الأكاديمية العربية الدولية

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

الجامعـة الافتراضيّـة السوريّـة

SYRIAN VIRTUAL UNIVERSITY

أنظمة الاتصالات النقالة

الدكتور خالد يزبك

المهندس محمد الشريف

ISSN: 2617-989X

Books

أنظمة الاتصالات النقالة

د.خالد يزبك - م. محمد الشريف

من منشورات الجامعة الافتراضية السورية

الجمهورية العربية السورية 2018

هذا الكتاب منشور تحت رخصة المشاع المبدع – النسب للمؤلف – حظر الاشتقاق (CC– BY– ND 4.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode.ar

يحق للمستخدم بموجب هذه الرخصة نسخ هذا الكتاب ومشاركته وإعادة نشره أو توزيعه بأية صيغة وبأية وسيلة للنشر ولأية غاية تجارية أو غير تجارية، وذلك شريطة عدم التعديل على الكتاب وعدم الاشتقاق منه وعلى أن ينسب للمؤلف الأصلي على الشكل الآتي حصراً:

خالد يزبك – محمد الشريف، الإجازة في تقانة المعلومات، من منشورات الجامعة الافتراضية السورية، الجمهورية العربية السورية، 2018

متوفر للتحميل من موسوعة الجامعة https://pedia.svuonline.org/

Mobile Communications systems

Khaled Yazbek – Mohammad Al Sharif

Publications of the Syrian Virtual University (SVU)

Syrian Arab Republic, 2018

Published under the license:

Creative Commons Attributions- NoDerivatives 4.0

International (CC-BY-ND 4.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode

Available for download at: https://pedia.svuonline.org/

ISSN: 2617-989X

الفهرس

الفصل الأول مدخل إلى نظم الاتصالات النقالة 1

تمهيد 2

نظم الجيل الأول 1G 3

نظام الجيل الثاني 2G 4

مقارنة عامة بين نظم الاتصال الخلوي 5

تقنيات النفاذ المتعدد في النظم الخلوية 6

أنماط الازدواجية في نظام الجيل الثاني 8

الحزم الترددية في نظام الجيل الثاني 9

ترقيم الحوامل الترددية في نظام الجيل الثاني 12

مفاهيم أساسية في جودة الخدمة الخلوية 13

مبادئ هندسة كثافة المعلومات الهاتفية Tele-Traffic Engineering 14

أسئلة 17

الفصل الثاني بنية الشبكة الخلوية 24

البينة الفيزيائية لنظام الجيل الثاني 25

شبكة النفاذ الراديوي RAN 25

الوحدة المتحركة MS 25

شريحة الاشتراك SIM 26

البنية الجغرافية لنظام الجيل الثاني 35

أسئلة 42

الفصل الثالث القنوات في نظام الجيل الثاني 47

ISSN: 2617-989X

مقدمة 48
التقسيمات الزمنية في نظام الجيل الثاني 49
أنواع القنوات الاعتبارية. 50
أنواع الرشقات. 56
أسئلة 59
الفصل الرابع معالجة الكلام 64
مقدمة 65
التحويل التماثلي الرقمي A/D Conversion 65
ترميز الكلام Speech Coding. 67
ترميز القناة Channel Coding. 68
التفريق Interleaving 69
التشفير Ciphering. 71
تشكيل الرشقة Burst Formatting 71
التعديل Modulation 72
أسئلة 73
الفصل الخامس مشكلات وتقنيات الاتصال اللاسلكي. 77
مقدمة 78
مشكلات الاتصال اللاسلكي 79
حلول مشكلات الاتصال اللاسلكي. 85
أسئلة 96
الفصل السادس إجرائيات الشبكة الخلوية 101
مقدمة 102

ISSN: 2617-989X

إجرائية اختيار الخلية Cell Selection.. 103
إجرائية إعادة اختيار الخلية Cell Reselection. 104
إجرائية تأسيس المكالمة Call Setup 105
إجرائية تحديث الموقع Location Update 116
إجرائية التسليم. 117
أسئلة 122
الفصل السابع نظم الاتصالات النقالة المتقدمة.. 129
تقانات التبديل 130
مراحل تطور نظام الجيل الثاني إلى نظام الجيل الثالث. 132
البنية الفيزيائية للتطبيق GPRS ... .134
مراحل تطور نظام الجيل الثالث إلى نظام الجيل الرابع... 141
أسئلة 146

ISSN: 2617-989X

الفصل الأول

مدخل إلى نظم الاتصالات النقالة

ملخص:

يقدم هذا الفصل مدخلاً في نظم الاتصالات النقّالة ولمحة عامة عن شبكات الجيل الثاني من النظم الخلوية كما يتناول المفاهيم الأساسية في جودة الخدمة الهاتفية.

كلمات مفتاحية:

الاتصال التماثلي، الاتصال الرقمي، نظام الجيل الثاني، النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي، الحامل الترددي، الحصة الزمنية، الازدواجية الترددية، الازدواجية الزمنية، الرقم المطلق للقناة، المسار الهابط، المسار الصاعد، استمرارية الخدمة، تنقلية الخدمة، كثافة المعلومات.

أهداف تعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1- تفهم أهمية الجيل الثاني في نظم الاتصال النقالة.

2- تميز نقاط الاختلاف والتشابه بين مختلف نظم الاتصال الخلوية.

3- تشرح طريقة النفاذ المتعدد في نظام الجيل الثاني.

4- تميز بين نمطي الازدواجية الترددية والزمنية.

5- تتعرف على الحزم الترددية المتاحة في الGSM واستعمالات كل منها.

6- توضح طريقة ترقيم الحوامل الترددية في نظام الGSM.

7- تتعرف على المفاهيم الأساسية في جودة الخدمة ومعاملات الأداء.

8- تستوعب مفهوم كثافة المعلومات الهاتفية.

9- تحدد عدد القنوات الصوتية اللازمة في نظام هاتفي.

1- تمهيد:

التجوال Mobility، هي الكلمة السحرية في نظم الاتصالات الخلوية. فلطالما تمنى الكثير من الناس، لاسيما فور انتشار شبكات الاتصال الثابتة، إمكانية الاتصال مع الآخرين في كل مكان. أخذ النظام العالمي للاتصال النقال GSM الذي ظهر في منتصف الثمانينات من القرن الماضي على عاتقه تحقيق ذلك الحلم، ليصبح نظام الاتصال النقال الأكثر شيوعا في العالم حتى يومنا هذا، حيث صبغ مظاهر الحياة اليومية بالحركية والمرونة لدرجة أنه بات من البديهيات التي لم يعد يمكن للكثيرين منا الاستغناء عنها.

تعتبر نظم الاتصالات الخلوية اليوم أحد أسرع تطبيقات الاتصالات نمواً وأوسعها انتشاراً مع 776 مشغل حول العالم يقدم الخدمة الخلوية لـ 3.6 مليار مشترك أي ما يعادل نصف سكان العالم لديهم خط خلوي واحد على الأقل، والعدد في ازدياد (1).

إن مفهوم الاتصال الخلوي يعبر عن استخدام مرسلات ذات استطاعة منخفضة بحيث يمكن إعادة استخدام المورد الترددي على امتداد المنطقة الجغرافية المخدَّمة. تمت صياغة فكرة الاتصال النقال الخلوي في مخابر بل في الولايات المتحدة عام 1970، إلا أن هذه الفكرة لم ترى النور حتى عام 1981 الذي شهدت الدول الاسكندنافية فيه أول نظام اتصال نقال خلوي في العالم. وبذلك بدأت حقبة الجيل الأول من النظم النقالة وانتهت حقبة النظم المتنقلة غير الخلوية التي ظهرت للمرة الأولى بعد الحرب العالمية الثانية.

نميز بين نظم الاتصال اللاسلكية والنقالة والخلوية، فيمكن أن نصادف نظم اتصال لاسلكية غير نقالة كالتلفاز على سبيل المثال. كما يمكن ان نصادف نظم اتصال لاسلكية ونقالة وغير خلوية كالهاتف اللاسلكي cordless. يتصف النظام العالمي للاتصال النقال GSM بكونه لاسلكي ونقال وخلوي.

فيديو – ما هو الاتصال

فيديو – نشئة الاتصال اللاسلكي

2- نظم الجيل الأول 1G:

تسمى نظم الاتصال النقال التي كانت منتشرة في فترة ما قبل النظام GSM بنظم الجيل الأول، حيث ظهرت نظم مختلفة اتصفت بالخصائص التالية:

- نظم خلوية تماثلية لايمكنها إعادة توليد الصوت أومعالجته أوضغطه.
- عدم التوافق بين النظم المختلفة، حيث يتطلب كل نظام تصنيع هواتف متحركة خاصة به.
- تدعم التسليم بين الخلايا
- المجال الترددي: UHF 400MHz – 1000MHz
- ازدواجية تامة Full duplex: باستخدام الازدواجية الترددية FDD
- النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي FDMA فقط
- استخدام التعديل الترددي التماثلي FM
- خلايا كبيرة الحجم (قطر الخلية من رتبة 50km) مما يتطلب استطاعة إرسال عالية في كل من المحطة الثابتة والوحدة المتحركة.

فيديو – العلاقة بين مساحة التغطية واستطاعة الإرسال والتردد

- الأجهزة المتحركة شرهة لاستهلاك الطاقة وثقيلة الوزن
- إمكانية التداخل بين مكالمات المستخدمين cross-talk مما يجعل منها نظم غير آمنة.
- جودة صوت غير مرضية
- تكاليف الاتصال باهظة الثمن مما حال دون انتشارها بشكل واسع.

