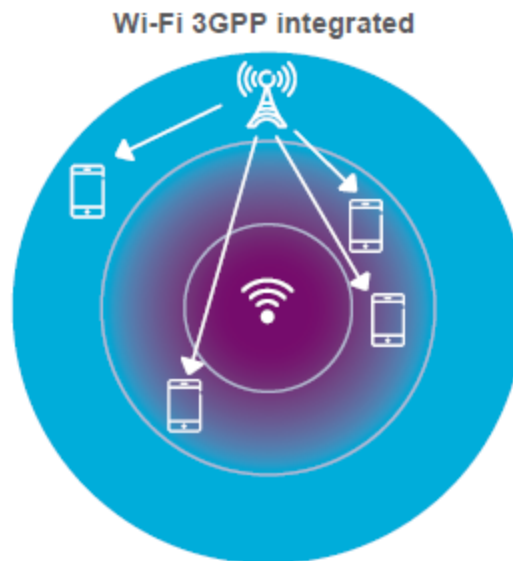
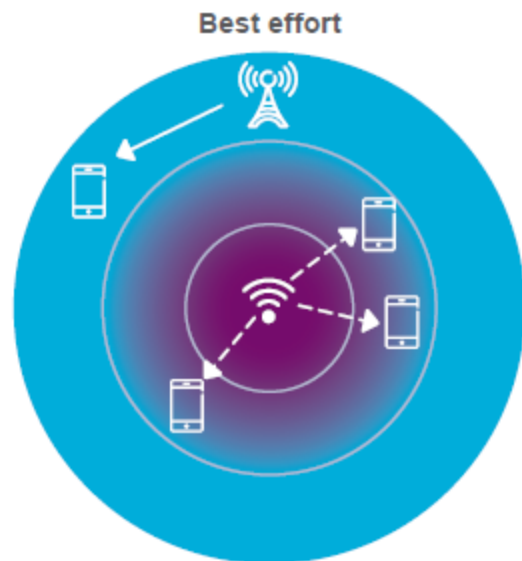


Ping Pong



- **Достижимост** – да се свързва, когато е в обхват на мрежа
- **Нездравословен избор** – да се избере WiFi дори ако 3G/4G мрежите са свободни
- **Дрибъл** – използва пренос с по-ниска скорост
- **Пинг-понг**- връзка WiFi към WiFi

Достижимост



Access selection or
real-time traffic steering

- При best effort се свързват винаги с Wi-Fi,
- При Wi-Fi 3GPP интегрирана мрежа се в реално време се прави избор на технология, за да достави най-доброто QoS на потребителя

Дрибъл

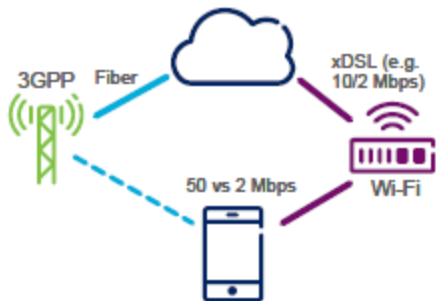
Best effort



Wi-Fi 3GPP integrated



Dribbling

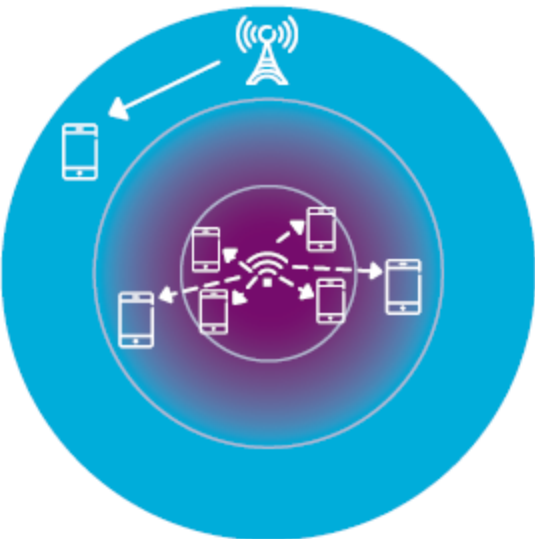


Real-time traffic steering

- При best effort се свързват винаги с Wi-Fi,
- При Wi-Fi 3GPP интегрирана мрежа се прави балансирано редуване на избор на технология, за да достави най-доброто QoS на потребителя

