

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بیرجند

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق-الکترونیک

بهینه سازی شبکه های مخابراتی سیار نسل ۲/۵ به بعد

استاد راهنما:

دکتر سیدحمید ظهیری

استاد مشاور:

دکتر سیدمحمد رضوی

نگارش:

شعبان بازوند

تابستان ۱۳۹۲

## تقدیم

تقدیم به همسر مهربانم که مرا در این راه یاری نمود.

## تشکر و قدردانی

سپاس خدای مهربان را که اندیشه‌ام داد. حمد و ستایش بی‌قیاس خدای را سزااست که از الطاف خود در انسان دمید و او را اشرف مخلوقات خود قرار داد. حال که به لطف او توفیق تحصیل علم و کسب دانش را پیدا نمودم، از خداوند متعال می‌خواهم که قدم‌هایم را در راه خدمت به جامعه استوار گرداند تا بتوانم از آنچه در این سال‌ها آموخته‌ام در مسیر پیشرفت و آبادانی کشور عزیزم استفاده نمایم. در پایان بر خود لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر سید حمید ظهیری استاد مهربانم که با یاری و کمک بسیار مشوق اصلی من در این زمینه بودند صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

شعبان بازوند

تابستان ۱۳۹۲

## چکیده

### بهینه‌سازی شبکه‌های مخابراتی سیار نسل ۲/۵ به بعد

به وسیله‌ی:

شعبان بازوند

در این پایان نامه اصول و نحوه‌ی انجام بهینه‌سازی شبکه‌های مخابرات سیار نسل 2.5 به بعد (و به عنوان یک مصداق شبکه رایتل) بررسی می‌شود. در این راستا، اندیسها، پروتکلها، و سایر ملزومات لازم برای انجام بهینه‌سازی معرفی و مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت. اندیسهای مربوط به کیفیت شبکه از قبیل HSR, TAFR, TCH ERLANG, CSSR, CDR, از مواردی است که برای انجام عمل بهینه‌سازی مد نظر قرار گرفته است.

بیش از ۲۰۰ ساعت انجام آزمایشات میدانی جهت مونتورینگ کیفیت شبکه در نقاط شمال غرب تهران انجام شد.

پس از اعمال پیشنهادات مربوط به بهینه‌سازی (شامل تغییر ارتفاع و زوایای آنتن‌ها) بهبود چشمگیری در کیفیت شبکه مشاهده گردید. به طوریکه به عنوان مثال ترافیک BSC مورد آزمایش به مقدار ۱٪ افزایش داشت.

نتایج جزئی و KPIهای مربوطه در قسمت نتایج بدست آمده در این پایان نامه آمده است.

**کلید واژه‌ها:** بهینه‌سازی شبکه موبایل ، شبکه‌های نسل سوم ، 3G ، تلفن‌های تصویری بی سیم، پیام کوتاه

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

ک	فهرست جدول‌ها	.....
ل	فهرست شکل‌ها	.....
۲	فصل ۱- مقدمه	.....
۳	۱-۱ نسل اول	.....
۴	۲-۱ نسل دوم	.....
۶	۳-۱ نسل سوم	.....
۹	فصل ۲- سیستم‌های پایه ریزی شده بر اساس نسل‌های مختلف شبکه های تلفن همراه	.....
۹	۱- شبکه های نسل اول (1G) : صدای آنالوگ	.....
۹	۱-۱-۲ IMTS	.....
۱۰	۲-۱-۲ AMPS	.....
۱۰	۲-۲- شبکه های نسل دوم (2G) صدای دیجیتال	.....
۱۰	۱-۲-۲ D- AMPS	.....
۱۱	۲-۲-۲ GSM	.....
۱۱	۳-۲-۲ CDMA	.....
۱۱	۳-۳- شبکه های نسل ۲/۵ صدای دیجیتال و داده	.....
۱۲	۱-۳-۲ GPRS	.....
۱۳	۲-۳-۲ EDGE	.....
۱۳	۴-۳- شبکه های نسل سوم (3G) صدای دیجیتال و داده	.....
۱۴	۱-۴-۲ Wide- CPMA W-CDMA (UMTS)	.....
۱۴	۲-۴-۲ CDMA2000	.....
۱۴	۵-۳- شبکه های نسل چهارم (4G) انتقال داده با سرعت بسیار بالا	.....
۱۹	فصل ۳- نسل های ۲ و ۲/۵ و ۲/۷۵ شبکه های تلفن همراه	.....
۱۹	۱-۳ MS	.....
۱۹	۱-۱-۳ SIMCard	.....
۲۰	۲-۱-۳ گوشی	.....
۲۰	۲-۳ BSS	.....
۲۰	۱-۲-۳ BTS	.....
۲۱	۲-۲-۳ BSC	.....