3- نظام الجيل الثاني 2G:

يطلق على أول نظام اتصال نقال خلوي رقمي اسم نظام الجيل الثاني "الـ GSM" الذي سندرسه بالتفصيل في هذا المقرر. يسمح الاتصال الرقمي بتطبيق تقنيات متقدمة لترميز المنبع مما يحقق فعالية طيفية أكبر ويمكن من استخدام ترميز القناة المصحح للخطأ. يمكن تلخيص أسباب وجود الGSM بالحاجة إلى نظام موحد أكبر سعةً وأفضل جودةً وأكثر أماناً. ومن أبرز خصائص النظام GSM:

- توحيد المعايير بنظام موحد يضمن التوافق بين الشبكات الخلوية مما يسمح باستخدام الجهاز النقال نفسه في كافة شبكات النظام الGSM. وهو أمر مستحدث بالمقارنة مع النظم الخلوية التي سبقت الGSM فمثلا الجهاز النقال الخاص بالنظام NMT المطبق في النرويج لايصلح للاستخدام في شبكة النظام TACS المطبق في انكلترا.
- فصل مفهوم المشترك عن مفهوم الجهاز النقال
- جودة صوت عالية
- أمان عالي من خلال استخدام تقنيات متطورة في التحقق والتشفير
- أجهزة متحركة خفيفة الوزن واقتصادية الثمن
- إمكانية التجوال الدولي International Roaming وذلك من خلال توقيع الاتفاقيات الثنائية بين المشغلين التي تمكن المشترك عند خروجه من منطقة خدمة المشغل الخاص به من استخدام شبكات اتصال خلوي غير مشترك بها.
- استهلاك أقل للطاقة، بفضل استخدام خلايا أصغر مقارنة بخلايا الجيل الأول وبالتالي استطاعة الإرسال أقل، لا تتجاوز حوالي 2W للوحدة المتحركة و 40W للمحطة الثابتة.
- سعة أكبر وبالتالي معدل رفض المكالمة أخفض، وذلك بفضل استخدام النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي والتقسيم الزمني TDMA-FDMA بالإضافة إلى الازدواجية الترددية FDD ودعم عدة حزم ترددية كالحزمة 900MHz و1800MHz و1900MHz وتطبيق خوارزميات ضغط الصوت.
- معدل انقطاع المكالمة منخفض وذلك بفضل استخدام تقنيات التحكم بالوصلة الراديوية كالتحكم بالاستطاعة والقفز الترددي بالإضافة إلى استخدام الترميز المصحح لأخطاء القناة ونمط التعديل GMSK المقاوم للضجيج والتداخل.
- يدعم نقل البيانات بمعدل 9.6Kbps.

فيديو- الخصائص المفتاحية في الجيل الثاني

فيديو - مزايا الاتصال الرقمي

4- مقارنة عامة بين نظم الاتصال الخلوي

يبين الجدول 1 - 1 مقارنة مبسطة بين مختلف النظم الخلوية ابتداءً من الجيل الأول، فالثاني فالثالث فالرابع.

	2G	3G	4G
1970-1984	1980	1990	2008
Analog	Digital	Digital	Digital
Voice	Voice +Data	Voice + Data + Video calls	Voice + Data + Video calls+ Real time gaming
Incompatible	Compatible	Compatible	Compatible
FDMA	TDMA-FDMA	CDMA	OFDMA
FM	GMSK, 8PSK	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
No error correction	ARQ & convolutional coding & Interleaving	HARQ & channel coding & Interleaving	HARQ & Turbo coding & Interleaving
48.6 kbps (for DAMPS)	59.2 kbps during 1timeslot (EDGE)	84.4 Mbps DL 10.8 Mbps UL (shared)	300Mbps DL 150Mbps UL (shared)
Not secure	Secure	Secure	Secure
Circuit Switching	Circuit Switching + Packet switch	Circuit Switch + Packet switching	Packet switching
Narrow Band	Narrow Band	Wide Band	Broad Band
NMT, AMPS	GSM, GPRS, EDGE	WCDMA	LTE

الجدول 1 - 1- مقارنة بين نظم الاتصال الخلوي المختلفة

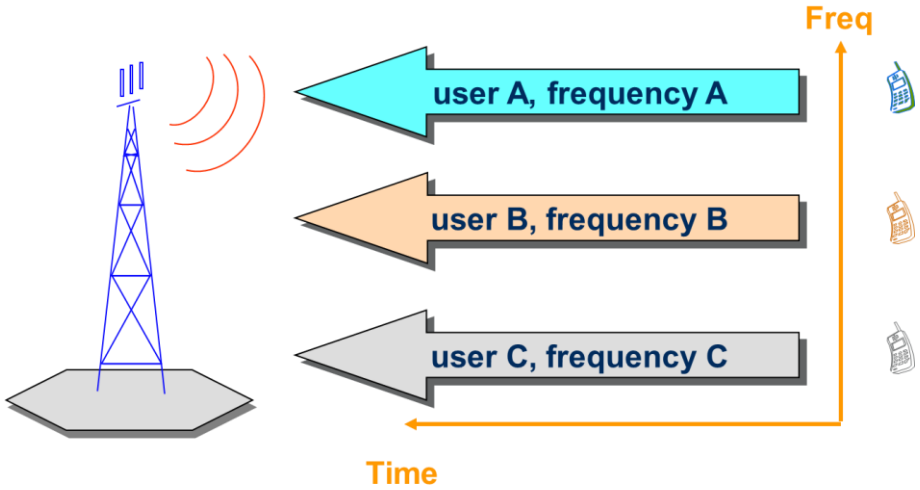
5- تقنيات النفاذ المتعدد في النظم الخلوية:

من الضروري أن يمتلك كل نظام خلوي نمط يمكن عدة مستخدمين من النفاذ إلى الشبكة واستخدامها في آن معاً. ومع تقدم النظم الخلوية تم اعتماد تقنيات مختلفة للنفاذ المتعدد. تحدد تقنية النفاذ المتعدد طريقة عمل الوصلة الراديوية في النظام الخلوي. يوجد خمسة تقنيات أساسية للنفاذ المتعدد في النظم الخلوية وهي FDMA، TDMA، CDMA، OFDMA، SC-FDMA.

5-1- النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي FDMA:

النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي هي التقنية الأبسط حيث يخصص لكل وحدة متحركة حامل ترددي ضيقة الحزمة narrowband systems تحجزه طيلة فترة استخدامها للشبكة الخلوية. استخدمت هذه التقنية في النظم الخلوية التماثلية. ومن أبرز خصائصها:

- ✓ كل مكالمة تتطلب حجز قناة ترددية كاملة.
- ✓ انخفاض التداخل بين الرموز ISI بسبب طول مدة الرمز في النظم ضيقة الحزمة بالمقارنة مع انتشار التأخير delay spread.
- ✓ نظم النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي FDMA أقل تعقيداً مقارنة بنظم النفاذ المتعدد بالتقسيم الزمني.

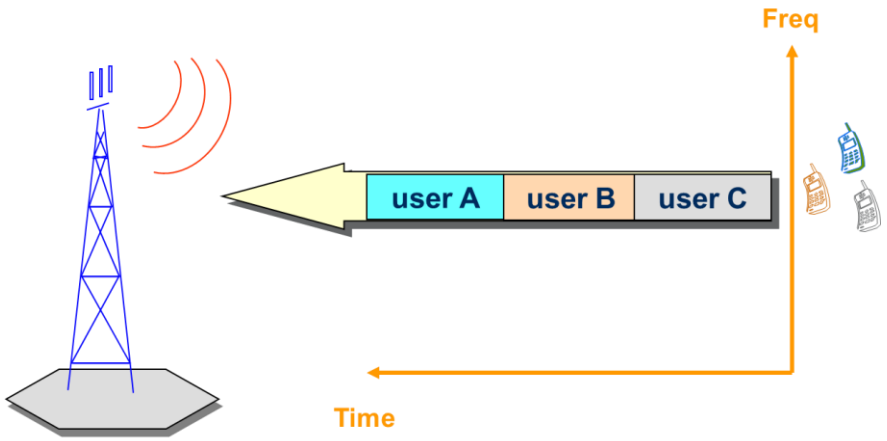


الشكل 1 - 1 - النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي

5-2- النفاذ المتعدد بالتقسيم الزمني TDMA:

جاء نظام الجيل الثاني بفكرة الانتقال إلى نمط الاتصال الرقمي لتكنولوجيا الخلوي مما سمح بالمعالجة الرقمية للمعطيات وفصلها زمنياً وإرسالها على شكل رشقات قصيرة. إن منح القناة الترددية للمشترك طيلة فترة المكالمة يؤدي إلى هدر في المورد الترددي، حيث يمكن أن يتناوب عدة مشتركين على استخدام القناة الترددية نفسها لإجراء عدة مكالمات قي نفس الوقت. وبالتالي يمنح المشترك حصة زمنية يمكنه خلالها إرسال أو استقبال المعطيات، يسمى هذا النمط بالنفاذ المتعدد بالتقسيم الزمني وأهم خصائصه:

- ✓ عدد المشتركين الذين يمكنهم التناوب على نفس القناة الترددية يتعلق بعدة معاملات أهمها تقنية التعديل وعرض القناة.
- ✓ نقل المعطيات ليس مستمر حيث يرسل الجهاز النقال المعطيات فقط في الحصة الزمنية المخصصة له ويصمت طيلة مدة الحصص الزمنية الأخرى يقلل استهلاك البطارية.