Нездравословен избор

Best effort



Wi-Fi 3GPP integrated



Unhealthy choices

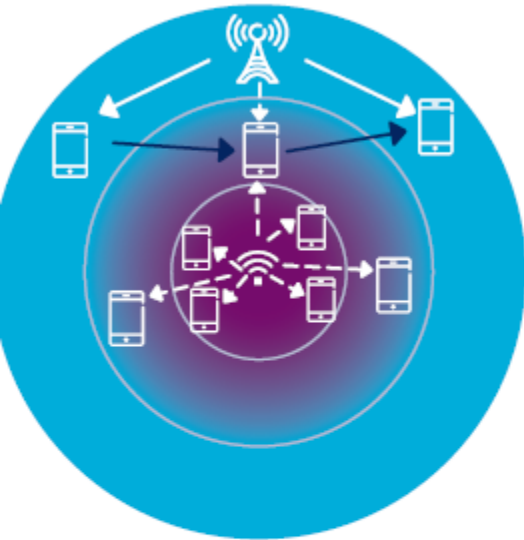


Real-time traffic steering

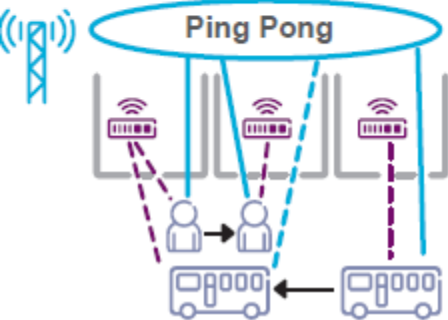
- При best effort се свързват винаги с Wi-Fi, дори да е на границата на обхвата
- При Wi-Fi 3GPP интегрирана мрежа се прави избор на технология според качеството на сигнала, за да достави най-доброто QoS на потребителя

Пинг-понг

Best effort



Wi-Fi 3GPP integrated



Real-time traffic steering

- При best effort се свързват ту с една , ту с друга точка за достъп и QoS на сигнала се променя
- При Wi-Fi 3GPP интегрирана мрежа потребителя получава непрекъснатата връзка с постоянно качеството на сигнала

Дуплексни технологии

- **FDD**

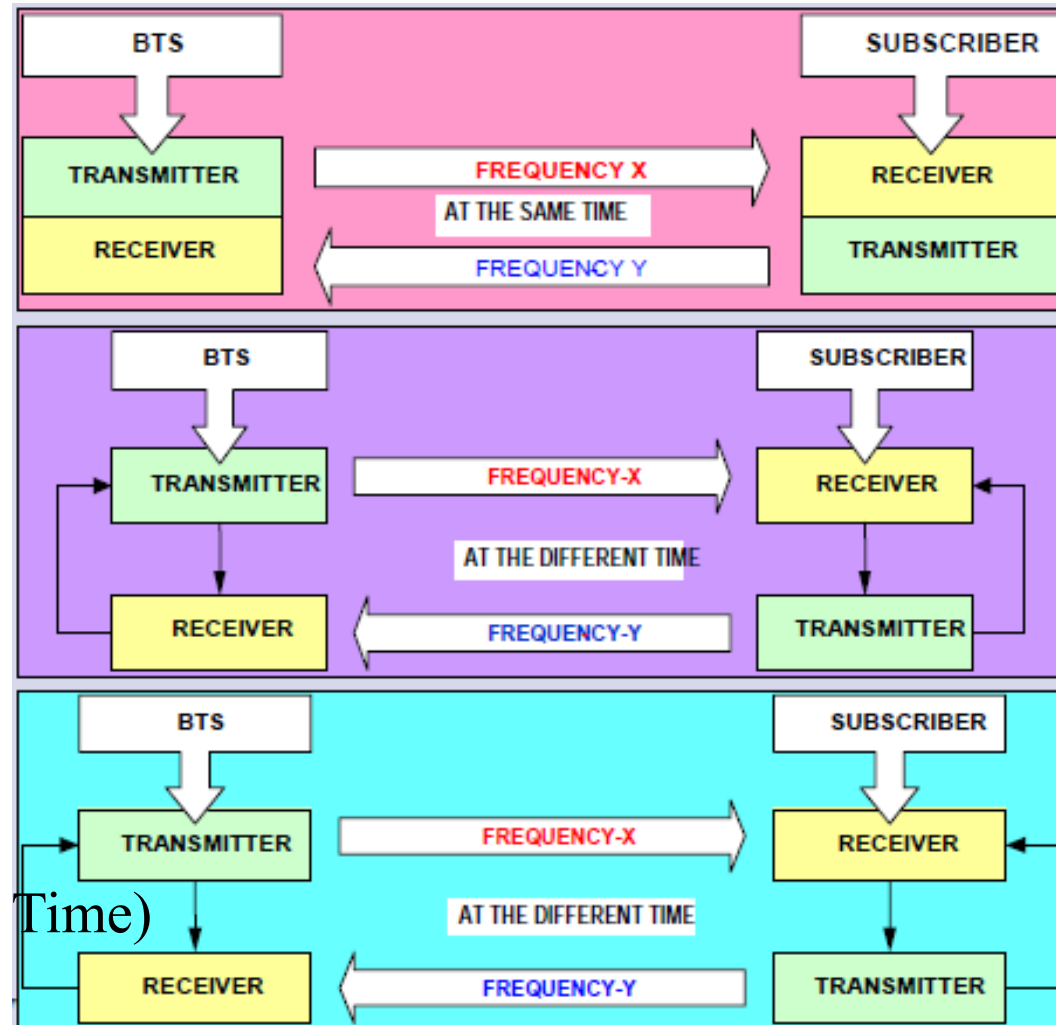
- Dual Polarization Antenna
(Different UL/DL Freq)
- Better Noise Floor
- Inefficient Spectrum