۲۱	TC-۳-۲-۳
۲۱	NSS-۳-۳
۲۱	MSC-۱-۳-۳
۲۲	HLR-۲-۳-۳
۲۲	VLR-۳-۳-۳
۲۳	EIR-۴-۳-۳
۲۳	AUC-۵-۳-۳
۲۳	GPRS-۶-۳-۳
۲۴	سخت افزار و نرم افزار مورد نیاز شبکه های GPRS-۱-۶-۳-۳

### فصل ۴- نسل سوم تلفن های همراه..... ۳۳

۳۳	۱- استانداردهای نسل سوم تلفن های همراه..... ۳۳
۳۳	W-CDMA-۱-۱-۴..... ۳۳
۳۳	UMTS-۲-۱-۴..... ۳۳
۳۳	CDMA ۲۰۰۰-۳-۱-۴..... ۳۳
۳۴	۲- سرویسهای نسل سوم تلفنهای همراه..... ۳۴
۳۴	۱-۲-۴- سرویس های پایه..... ۳۴
۳۴	۲-۲-۴- سرویس های حامل..... ۳۴
۳۵	۳-۲-۴- سرویس های تکمیلی..... ۳۵
۳۵	۳- کاربردهای نسل سوم تلفن های همراه..... ۳۵
۳۵	۱-۳-۴- انتقال صدا..... ۳۵
۳۵	۲-۳-۴- انتقال پیام..... ۳۵
۳۶	۳-۳-۴- تلفن تصویری و ویدئو کنفرانس..... ۳۶
۳۶	۴-۳-۴- دسترسی کامل به اینترنت و انتقال داده با نرخ بالا..... ۳۶
۳۶	۵-۳-۴- پخش برنامه های تلویزیونی از طریق گوشی های موبایل..... ۳۶
۳۶	۶-۳-۴- کاربردهای مبتنی بر موقعیت..... ۳۶
۳۶	۴-۴- مسیره های گذر از شبکه فعلی موبایل به نسل سوم..... ۳۶
۳۶	۵-۴- وضعیت کنونی نسل سوم در دنیا..... ۳۶
۳۷	۶-۴- مشکلات نسل سوم تلفن های همراه..... ۳۷
۳۷	۷-۴- نسل ۳/۵ تلفن های همراه..... ۳۷

### فصل ۵- بهینه سازی شبکه رادیویی موبایل..... ۳۹

۳۹	۱-۵- تعریف بهینه سازی شبکه موبایل ( بخش رادیویی شبکه)..... ۳۹
۴۱	۱-۱-۵- دو دیدگاه مختلف بهینه سازی..... ۴۱
۴۴	۲-۵- روند بهینه سازی..... ۴۴
۴۵	۳-۵- روش های اصلی مونیتورینگ شبکه..... ۴۵