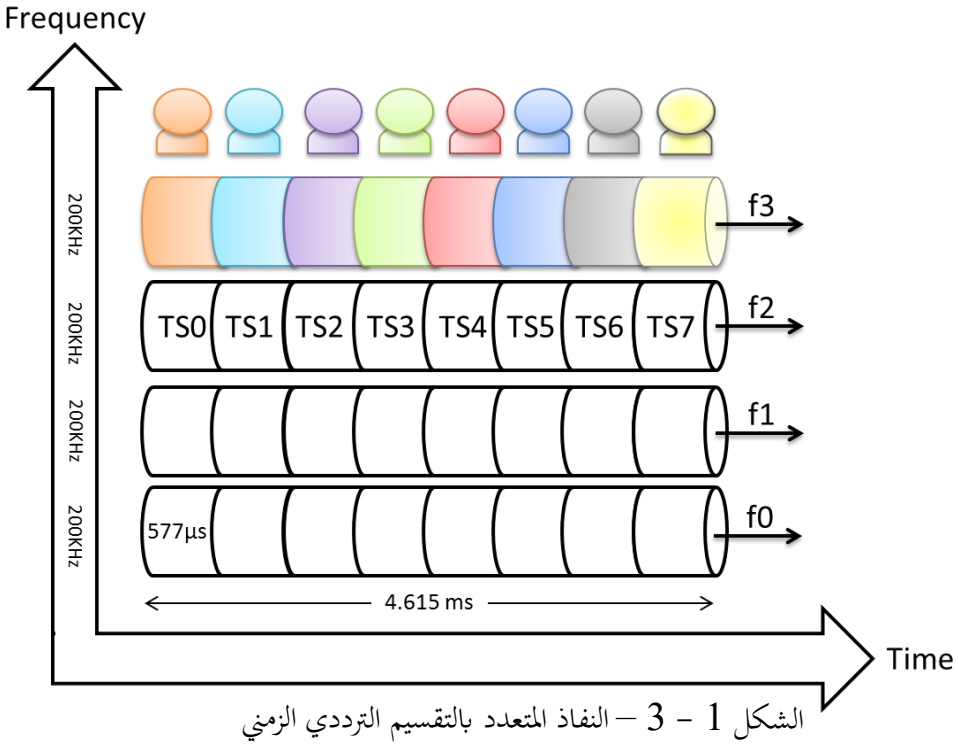


الشكل 1 – 2 – النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي

فيديو – النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي والزمني

3-5- النفاذ المتعدد بالتقسم الترددي الزمني TDMA-FDMA

يعتمد النظام GSM تقنيتي النفاذ المتعدد التقسيم الترددي والزمني TDMA-FDMA في آن معاً. حيث تقسم الحزمة الترددية إلى حوامل ترددية Carriers عرض كل منها 200kHz. ويتشارك على استخدام الحامل الترددي ثمانية مشتركين في نفس الوقت وذلك بإسناد الحامل الترددي إلى كل منهم مرة واحدة كل 4.615ms لمدة حصة زمنية Time slot واحدة قدرها 0.577ms.



الشكل 1 – 3 – النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي الزمني

6- أنماط الازدواجية في نظام الجيل الثاني

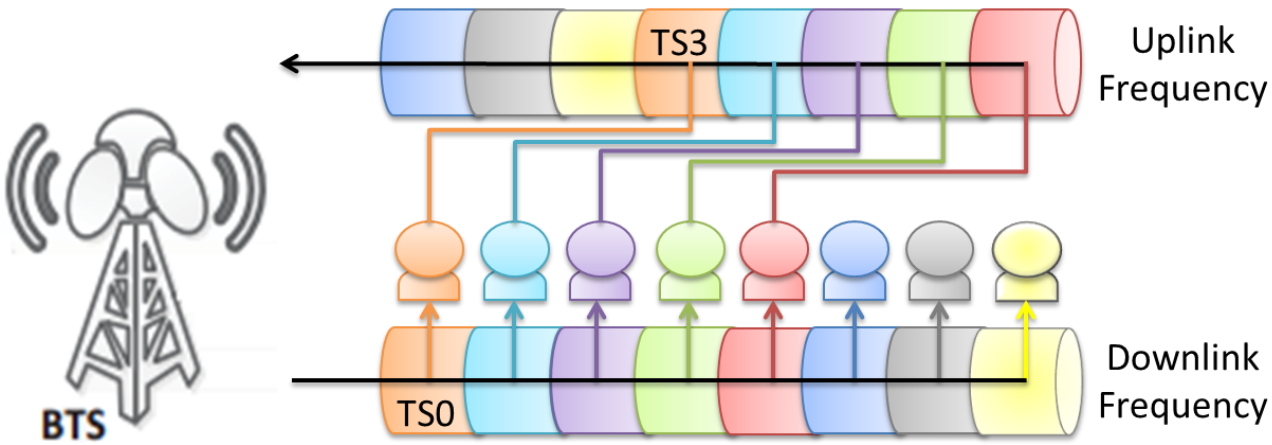
يعبر نمط الازدواجية عن الطريقة التي يتم فيها تشارك المورد الترددي الزمني للاتصال ثنائي الاتجاه. يوجد نمطين للازدواجية هما النمط الزمني والنمط الترددي يلخص الجدول 1 2 والشكل 1 4 أهم الفروقات بينهما:

الازدواجية الترددية FDD	الازدواجية الزمنية TDD
إرسال واستقبال في نفس اللحظة	إرسال واستقبال في لحظات زمنية مختلفة
للمسار الهابط حامل ترددي مختلف عن الحامل الترددي للمسار الصاعد وبالتالي يمكن الإرسال بالاتجاهين في نفس اللحظة.	حامل ترددي ثنائي الاتجاه تتناوب المحطة الثابتة والوحدة المتحركة للإرسال عليه. وبالتالي لا يمكن الإرسال بالاتجاهين في نفس اللحظة الزمنية.
تأخير أقل وتداخل أقل - لاتوجد أزمنة ضائعة في التبديل بين الاتجاهين الصاعد والهابط	تناسب النظم اللامتناظرة، حيث تراعي اختلاف انشغالية المسار الهابط عن انشغالية المسار الصاعد، وبالتالي فعالية أكبر في استخدام الطيف في هذه الحالة.

الجدول 1- 2 – مقارنة بين نمط الازدواجية الترددية ونمط الازدواجية والزمنية

الشكل 1 – 4 – نمطي الازدواجية الترددي والزمني

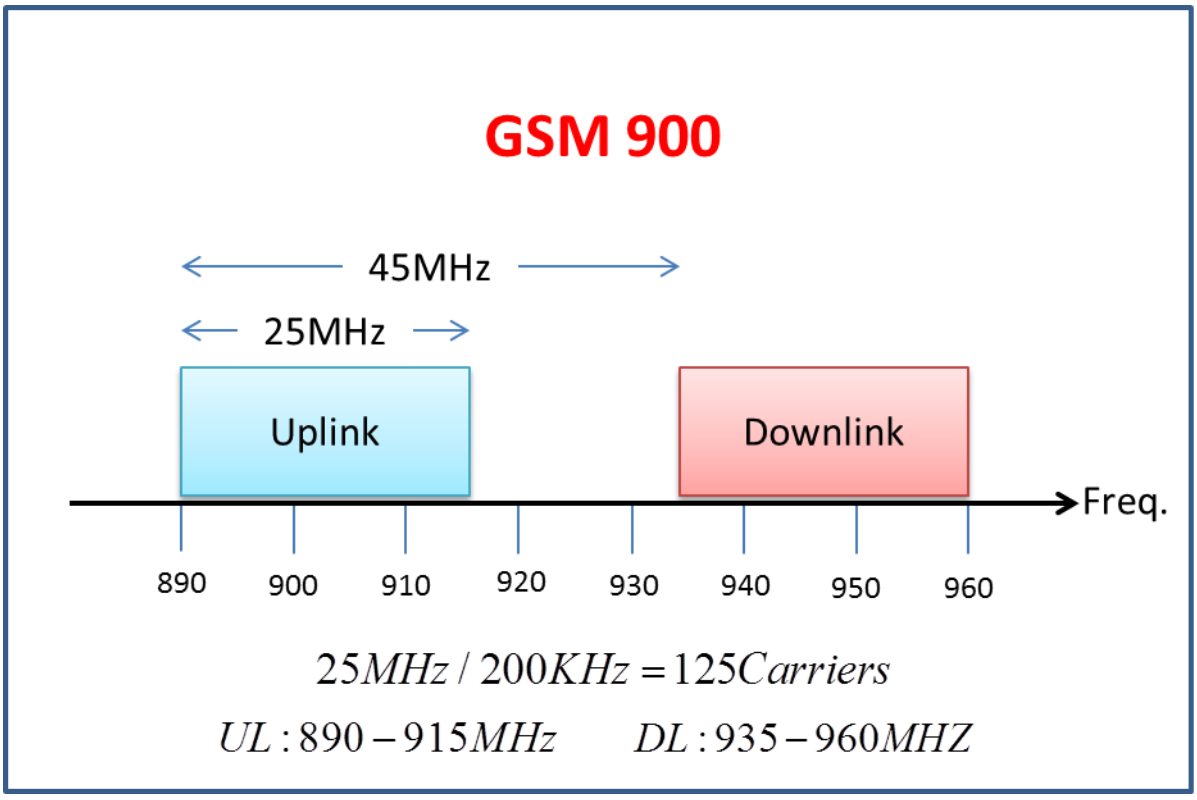
يعتمد النظام GSM على الازدواجية الترددية FDD مع مسافة فصل Duplex gap بين الحوامل الترددية للمسارين الهابط والصاعد تختلف حسب الحزمة الترددية. كما يعتمد GSM أيضاً على الازدواجية الزمنية TDD مع فاصل زمني قدره ثلاث حص زمنية (1.731ms) بين الإرسال والاستقبال الخاص بمشترك معين كما هو موضح في الشكل 1 – 5، مما يخفض الحاجة إلى مرشح عالي التكلفة للعزل بين المرسل والمستقبل في الجهاز النقال بالإضافة إلى توفير في المساحة وبالتالي أجهزة متحركة ذات كلفة أقل وحجم أصغر.