- **TDD**

- Single Polarization Antenna
(The same UL/DL Freq)
- 3dB worse Noise Floor
- efficient Spectrum

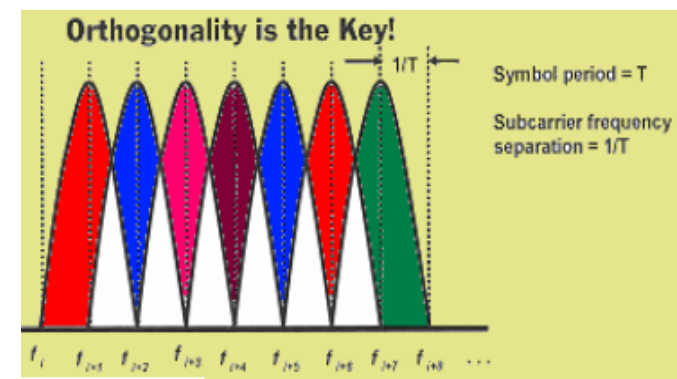
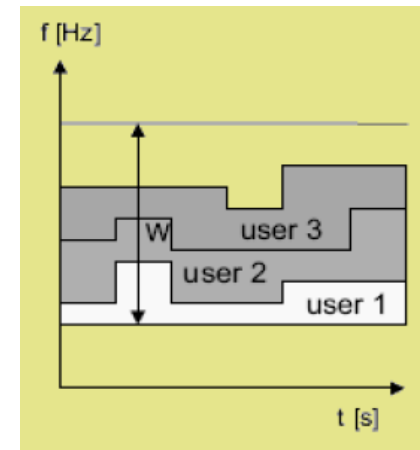
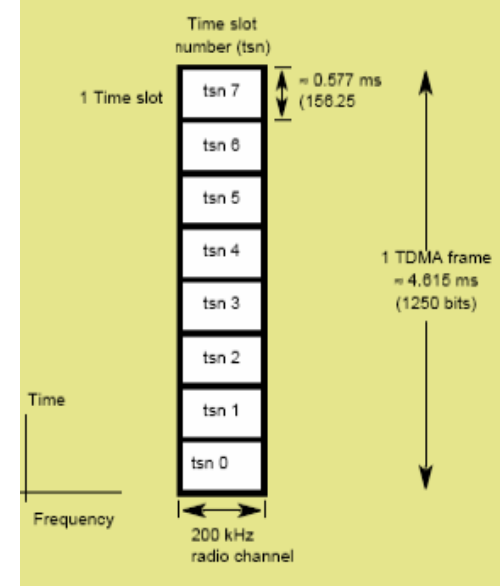
- **Half-FDD**

- Single Polarization Antenna.
(Different UL/DL Freq at Different Time)
- 3dB worse Noise Floor
- efficient Spectrum



Физически слой- разлика в ТЕХНОЛОГИИТЕ

- TDMA (GSM)
 - 200 KHz Radio Channel
 - Combine up to 24 Radio
 - Channels per cell
 - Modulation: GMSK
 - (Voice & GPRS) and 8-PSK (EDGE)
- CDMA (CDMA)
- WCDMA(3G)
 - 5 MHz Radio Channel for W-CDMA
 - Single Radio Channel per cell
 - Modulation: QPSK(3G) and 16-QAM(3.5G)
- OFDM (WiFi,Pre-WiMAX,WiMAX)
 - 1.25, 3.5, 5, 7, 8.75, 10, 14, 20,25,and 28 MHz Radio Channel
 - Single Radio Channel or Combined Radio Channels per cell
 - Modulation: BPSK,QPSK,16QAM, and 64QAM



Хибридни WiMAX/LTE схеми?