۴۵	.....گزارشهای سیستم-۱-۳-۵
۵۱	.....تست میدانی-۲-۳-۵
۵۹	.....داده های OMC-۳-۳-۵
۵۹	.....آنالیز داده های OMC-۱-۳-۳-۵
۵۹	.....گردش کار برای انجام عملیات بهینه سازی-۴-۵
۵۹	.....آماده سازی-۱-۴-۵
۶۰	.....انجام تست میدانی اولیه-۲-۴-۵
۶۱	.....بازدید از سایت و جمع آوری اطلاعات-۳-۴-۵
۶۱	.....شناسایی و برطرف کردن مشکلات سخت افزاری-۴-۴-۵
۶۲	.....تجزیه و تحلیل KPI، بازنگری و بررسی پارامترهای BSS-۵-۴-۵
۶۳	.....ارائه اولین گزارش-۶-۴-۵
۶۴	.....شناسایی و اصلاح تعاریف و پارامترهای همسایگی-۷-۴-۵
۶۴	.....انجام تست میدانی پایانی-۸-۴-۵
۶۵	.....ارائه گزارش نهایی-۹-۴-۵
۶۶	.....متدهای فنی برای بهبود شاخصهای کیفی شبکه-۵-۵
۶۶	.....فعال سازی ویژگیهای موثر در کاهش Blocking کانالهای ترافیکی و سیگنالینگ-۱-۵-۵
۶۶	.....نمونه مشکلات سخت افزاری-۲-۵-۵
۶۷	.....روش شناسایی خرابی های سخت افزاری-۳-۵-۵
۶۷	.....ACR-۶-۵
۶۸	.....چگونگی کار-۱-۶-۵
۶۸	.....نمونه هایی از فرم ACR-۲-۶-۵
<b>۷۳</b>	<b>.....فصل ۶- آزمایش ها و نتایج</b>
۷۳	.....۱-نمونه هایی از عملیات بهینه سازی
۷۳	.....گزارش ۱-۱-۶
۷۵	.....گزارش ۲-۱-۶: مقادیر KPI قبل و بعد از تغییرات
۷۸	.....گزارش ۳-۱-۶: Timing Advance
۷۸	.....۲-نمونه های دیگری از عملیات بهینه سازی
۷۸	.....گزارش ۱-۲-۶
۸۱	.....گزارش ۲-۲-۶: مقادیر KPI قبل و بعد از تغییرات
۸۳	.....گزارش ۳-۲-۶: Timing Advance
<b>۸۵</b>	<b>.....فصل ۷- بحث و نتیجه گیری</b>
۸۵	.....نتیجه گیری
۸۶	.....پیشنهادات
<b>۸۷</b>	<b>.....ضمیمه ۱</b>



۸۸	.....فهرست مراجع
۸۹	.....واژه‌نامه‌ی انگلیسی به انگلیسی

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۷۴	جدول ۱-۶ عملیات انجام شده جهت بهینه سازی.....
۷۸	جدول ۲-۶ عملیات انجام شده در جهت بهینه سازی Timing Advance.....
۸۰	جدول ۳-۶ عملیات انجام شده در حالت IDLE MODE جهت بهینه سازی.....
۸۳	جدول ۴-۶ Timing Advance سایت جدید.....

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳	شکل ۱-۱ نسل اول سیستم‌های موبایل [۴].....
۵	شکل ۲-۱ فرکانس نسل دوم سیستم‌های موبایل [۴].....
۵	شکل ۳-۱ نسل دوم سیستم‌های موبایل (FDD,FDMA) [۴].....
۶	شکل ۴-۱ نسل سوم سیستم‌های موبایل (CDMA) [۱۲].....
۷	شکل ۵-۱ فرکانس‌های مورد استفاده در نسل‌های ۱و۲و۳ [۱۲].....
۸	شکل ۶-۱ فرکانس‌های مورد استفاده در نسل‌های ۱و۲و۳ [۶].....
۱۲	شکل ۱-۲ سوئیچینگ مداری و بسته ای.....
۲۰	شکل ۲-۳ ساختار BSS [۱۶].....
۲۲	شکل ۳-۳ ساختار MSC [۹].....
۲۴	شکل ۴-۳ ساختار داخلی شبکه GPRS [۱۳].....
۲۵	شکل ۵-۳ شبکه GPRS [۱۳].....
۲۸	شکل ۶-۳ ساختار خطوط انتقال (رابط‌های) GPRS [۱۳].....
۲۹	شکل ۷-۳ انتقال اطلاعات در شبکه GPRS [۱۳].....
۳۰	شکل ۸-۳ حمل بسته های GTP [۱۳].....
۳۰	شکل ۹-۳ بسته های GTP شامل یک تونل [۱۳].....
۳۱	شکل ۱۰-۳ Private IP Address و Tunneling [۱۵].....
۴۰	شکل ۱-۵: فلوچارت رویه مدیریت عملکرد و بهینه سازی [۱۹].....
۴۰	شکل ۲-۵: فاز بررسی شبکه برای فرایند بهینه سازی [۱۹].....
۴۱	شکل ۳-۵: عملیات بهینه سازی [۱۹].....
۴۳	شکل ۴-۵: وجود Sector Swap در سکتورهای اول و سوم.....
۴۵	شکل ۵-۵: روند بهینه سازی.....
۵۳	شکل ۶-۵: ابزار لازم برای تست میدانی.....
۵۴	شکل ۷-۵: مسیر صحیح تست میدانی در محدوده BSC.....
۵۴	شکل ۸-۵: نمونه ای از روش صحیح انتخاب مسیر درایو تست.....
۵۹	شکل ۹-۵: نمودار گردش کار عملیات بهینه سازی [۱۹].....
۶۹	شکل ۱۰-۵: نمونه ای از ACR مربوط به اندازه گیری پارامترهای سایت.....
۶۹	شکل ۱۱-۵: نمونه ای از ACR مربوط به مشکل سخت افزاری.....
۷۰	شکل ۱۲-۵: نمونه ای از ACR مربوط به تعویض آنتن.....
۷۰	شکل ۱۳-۵: نمونه ای از ACR مربوط به تغییر ارتفاع و تیلت الکتریکی.....