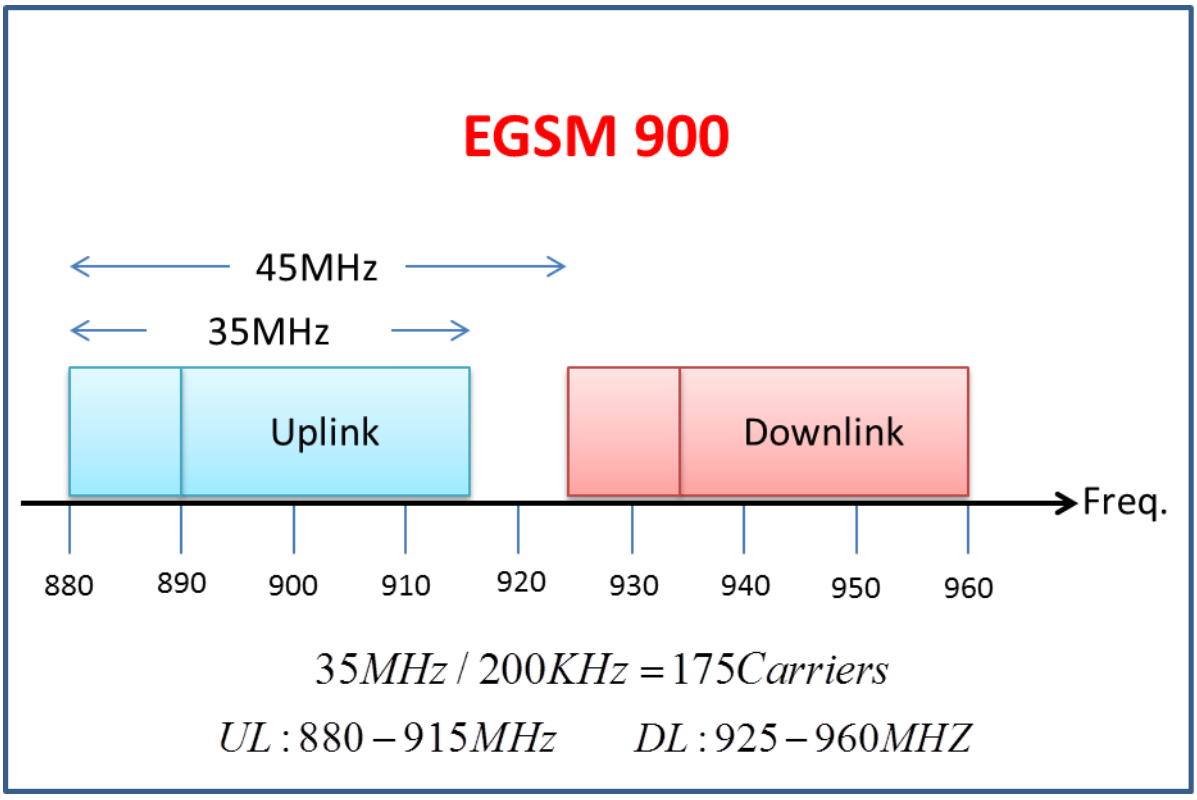
الشكل 1 – 5 – الازدواجية الترددية والزمنية في نظام الجيل الثاني

7- الحزم الترددية في نظام الجيل الثاني

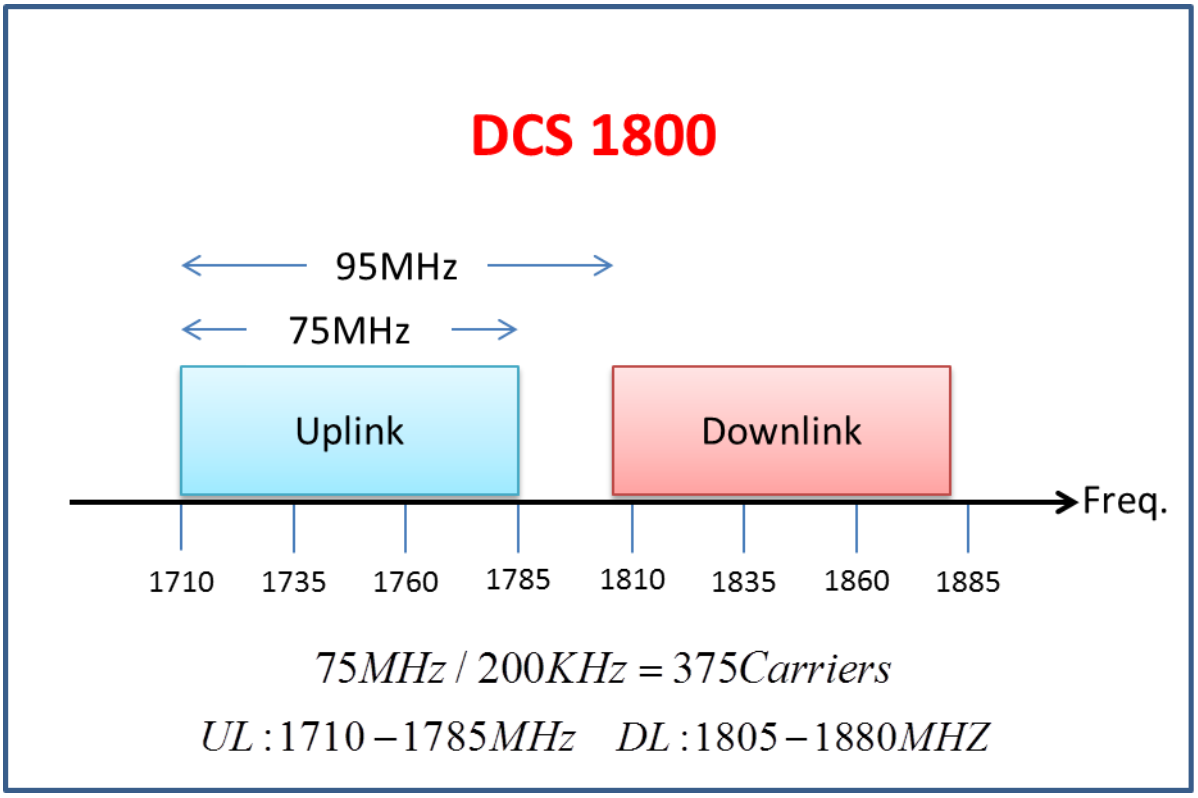
هناك أربع حزم ترددية في نظام الجيل الثاني، وهي الحزمة 900MHz المبينة في الشكل 1 - 7 ويسمى نظام الجيل الثاني عندها GSM900، والحزمة 900MHz الموسعة المبينة في الشكل 1 - 7 ويسمى النظام عندها EGSM900، والحزمة 1800MHz المبينة في الشكل 1 - 9 ويسمى النظام عندها DCS1800، والحزمة 1900MHz المبينة في الشكل 1 - 9 ويسمى النظام عندها PCS1900.



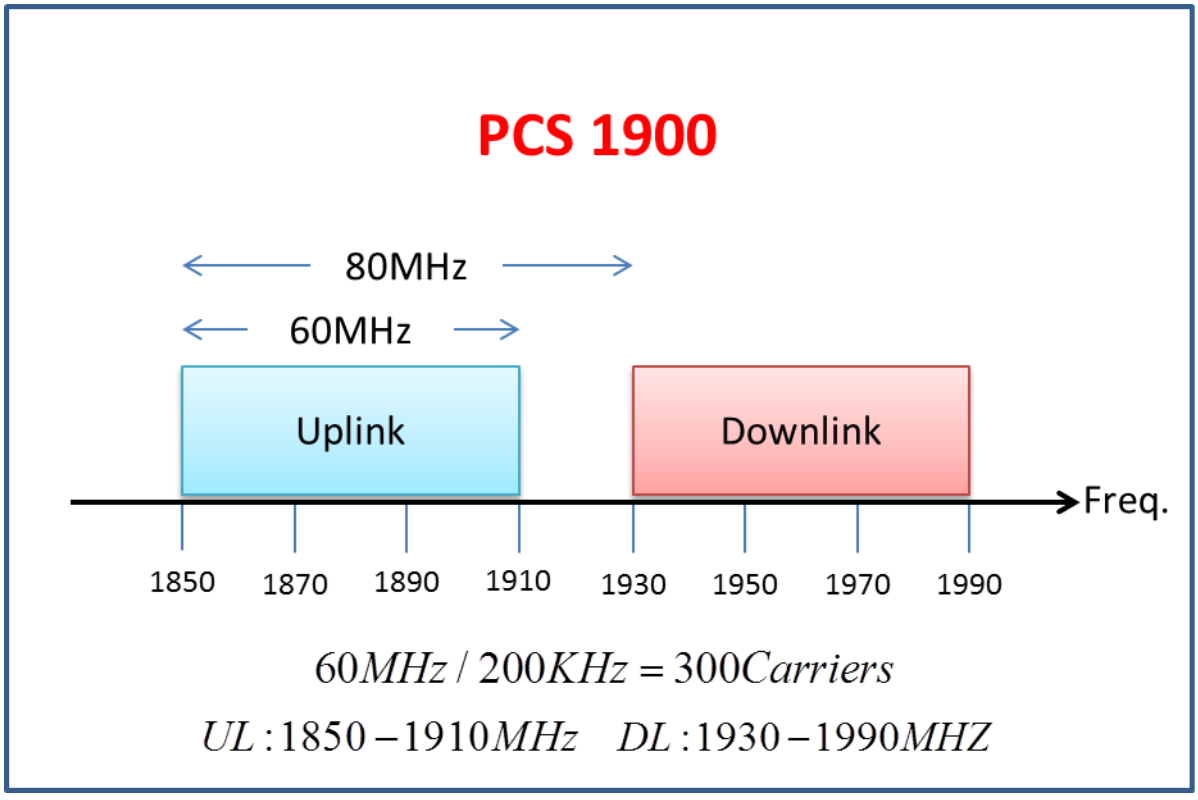
الشكل 1 - 7 – الحزمة الترددية في النظام GSM900