- На теория би било хубаво да се разработи един чип, в които WiMAX и LTE ще използват техническите възможности на общи блокове, за да се намали крайната цена на продукта.
- За съжаление, FDD LTE архитектура е твърде различна от тази на WiMAX.
- От технологична гледна точка реализация за 1.25 до 20-MHz честотен диапазон е с различни системни профили:
 - за LTE- 1.25, 1.4, 2.5, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
 - за WiMAX- 1.25, 2.5, 5, 10, 20 MHz
- На пазара в момента има специализирани решения, а не хибридни устройства. Това означава вграждане на 2 отделни схеми за WiMAX и LTE.

Фактори за успех на LTE или WiMAX

- Ефективността на бизнес модела, който телекомуникационната компания следва;
- Икономическите показатели, касаещи внедряването;
- Предоставяните от технологията възможности;
- Потребителското очакване за QoS на предлаганите услуги;
- Гарантирането на това QoS от страна на доставчиците на услугата.
- Влияние оказват и производителите на оборудване. Въпреки факта, че производителите се ориентират към хибридни мрежи WiMAX/LTE, за да осигурят няколко 4G технологии с перспективата за сливането им в бъдеще в LTE-Advanced, WiMAX не е отмираща технология.

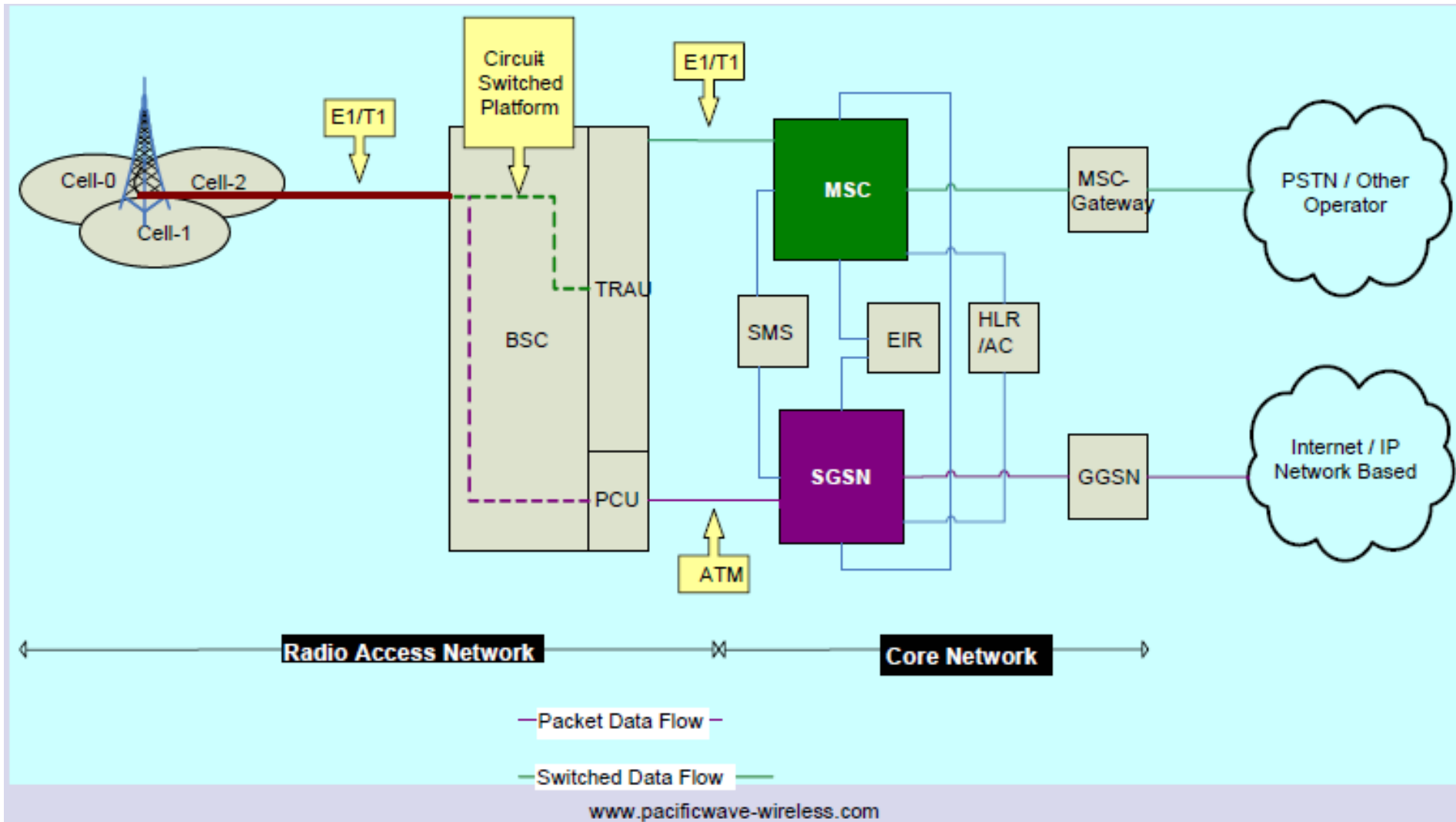
Характеристики на WiMAX и LTE

Параметър	LTE	WiMAX
Duplex	FDD и TDD	
Честота	2GHz	2,5GHz
Down Link	OFDMA	
Up Link	SC-OFDMA	OFDMA
Размер на кадъра	1ms	5ms
hybrid ARQ	Incremental Redundancy	Chase combining
Поддържа мобилност	До 250км/ч	До 500км/ч
Анени на базовите станции	DL:2x2,2x4,4x2,4x4 UL:1x2,1x4,2x2,2x4	
Широчина на канала	2x20MHz с различни системни профили	
Пикова скорост при DL/UL	326Mbps/ 86Mbps	до 277Mbps
Модулация	64QAM-5/6	