- شکل ۶-۱: طرح بندی (منطقه بدون پوشش در نیایش) ..... ۷۴
- شکل ۶-۲: پوشش در حالت IDLE MODE قبل از بهینه سازی ..... ۷۴
- شکل ۶-۳: پوشش در حالت IDLE MODE بعد از بهینه سازی ..... ۷۵
- شکل ۶-۴: طرح بندی (منطقه بدون پوشش منطقه نیایش ، سعادت آباد، بلوار شرقی) ..... ۷۹
- شکل ۶-۵: پوشش در حالت IDLE MODE قبل از بهینه سازی ..... ۸۰
- شکل ۶-۶: پوشش در حالت IDLE MODE بعد از بهینه سازی ..... ۸۱

# فصل اوّل

مقایسه مختصر

بین نسل‌های

مختلف موبایل

## فصل ۱ – مقدمه

به دلیل رقابت روز افزون اپراتورهای موبایل که در مسیر کاهش قیمت سرویس دهی همواره گام بر میدارند و سعی در افزایش درآمد و حفظ مشترکین موجود و جذب مشتریان جدید نیز مینمایند، در یک بررسی اجمالی، مشخص شده است که پارامترهای مهم از قبیل امکانات بالقوه فنی شبکه و کیفیت سرویس دهی هر اپراتور از فاکتورهای مهم مشترکین در انتخاب شبکه های موبایل می باشد. در این رابطه اپراتورهای شبکه در جهت نگهداری پارامترهای کیفی شبکه، اقدام به انجام عملیات بهینه سازی به صورت دوره های زمانی و منظم می نمایند. این اقدامات به طور کلی در دو بخش شبکه سوئیچ و شبکه رادیویی صورت میپذیرد. به دلیل وابستگی بیشتر المان های شبکه رادیویی به فاکتور محیطی، عملیات بهینه سازی شبکه رادیویی برای اپراتورها بسیار پر اهمیت تر و پرهزینه است.

بهینه سازی یکی از روشهای مهم اپراتورهای تلفن سیار می باشد که در جهت کسب رضایت مشتری و افزایش مشتری جدید به صورت مستمر توسط اپراتورها در شبکه انجام می شود. در این پروژه با استفاده از اطلاعات شبکه تلفن رایتل و انتخاب یک ناحیه فرضی نسبت به بهینه نمودن شبکه رادیویی از طریق نرم افزارهای شبکه و سیستم *TEMS*<sup>1</sup> اقدام شده است. با توجه به امکانات در دسترس سعی در انجام عملیات بهینه سازی شبکه رادیویی خصوصاً در سایت ها به صورت نمونه شده است. یادآوری اینکه در این گزارش تعدادی از پارامترهای مهم شبکه و بهینه سازی مورد بررسی قرار گرفته است.