الشكل 1 - 7 – الحزمة الترددية في النظام EGSM900



الشكل 1 - 9 - الحزمة الترددية في النظام DCS1800



الشكل 1 – 9 – الحزمة الترددية في النظام PCS 1900

GSM900
• خلايا أكبر بالمقارنة مع خلايا الحزمة 1800MHz لكون فقد المسار فيها أخفض وبالتالي تغطية أفضل.
• تستخدم لأغراض التغطية في المناطق الريفية الواسعة
• لتأمين التغطية داخل الأبنية من خارجها
GSM1800
• خلايا أصغر وحزمة ترددية أكبر مما يؤدي إلى تداخل أقل بين الخلايا وبالتالي سعة أفضل
• تستخدم لأغراض السعة في المدن ولتغطية في الطرقات
• تستخدم في تغطية الأبنية من داخلها (التغطية المسقوفة)
HetNets
• باستخدام الحزمتين 900MHz و1800MHz لتغطية نفس المنطقة الجغرافية مع إعطاء أفضلية للحزمة 1800MHz نحصل على خلايا هجينة HetNets تلبي متطلبات السعة بفضل 1800MHz ومتطلبات التغطية بفضل 900MHz.
UL FDD
• تستخدم الحوامل الترددية الأخفض على المسار الصاعد Uplink لتقليل أثر فقد المسار فيها لكون المسار الصاعد محدودة الاستطاعة بالمقارنة مع المسار الهابط، ولكون فقد المسار متناسب طرداً مع زيادة التردد.

8- ترقيم الحوامل الترددية في نظام الجيل الثاني

يتم ترقيم الحامل الترددي (200KHz) الهابط والحامل الترددي المقابل له في الاتجاه الصاعد بنفس الرقم يسمى بالرقم المطلق للقناة ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). ويدل على رقم الزوج من القنوات بالاتجاهين الصاعد والهابط. تمتلك كل حزمة ترددية طريقة ترقيم مختلفة عن غيرها، بحيث نستطيع دوماً من خلال الARFCN تحديد التردد المركزي للحامل الترددي، يدل ULF أدناه على تردد القناة في المسار الصاعد . على سبيل المثال $ARFCN = 100$ يقابل تردد صاعد $ULF = 910MHz$ وتردد المسار الهابط المقابل هو $DLF = ULF + 45MHz$.

GSM900

- 124 FDMA paired channels
- ARFCN=(ULF -890)/0.2
- ARFCN 1,.....,124

EGSM900

- 174 FDMA paired channels
- ARFCN = 1024 + (ULF -890)/0.2 :ULF ∈ [880,889.8MHz]
- ARFCN = (ULF -890) / 0.2 :ULF ∈ [890,915MHz]
- ARFCN: {1,.....,124} and {974, 1023}

GSM1800

- 374 FDMA paired channels
- ARFCN = 511 + (ULF - 1710) / 0.2
- ARFCN: 512, ..., 885

GSM1900

- 299 FDMA paired channels
- ARFCN = 511 + (ULF - 1850) / 0.2
- ARFCN: 512, ..., 810

9- مفاهيم أساسية في جودة الخدمة الخلوية

جودة الخدمة QoS: هي مجموعة من معاملات الأداء المفتاحية KPIs التي تؤثر على أداء الشبكة الخلوية عند تقديمها خدمة معينة وتنعكس من خلال درجة الرضا التي يبديها المستخدم تجاه هذه الخدمة، يطلب المشترك أن **يحصل على خدمة مستمرة سليمة ومتنقلة** لذلك تصنف معاملات الأداء المفتاحية إلى أربعة أصناف هي:

a) إمكانية الحصول على الخدمة Accessibility: وهي قدرة النظام الخلوي على تلبية طلب الخدمة وعدم رفضه بسبب انشغالية الشبكة. حيث يعبر هذا المفهوم عن مدى سهولة الحصول على الخدمة وكونها في متناول جميع المشتركين. من أهم البارامترات المفتاحية التي تعبر عن إمكانية الحصول على الخدمة:

I. معدل رفض طلب الخدمة Blocking rate ويسمى أيضاً بسوية الخدمة GoS
II. متوسط عدد محاولات طلب الجلسة في ساعة الذروة BHSA.
III. النسبة المئوية لعدد المشتركين بالخدمة Traffic Penetration.

b) استمرارية الخدمة Retainability: وهي قدرة النظام الخلوي على الاستمرار في تقديم الخدمة فور الحصول عليها، يعبر عن استمرارية الخدمة بمعدل انقطاع المكالمة Drop rate ومدة الجلسة Session Time.

c) سلامة الخدمة Integrity: وهي قدرة النظام الخلوي على تقديم الخدمة بشكل سليم خالي من العيوب فور الحصول عليها، أهم البارامترات المفتاحية المحددة لسلامة الخدمة:

IV. معدل النقل Bit rate
V. التأخير
VI. معدل الخطأ بالبت Bit Error Rate

d) تنقلية الخدمة Mobility: وهي قدرة النظام الخلوي على الحفاظ على سلامة الخدمة المقدمة بالرغم من تنقل المشترك أثناء تلقيه للخدمة. وتتمثل تنقلية الخدمة بأداء التسليم Handover ويعبر عنها بـ:

I. معدل نجاح التسليم Handover Success Rate
II. تأخير التسليم Handover delay
III. عدد محاولات التسليم Number of HandOver Attempts

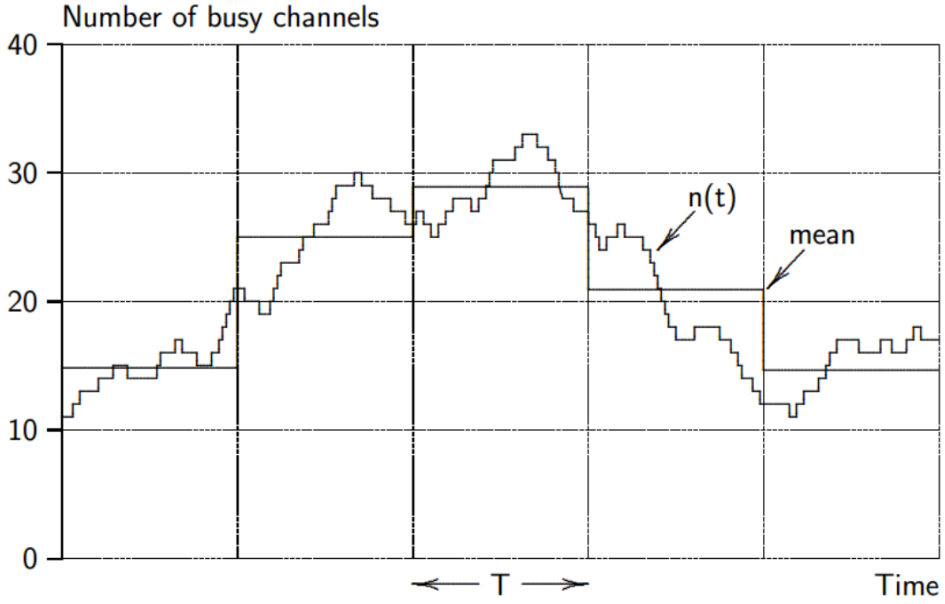
10- مبادئ هندسة كثافة المعلومات الهاتفية Tele-Traffic Engineering

شهد العالم منذ نهاية القرن العشرين توسعاً متنامياً ومستمراً في نظم الاتصال المتنقلة وبرزت حاجة المشغلين إلى تخفيض الضغط على شبكة الاتصال كعامل هام لتحسين جودة الخدمة. ترجع أصول نظرية كثافة المعلومات إلى عام 1909م حين أجرى العالم الدانمركي إرلنغ تجاربه على مشكلة كثرة المكالمات التليفونية وتعرض طالبو هذه المكالمات إلى التأخير لعدم قدرة عاملات التليفون على معالجة الطلبات الواردة بنفس السرعة التي تصل بها، وقد عالج إرلنغ المشكلة بحساب التأخير بالنسبة لعاملة واحدة في ذلك الحين. وفي عام 1917م تكرر البحث في تلك المشكلة ولكن بالنسبة لأكثر من عاملة واحدة، ونشأت بذلك نظرية صفوف الانتظار وامتد استخدامها لحل العديد من المشكلات الإدارية المشابهة. وتستخدم الآن هذه النظرية على نطاق واسع في جميع المنشآت الإنتاجية والخدمية كوسيلة رياضية لخدمة الادارة في اتخاذ أنسب القرارات حول هذه النوعية من المشكلات. وبوجه عام تنشأ مشكلات صفوف الانتظار في حالتين:

1- إذا كان معدل طلب الخدمة أسرع من معدل إنهاء الخدمة، عندئذ هناك نقص في قنوات الاتصال.

2- إذا كان معدل إنهاء الخدمة أسرع من معدل طلب الخدمة، عندئذ هناك فائض في قنوات الاتصال.