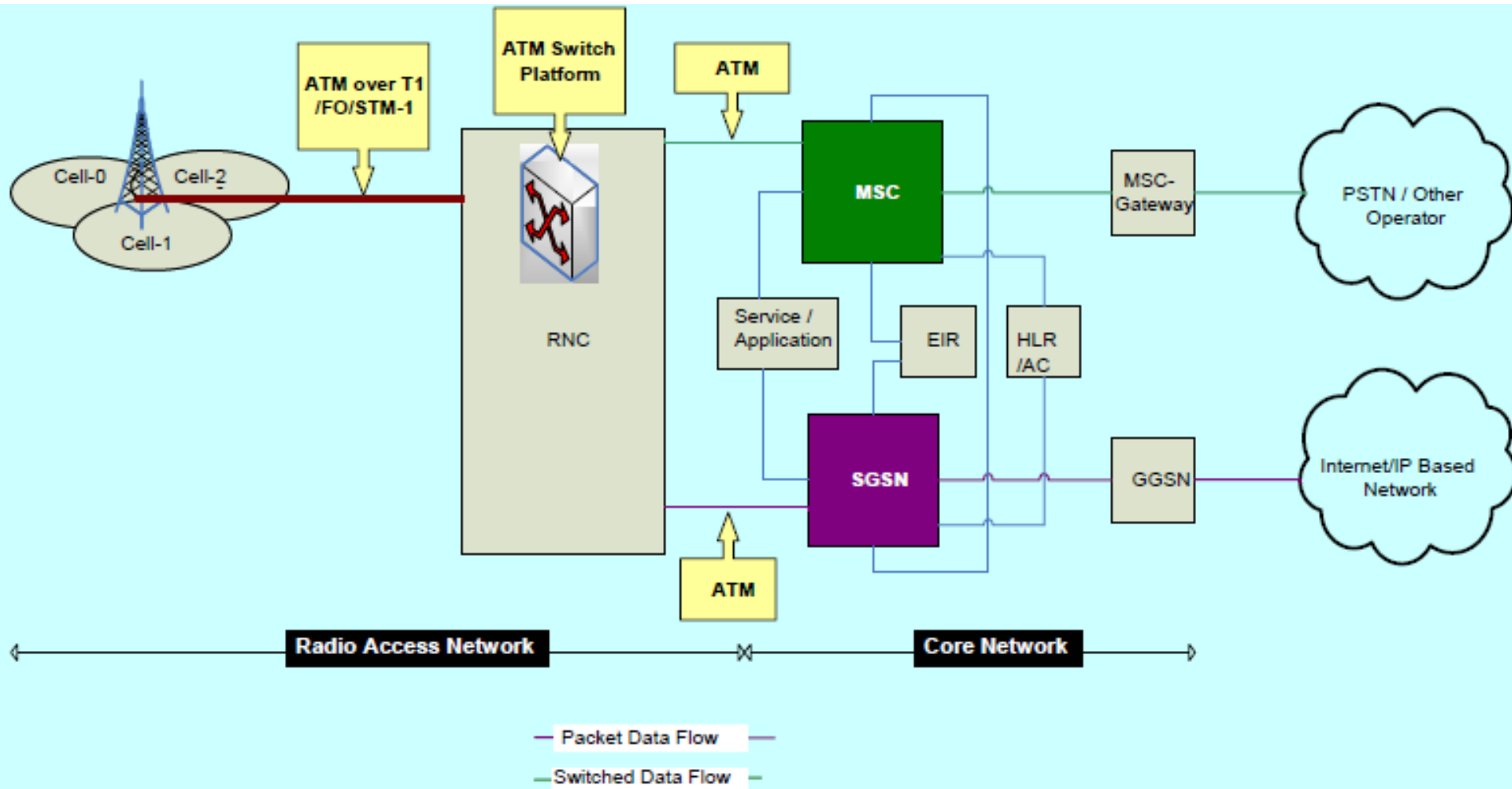
Сравнение на WiMAX и LTE

- LTE и WiMAX са сходни по:
 - цената на услугата,
 - скоростта
 - (За тестване на тези технологии може да се ползва симулатор Radio Channel Fading Simulators . Резултатите показват, че скоростите за трансфер са малко по-високи при LTE, но разликата не е толкова значителна.)
 - лекотата на употреба.
- Настройката е лесна и за двете технологии.
- Достъпността на предлаганата услуга за съответния географски регион на ползване.
 - С увеличаване на потребителите в един и същи район, забавянето на трансфера на данни се увеличава чувствително и при двете технологии, но забавянето при LTE е по-съществено.

GSM архитектура- 2G



GSM архитектура- 3G



www.pacificwave-wireless.com

Някои решения за QoS в 4G

За наблюдение:

- Mobixell Seamless Access 5
- Harmony's Layer 8 HTTP injection, Analytics

За управление:

- Tranzeo Wireless Technologies Inc.
 - Чрез диспечер се класифицират всички входящи пакети в различните връзки - например VoIP е за UGS, MPEG – за rtPS, докато FTP, TFTP, HTTP – за nrtPS, а e-mail – за BE.
- R.Mardeni 2010г. предлага емпиричен модел на канала
 - На база на работната честота, височината на излъчвателната антена на базовата станция и на антените на приемните устройства и разстоянието между тях се изчислява вероятността за загуба на път.
 - Не се отчита обаче разпределянето на трафика в класове, а се използва основно разделяне на VoIP и данни, без да се отчита приоритет между различните видове даннов трафик.