---

<sup>1</sup> Tems investigation

## ۱-۱ نسل اول

در این نسل<sup>۱</sup> از سیستم آنالوگ<sup>۲</sup> FDMA استفاده می شد بطوریکه هر کاربر موبایل برای یک مکالمه تلفنی از یک فرکانس ، با پهنای باند<sup>۳</sup> باریک تا پایان مکالمه مورد استفاده قرار می گرفت که از این فرکانس کاربر دیگری نمی توانست استفاده کند.(شکل ۱-۱)

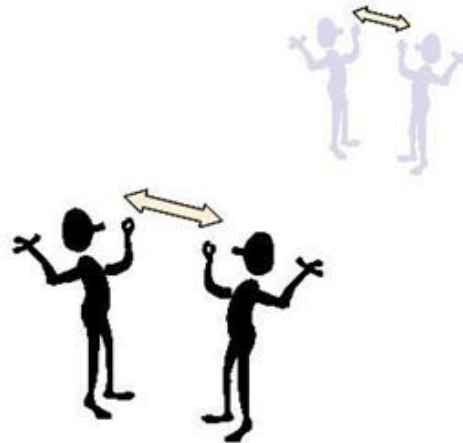
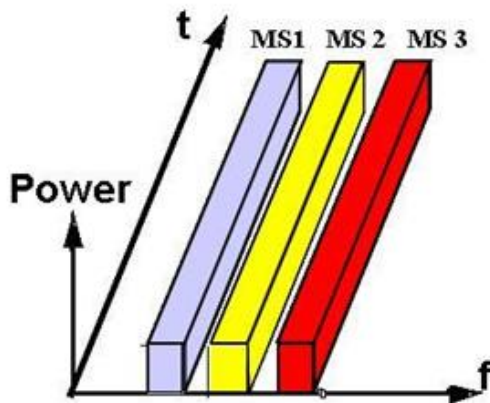
# Frequency Division Multiple Access (FDMA)

- Orthogonal in frequency within cell
- Narrow bandwidth per carrier
- Continuous transmission and reception
- No synchronization in time

NMT

AMPS

TACS



شکل ۱-۱ نسل اول سیستمهای موبایل [۴]

<sup>1</sup> First Generation

<sup>2</sup> Frequency Division multiple access

<sup>3</sup> Basnd Wide

## ۱-۲ نسل دوم

در این نسل<sup>۱</sup> از سیستم<sup>۲</sup> FDMA/TDMA استفاده می شود. در این سیستم چندین کاربر از یک فرکانس و در Time Slot<sup>۳</sup> های مشخص و واحدی می توانند صحبت کنند. تعداد Time Slot (User یا موبایل ها) که از یک فرکانس استفاده می کنند ، ۸ کاربر خواهد بود .

در سیستم GSM از دو پهنای باند ۹۰۰ مگاهرتز و ۱۸۰۰ مگاهرتز استفاده می شود که برای ارتباطات نزدیک از باند ۱۸۰۰ و برای ارتباطات دورتر از باند ۹۰۰ مگاهرتز استفاده می شود. در سیستم ۹۰۰ مگاهرتز پهنای باند از ۸۹۰ تا ۹۶۰ مگاهرتز می باشد که ۲۵ مگاهرتز جهت Up Link (از موبایل به BTS<sup>۴</sup>) استفاده می شود. سپس ۲۰ مگاهرتز جهت Guard<sup>۵</sup> و مجدداً ۲۵ مگاهرتز جهت Down Link<sup>۶</sup> استفاده می شود. در باند ۹۰۰ مگاهرتز تعداد فرکانس های مورد استفاده ۱۲۴ فرکانس می باشد که بصورت Reuse<sup>۷</sup> مورد استفاده قرار می گیرد.

در باند ۱۸۰۰ مگاهرتز پهنای باند از ۱۷۱۰ تا ۱۸۸۰ مگاهرتز می باشد که ۷۵ مگاهرتز جهت (Up Link) و ۷۵ مگاهرتز جهت (Down Link) با Guard band ۲۰ مگاهرتز می باشد. در باند ۱۸۰۰ مگاهرتز تعداد فرکانس های مورد استفاده ۳۷۴ فرکانس می باشد که بصورت Reuse مورد استفاده قرار می گیرد. (شکل های ۱-۲ و ۱-۳)

<sup>۱</sup> Second Generation or GSM(Global system for mobile communication)