كثافة المعلومات الهاتفية اللحظية هي عدد الموارد المحجوزة في لحظة معينة كما هو موضح في الشكل 1 - 10. وتستخدم واحدة الإرلنغ Erlang للتعبير العددي عن كثافة المعلومات في نظم الاتصال الهاتفي. تم اعتماد هذا الاسم كواحدة لقياس كثافة المعلومات الهاتفية عام 1946م نسبة للعالم الرياضياتي الدانماركي إرلنغ الذي يعتبر مؤسس نظرية المعلومات الهاتفية وهي واحدة عديمة البعد. يعبر n إرلنغ عن استخدام مستمر لـn قناة صوتية في نفس الوقت.



الشكل 1 - 10 – كثافة المعلومات الهاتفية اللحظية

كثافة المعلومات الهاتفية المحملة Carried Traffic (Ac): وهي كثافة المعلومات الهاتفية الأعظمية التي تحددها سعة نظام الاتصال والتي يمكن لقنوات الاتصال التي يمتلكها النظام حملها، لا يمكن لكثافة المعلومات الهاتفية المحملة أن تتجاوز عدد القنوات التي تملكها الخلية. ويمكن للقناة الواحدة أن تحمل إرلنغ واحد على الأكثر.

كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة Offered Traffic (A): وهي كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة من قبل المشتركين والتي يطلب من نظام الاتصال حملها بغض النظر عن سعته. أي هي عدد المكالمات التي تسري في لحظة معينة في حال كان عدد قنوات النظام لا نهائياً. وتحسب كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة من العلاقة: $A = \lambda \times S$، حيث λ معدل طلب المكالمة بينما S هو متوسط مدة المكالمة (معدل إنهاء المكالمة يساوي مقلوب متوسط مدة المكالمة $\mu = 1/S$).

توضح العلاقة السابقة أن واحدة كثافة المعلومات الهاتفية عديمة البعد، ومن الجدير بالذكر أن كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة هو مقدار مستقل عن النظام الفعلي. على سبيل المثال إذا كان معدل المكالمات $\lambda = 5\ \text{Call/minute}$، ومتوسط مدة المكالمة $S = 3\ \text{minutes}$، تكون كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة تساوي $15 Erlang$.

مفهوم الاحتقان ورفض المكالمة:

من المعلوم أن نظام الاتصال يمتلك عدد محدود من القنوات، وفي حال انشغال كافة هذه القنوات لا يستطيع النظام قبول طلبات الاتصال الإضافية المقدمة إليها، نقول هنا أن النظام بحالة احتقان Congestion والذي يسبب رفض المكالمات Blocking.

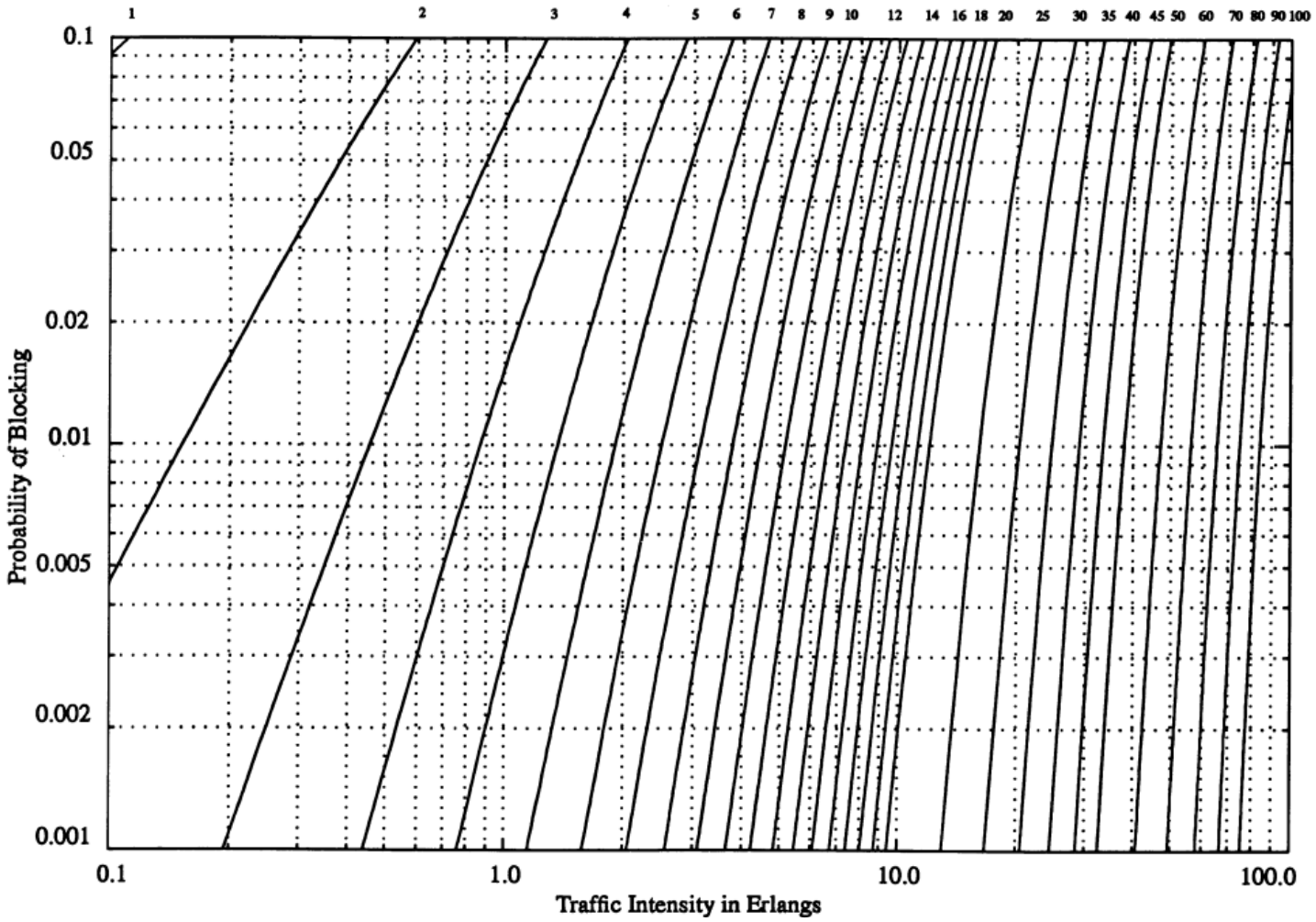
ينبغي تزويد نظام الاتصال بعدد كافي من قنوات الاتصال بحيث يكون احتمال رفض المكالمات Probability of blocking أقل ما يمكن (1% مثلاً). يسمى احتمال الرفض أيضا بسوية الخدمة Grade of Service (GoS) أو احتمال الاحتقان ويعطى بالعلاقة:

$$GoS(n, A) = \frac{A^n}{n!} \times e^{-A}$$

تسمى هذه العلاقة بصيغة إرلنغ ب، حيث A كثافة المعلومات الهاتفية مقدرة بالإرلنغ و n عدد قنوات الاتصال و GoS احتمال الرفض. فعلى سبيل المثال ليكن لدينا نظام اتصال يمتلك ست قنوات اتصال وبمعدل وصول طلب تأسيس المكالمة $\lambda = 2\ \text{Call/min}$ ومعدل إنهاء المكالمة $\mu = 1\ \text{Call/min}$ عندئذ تكون كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة هي $A = \lambda/\mu = 2 Erlang$ وبذلك يكون احتمال الرفض هو $GoS(6,2) = 1.21\%$.

في الحقيقة إن الثلاثية (GoS, A, n) وحيدة، بمعنى أن تحديد أي معاملين من هذه الثلاثية يكفي لتحديد المعامل الثالث. يتم تحديد ذلك عن طريق جدول إرلنغ ب الذي يبين المخطط في **الشكل 1 - 11** جزءاً منه:

جدول إرلنغ ب



The Erlang B chart showing the probability of blocking as functions of the number of channels and traffic intensity in Erlangs.

الشكل 1 - 11- مخطط إرلنغ ب

مثال 1:

ليكن لدينا معدل وصول طلبات الاتصال في نظام اتصال $\lambda = 1000$ Call/Hour ومتوسط مدة المكالمة هو دقيقتان. ما هو عدد القنوات اللازمة لتخديم هذه المكالمات بحيث لايزيد احتمال الرفض عن 2% ؟

أولاً نحسب كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة:

$$A = \lambda \times S = 1000 \text{ Call/Hour} \times 2\text{minutes} = 1000 \times 2/60 = 33.3\text{Erlang}$$

وباستخدام جدول إرلنغ ب نجد أن عدد قنوات الصوت المطلوبة هو 43 قناة. ومع مراعاة وجود قناتي تحكم يصبح العدد اللازم من القنوات هو 45 قناة. وبأخذ النفاذ المتعدد بالتقسيم الزمني في GSM بعين الاعتبار يصبح عدد الحوامل الترددية المطلوبة هو $45/8 \approx 6$ حوامل ترددية كل منها 200KHz.

مثال 2:

ما هي كثافة المعلومات الهاتفية المحملة لنظام اتصال يمتلك عشر قنوات صوت ويسمح باحتمال رفض 5% ؟

الجواب: من جدول إرلنغ نجد أن 6.216Erlang

ملاحظة: إن نموذج الاتصال الذي تطرقنا له هو نموذج Erlang B الذي يسمى أيضاً نموذج الضياع أو نموذج الرفض، علماً أن هناك نموذج اتصال آخر يسمى نموذج Erlang C والذي يسمى نموذج الانتظار.