Въпроси ?

Благодаря за вниманието !

За справка:

- Draft of IEEE P802.16.3 Architecture and Requirements for Mobile Broadband Network Performance Measurements,
https://mentor.ieee.org/802.16/documents?is_group=03R0, 05.08.2014
- IEEE802.16m-2011 , <http://www.ieee802.org/16/tgm/>
- IEEE 802.21, <http://www.ieee802.org/21/>
- <http://masters.donntu.edu.ua/2013/fkita/grishaeva/diss/index.htm>
- <http://pro3gsm.com/arhitektura-seti-lte/>
- <http://whatta-whatta.com/content/lte-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82-%D0%B7%D0%B0-%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%BD-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81-%D0%BD%D0%B0-%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8>

Самопроверка:

1. Какво представляват хетерогенните безжични мрежи?
2. Какви са предимствата и недостатъците на това решение?
3. Каква е разликата между 3G/4G/5G мрежите?
4. Какво е хоризонтален хендовър?
5. Какво е вертикален хендовър?
6. Какви са тенденциите за развитие на тези технологии?
7. Какво е общото и какво различното при WiMAX и LTE?
8. Как се осъществява приоритизация при WiMAX? А при LTE?
9. Каква е разликата на физическия слой при различните технологии?
10. В какво се състои проблемът със спектралната съвместимост?
11. Какво представлява проблемът с достижимостта? А с дрибъла? А пинг-понг? А нездравословен избор?