<sup>۲</sup> Time division multiple access

<sup>۴</sup> Base Transiver Station

<sup>۳</sup> شیار زمانی

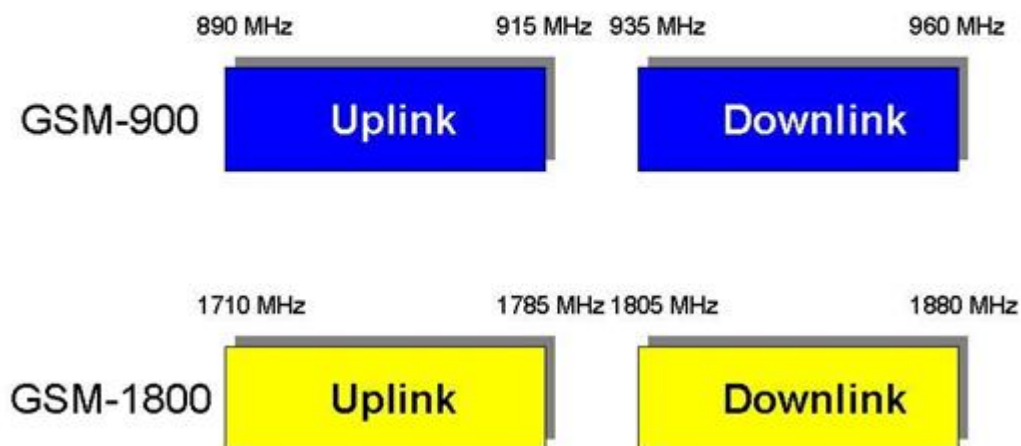
<sup>۵</sup> پشتیبانی

<sup>۶</sup> لینک پایین

<sup>۷</sup> استفاده مجدد

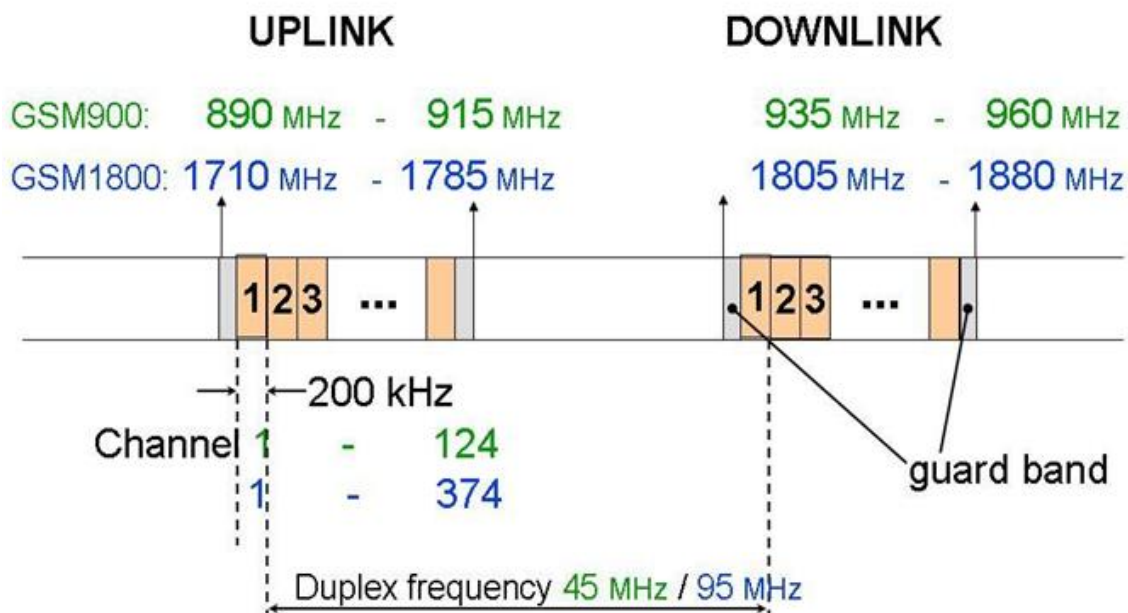


# GSM frequency allocations



شکل ۲-۱ فرکانس نسل دوم سیستمهای موبایل [۴]