أسئلة:

40 سؤال، علامتان ونصف لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة

1- أول نظام اتصال نقال هو نظام:

أ- تماثلي خلوي

ب- رقمي خلوي

ت-تماثلي غير خلوي

ث-رقمي غير خلوي

2- واحدة ممايلي ليست من خصائص أنظمة الجيل الأول 1G:

أ- غير متوافقة فيما بينها

ب-لا تدعم التسليم

ت-لا يمكن ضغط الصوت فيها

ث- ذات خلايا كبيرة الحجم

3- أنظمة الجيل الأول 1G هي أنظمة اتصال:

أ- تماثلي خلوي

ب- رقمي خلوي

ت-تماثلي غير خلوي

ث-رقمي غير خلوي

4- أنظمة الجيل الثاني 2G هي أنظمة اتصال:

أ- تماثلي خلوي

ب- رقمي خلوي

ت-تماثلي غير خلوي

ث-رقمي غير خلوي

5- الهاتف اللاسلكي (Cordless) هو مثال على نظام اتصال:

أ- لاسلكي نقال وخلوي

ب-لاسلكي ثابت وخلوي

ت-لاسلكي نقال وغير خلوي

ث-لاسلكي ثابت وغير خلوي

6- تقنية النفاذ المتعدد في GSM هي:

أ- CDMA

ب- FDMA

ت-CDMA-FDMA

ث-TDMA-FDMA

7- نمط الازدواجية Duplex في GSM هو:

أ- TDD

ب- FDD

ت-FDD وTDD معاً.

ث-ليس أياً مما سبق

8- واحدة ممايلي ليست سبباً في زيادة سعة نظم الجيل الثاني مقارنة بنظم الجيل الأول:

أ- طريقة النفاذ المتعدد المستخدمة

ب-نمط الازدواجية الترددية

ت-استخدام ترميز القناة

ث-دعم عدة حزم ترددية

9- واحدة مما يلي ليست من ضمن الخدمات التي يقدمها نظام الجيل الثاني:

أ- نقل المعطيات

ب-التجوال الدولي

ت-تطبيقات الزمن الحقيقي

ث-نقل الصوت

10- استطاعة الإرسال للوحدة المتحركة في النظام GSM:

أ- أقل من 2 واط

أ- أكبر من 2 واط

ب-تساوي 2 واط

ت-ليس أيا مما سبق

11- في النفاذ المتعدد في GSM:

أ- يحجز المشترك حامل ترددي عرضه 900*MHz* لمدة 0.577µs

ب-يحجز المشترك حامل ترددي عرضه 200*KHz* لمدة 0.577µs

ت-يحجز المشترك حامل ترددي عرضه 900*MHz* لمدة 4.615*ms*

ث-يحجز المشترك حامل ترددي عرضه 200*KHz* لمدة 4.615*ms*

12- في نظام GSM، عدد الحوامل الترددية التي يتطلبها إجراء 10 مكالمات بنفس الوقت:

أ- 1

ب-2

ت-5

ث-10

13- في نظام GSM، عدد المشتركين الذين يمكن أن يتشاركوا استخدام الحامل الترددي:

أ- 2

ب- 4

ت- 8

ث- 16

14- في نظام GSM، يتم تأخير الإرسال عن الاستقبال للوحدة المتحركة بمدة:

أ- حصة زمنية واحدة

ب-حصتين زمنيتين

ت-ثلاثة حصص زمنية

ث-أربع حصص زمنية

15- لأغراض التغطية في المناطق الريفية الواسعة يستخدم:

أ- GSM 900

ب- GSM 1800

ت-GSM 1900

ث-CDMA 2000

16- لأغراض السعة في المدن يستخدم:

أ- GSM 900

ب- GSM 1800

ت-GSM 1900

ث-CDMA 2000

17- لتغطية الأبنية بمحطة ثابتة داخلها نستخدم الحزمة الترددية:

أ- GSM 900

ب- GSM 1800

ت-GSM 1900

ث-CDMA 2000

18- لتغطية الأبنية بمحطة ثابتة خارجها نستخدم الحزمة الترددية:

أ- GSM 900

ب- GSM 1800

ت-GSM 1900

ث-CDMA 2000

19- جميع العبارات التالية خطأ ما عدا:

أ- تردد المسار الصاعد أعلى من تردد المسار الهابط

ب-يتناسب فقد المسار عكساً مع التردد

ت-يعتبر المسار الهابط محدودة الاستطاعة مقارنة بالمسار الصاعد

ث- تردد المسار الصاعد أعلى بـ 45MHz من تردد المسار الهابط

20- الرقم المطلق ARFCN لقناة ترددها 911.6MHz:

أ- 106

ب-107

ت-108

ث-109

21- تردد القناة الصاعدة المقابلة للرقم المطلق 1002 هو:

أ- 885.6MHz

ب-895.6MHz

ت-1735.6MHz

ث-1895.6MHz

22- الرقم المطلق للقناة الترددية 1728.2MHz هو:

أ- 100

ب-600

ت-800

ث-1000

23- تردد القناة في المسار الهابط المقابلة للرقم المطلق 75 هو:

أ- 905MHz

ب-920MHz

ت-935MHz

ث-950MHz

24- الرقم المطلق للقناة الترددية 1900MHz هو:

أ- 761

ب-950

ت-1461

ث-5050

25- معدل انقطاع المكالمة Call Drop Rate هو أحد بارمترات الأداء المفتاحية التي تعبر عن:

أ- إمكانية الحصول على الخدمة Accessibility

ب- استمرارية الخدمة Retainability

ت- سلامة الخدمة Integrity

ث-تنقلية الخدمة Mobility

26- يعتبر التأخير الزمني أحد بارمترات الأداء المفتاحية التي تعبر عن:

أ- إمكانية الحصول على الخدمة Accessibility

ب- استمرارية الخدمة Retainability

ت- سلامة الخدمة Integrity

ث-تنقلية الخدمة Mobility

27- معدل رفض طلب الخدمة Blocking Rate هو أحد بارمترات الأداء المفتاحية التي تعبر عن:

أ- إمكانية الحصول على الخدمة Accessibility

ب- استمرارية الخدمة Retainability

ت- سلامة الخدمة Integrity

ث-تنقلية الخدمة Mobility

28- معدل نجاح التسليم Handover Success Rate هو أحد بارمترات الأداء المفتاحية التي تعبر عن:

أ- إمكانية الحصول على الخدمة Accessibility

ب- استمرارية الخدمة Retainability

ت- سلامة الخدمة Integrity

ث-تنقلية الخدمة Mobility

29- معدل النقل Bit Rate هو أحد بارمترات الأداء المفتاحية التي تعبر عن:

أ- إمكانية الحصول على الخدمة Accessibility

ب- استمرارية الخدمة Retainability

ت- سلامة الخدمة Integrity

ث-تنقلية الخدمة Mobility

30- الإرلنغ Erlang:

أ- واحدة كثافة المعلومات الهاتفية المحملة فقط.

ب-واحدة معدل طلب الخدمة

ت-واحدة معدل رفض طلب الخدمة

ث-واحدة عديمة البعد

31- يمكن للقناة الصوتية أن تحمل:

أ- 1 Erlang

ب-2 Erlang

ت-4 Erlang

ث-8 Erlang

32- كثافة المعلومات الهاتفية المحملة:

أ- مستقلة عن نظام الاتصال

ب-ثابتة.

ت- تعبر عن عدد المكالمات التي تسري في لحظة معينة.

ث-تتعلق بمعدل طلب المكالمات λ.

33- كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة لنظام اتصال تسري فيه 100 مكالمة بالساعة ومتوسط مدة كل منها ثلاث دقائق:

أ- 0.55 إرلنغ

ب-5 إرلنغ

ت-100 إرلنغ

ث- 300 إرلنغ

34- سوية الخدمة GoS هي:

أ- معدل الخطأ في البت الذي لا يسمح بتجاوزه في نظام الاتصال.

ب-معدل الانقطاع الذي لايسمح بتجاوزه في نظام الاتصال.

ت-معدل رفض طلب المكالمة الذي لايسمح بتجاوزه في نظام الاتصال.

ث-معدل نجاح التسليم الذي يجب تجاوزه في نظام الاتصال.

35- لتحديد عدد القنوات الصوتية اللازمة في نظام اتصال لا يشترط معرفة:

أ- سوية الخدمة GOS.

ب-كثافة المعلومات الهاتفية المقدمة.

ت-معدل طلب المكالمة.

ث-عرض الحامل الترددي للقناة.

36- كثافة المعلومات الهاتفية المحملة لنظام اتصال يملك 24 قناة صوتية ويسمح باحتمال رفض 1%:

أ- 10 إرلنغ

ب-15 إرلنغ

ت-20 إرلنغ

ث-25 إرلنغ

37- كثافة المعلومات الهاتفية المحملة لنظام اتصال يمتلك 24 قناة صوتية ويسمح باحتمال رفض 10%:

أ- 11 إرلنغ

ب-16 إرلنغ

ت-21 إرلنغ

ث-26 إرلنغ

38- كثافة المعلومات الهاتفية المحملة لنظام اتصال يمتلك 48 قناة صوتية ويسمح باحتمال رفض 1%:

أ- 31 إرلنغ

ب-36 إرلنغ

ت-41 إرلنغ

ث-46 إرلنغ

39- معدل الرفض الذي يسمح به نظام اتصال يمتلك 15 قناة صوتية ويسمح بـ 300 مكالمة في الساعة مدة كل منها دقيقتان:

أ- 1%

ب-2%

ت-5%

ث-10%

40- عدد الحوامل الترددية اللازمة لنظام اتصال GSM يسمح بـ 200 طلب مكالمة بالساعة ومتوسط مدة كل منها 5 دقائق بحيث لايزيد احتمال الرفض عن 5% (اعلماً أنه يلزم حصة زمنية إضافية تستخدم للتحكم).