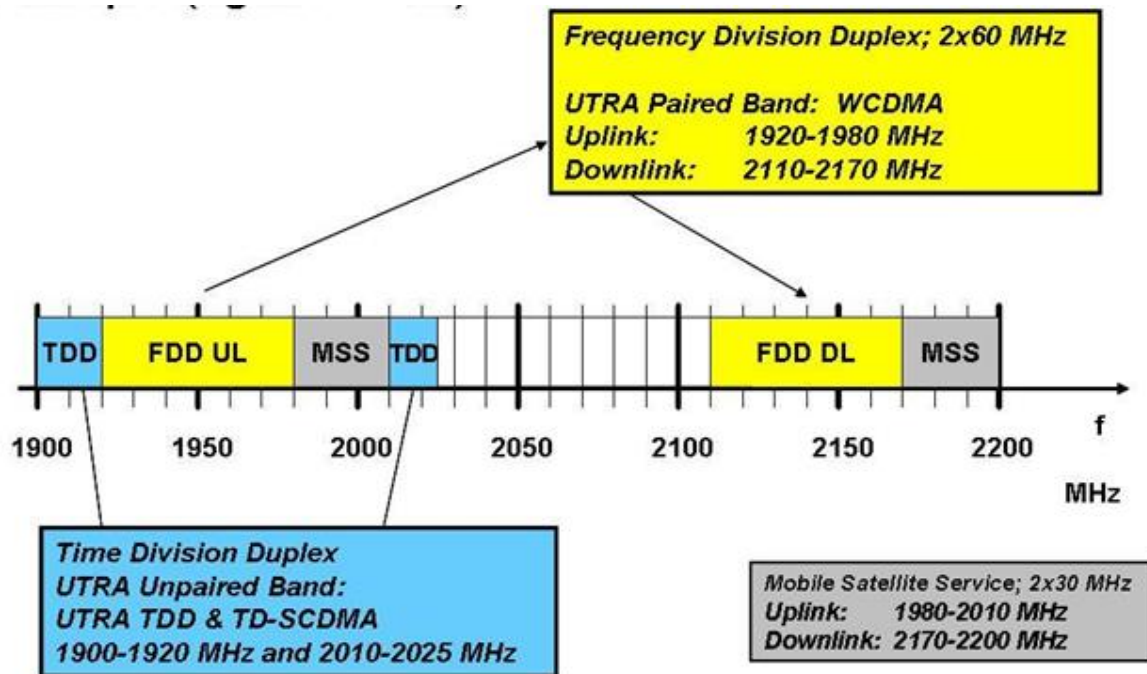
## GSM Radio Interface Organisation: FDD and FDMA



شکل ۳-۱ نسل دوم سیستمهای موبایل (FDD,FDMA) [۴]

### ۱-۳ نسل سوم

در این نسل<sup>۱</sup> از سیستم CDMA<sup>۲</sup> استفاده می شود. در این سیستم تعداد زیادی کاربر از یک فرکانس و در یک زمان، برای مکالمه استفاده می کنند. در این سیستم از فرکانس  $FDD : 2 \times 60 \text{ MHz}$ <sup>۳</sup> استفاده میشود. پهنای باند از ۱۹۲۰ تا ۲۱۷۰ مگاهرتز می باشد که از فرکانس ۱۹۲۰ تا ۱۹۸۰ مگاهرتز جهت Up Link (از UE<sup>۴</sup> به Node B<sup>۵</sup>) و از فرکانس ۲۱۱۰ تا ۲۱۷۰ مگاهرتز جهت Down Link استفاده می شود. جهت جلوگیری از تداخل فرکانسی از فرکانس ۱۹۸۰ تا ۲۱۱۰ مگاهرتز را به عنوان Guard Band در نظر می گیرند. شکل (۱-۴)



شکل ۱-۴ نسل سوم سیستمهای موبایل (CDMA) [۱۲]

شکلهای ۱-۵ و ۱-۶ بطور وضوح سیستم فرکانسهای مورد استفاده در نسلهای ۱ و ۲ و ۳ نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Third Generation

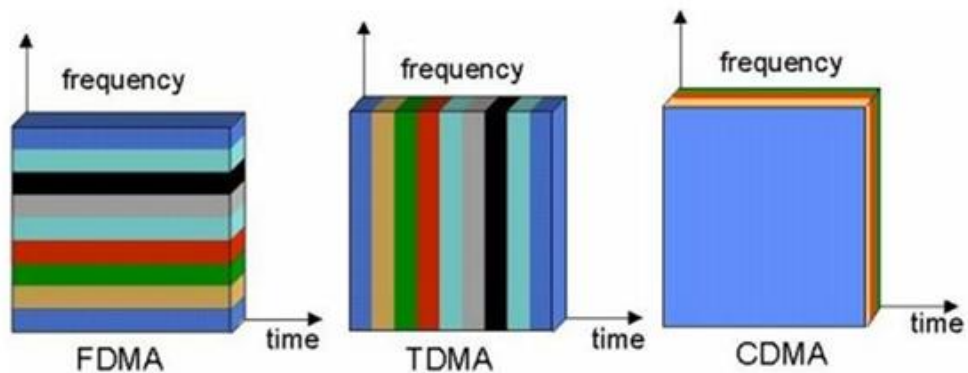
<sup>2</sup> Code Division Multiple Access

<sup>3</sup> Frequency Division Duplex

<sup>4</sup> User Equipment

<sup>5</sup> Same of BTS

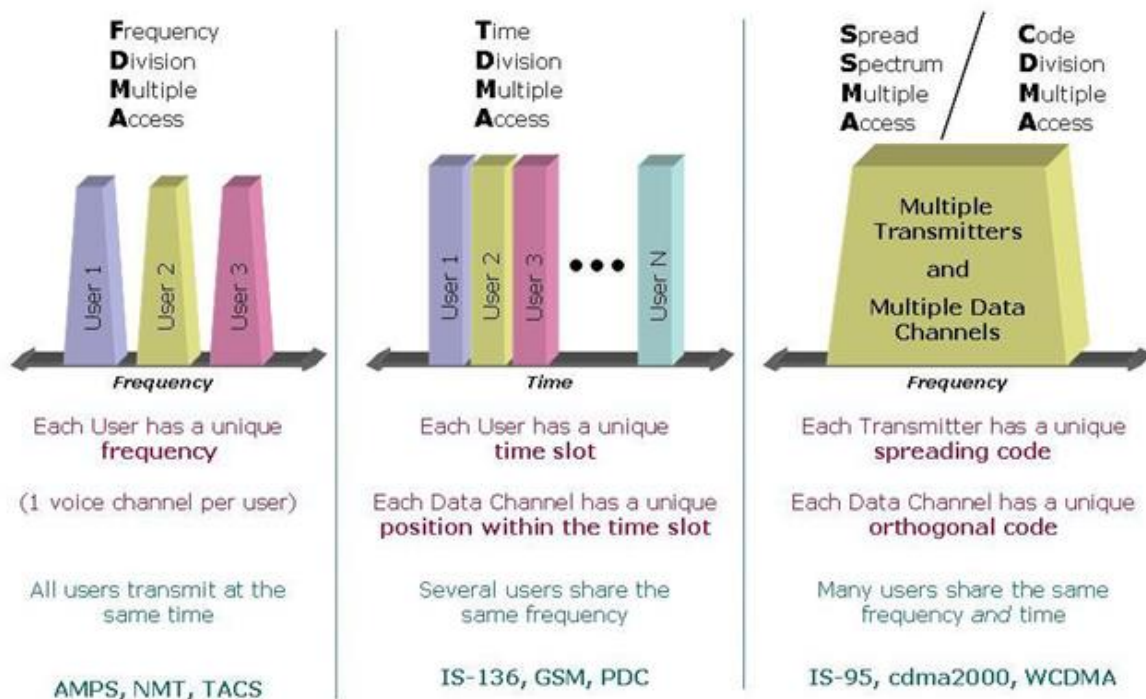
# Multi-Access Radio Techniques



Courtesy of Petri Pössi, UMTS World

شکل ۱۰-۵ فرکانسهای مورد استفاده در نسلهای (۲و۳و۴) [۱۲]

## Multiple Access Approaches



شکل ۶-۱ فرکانسهای مورد استفاده در نسلهای (۱و۲و۳) [۶]

اختلاف موجود بین نسلهای دوم و سوم بطور خلاصه در اینست که در سیستم GSM به Frequency Planning<sup>۱</sup> و در 3G به Code Planning<sup>۲</sup> احتیاج می باشد. در GSM یک موبایل فقط با یک BTS در یک زمان در تماس می باشد در صورتیکه در 3G یک موبایل یا UE می تواند با چندین Node B در تماس باشد. در نسل GSM فقط یک Hard Handover<sup>۳</sup> وجود دارد در صورتیکه در 3G علاوه بر Hard Handover دارای Soft/Softer Handover<sup>۴</sup> نیز می باشد.

---

<sup>۱</sup> طراحی فرکانسی  
<sup>۲</sup> طراحی کدی  
<sup>۳</sup> جابجایی سخت  
<sup>۴</sup> جابجایی نرم