أ- 1

ب-2

ت-3

ث-4

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ت	ب	أ	ب	ت	ث	ت	ت	ت	أ	ب	ب	ت	ت	أ	ب	ب	أ	ت	ت

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
أ	ب	ث	أ	ب	ت	أ	ث	ت	ث	أ	ب	ب	ت	ث	ب	ت	ب	ت	ت

الفصل الثاني

بنية الشبكة الخلوية

ملخص:

يقدم هذا الفصل لمحة عن بنية الشبكة الخلوية ويتناول العناصر الأساسية المكونة لنظام الجيل الثاني من ناحية وظيفية، كما يتضمن هذا الفصل التقسيمات الجغرافية للشبكة الخلوية.

كلمات مفتاحية:

الشبكة الراديوية، الشبكة المركزية، الوحدة المتحركة، المحطة الثابتة، وحدة التحكم بالمحطات الثابتة، شريحة الاشتراك، مركز التبديل، سجل مقر الاشتراك، الخلية، المنطقة المحلية.

أهداف تعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1- تتعرف على عناصر الشبكة الخلوية وتلخص وظائفها الأساسية

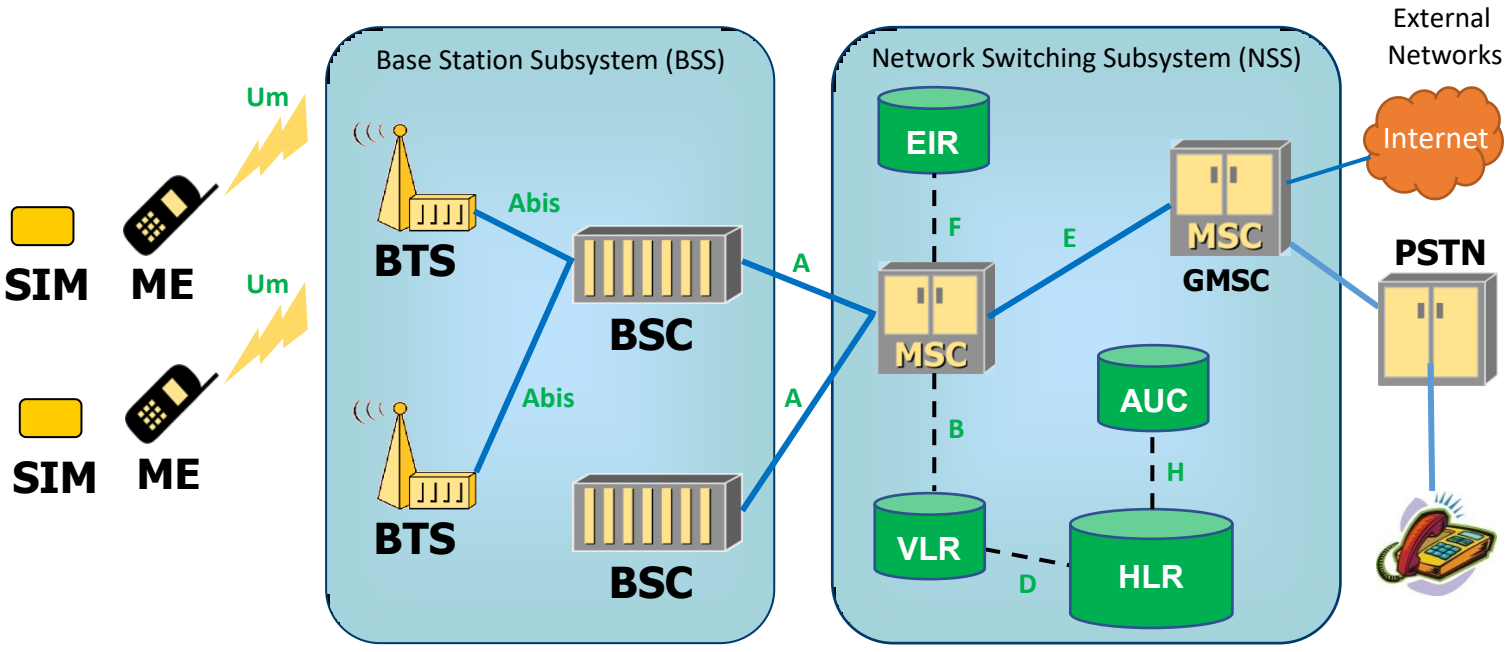
2- توصف البنية الجغرافية في الشبكة الخلوية

3- تحدد أهمية الخلايا في نظام الاتصال النقال

1- البينة الفيزيائية لنظام الجيل الثاني:

تقسم الشبكة الخلوية في الجيل الثاني إلى شبكتين فرعيتين تتكون كل منهما من مجموعة من الواحدات الوظيفية كما هو موضح في الشكل 2 - 1 ، هاتين الشبكتين هما:

- الشبكة الراديوية RAN
- الشبكة المركزية CN



الشكل 2 - 1- البنية الفيزيائية لنظام الجيل الثاني

1.1- شبكة النفاذ الراديوي RAN:

تقوم شبكة النفاذ الراديوي بأداء كافة الوظائف ردايوية الشأن وهي تمثل صلة الوصل بين الوحدة المتحركة والشبكة المركزية. وتتألف من الوحدات الوظيفية التالية:

1. الوحدة المتحركة Mobile Station
2. المحطة الثابتة Base Transceiver Station
3. وحدة التحكم بالمحطات الثابتة Base Station Controller

1.1.1- الوحدة المتحركة MS:

الوحدة المتحركة هي محطة اتصال راديوي يمكن نقلها أثناء عملها. تستخدم الوحدة المتحركة من قبل المشترك للاتصال بالشبكة الخلوية وإجراء واستقبال الاتصال الخلوي. وتتألف من جزأين هما: الجهاز النقال ME وشريحة الاشتراك SIM.

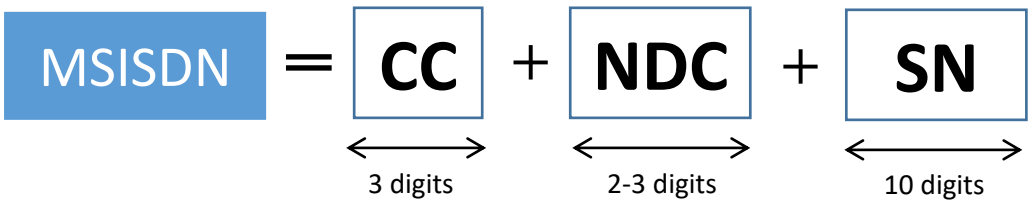
1.1.1.1- شريحة الاشتراك SIM:

على خلاف سابقاته من النظم الخلوية، يتميز نظام الجيل الثاني بتحقيق استقلالية المشترك عن الجهاز النقال. حيث تخزن معلومات المشترك ضمن شريحة اشتراك SIM (Subscriber Identity Model) يمكن تركيبها في الجهاز النقال وفكها منه. جلب ذلك مزايا جديدة للمشتركين تتعلق بالأمان، حيث تخزن في شريحة الاشتراك معلومات التحقق والتشفير الخاصة بالمشترك. ومزايا تتعلق بسهولة الحمل ومرونة تغيير الجهاز النقال من دون تغيير الاشتراك مما شجع المنافسة بين مصنعي الهواتف النقالة. تحتوي شريحة الاشتراك على معلومات عن المشترك وعن الشبكة الخلوية أهمها:

1. رقم هاتف المشترك MSISDN

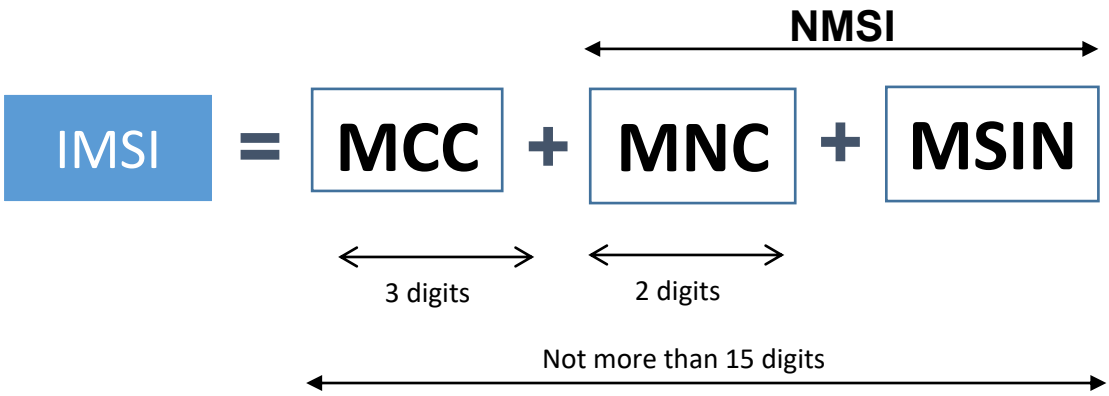
رقم هاتف المشترك Mobile Subsecriber ISDN Number وهو رقم الهاتف الفعلي للمشترك الذي يتداوله المشتركون فيما بينهم ويستخدمونه لطلب الاتصال بصاحب هذا الرقم. ويتكون هذا الرقم من:

- الرمز القطري CC (Country Code): وهو رقم يتألف من ثلاث خانات يدل على رقم البلد الذي تقدم الشبكة خدماتها ضمنه، فعلى سبيل المثال في سوريا 963 = CC.
- الرمز الوطني NDC (National Destination Code): يستخدم هذا الرقم للتمييز بين الشبكات المختلفة ضمن نفس البلد، ويتألف من خانتين أو ثلاث خانات، على سبيل المثال مثال 93 أو98.
- رقم المشترك SN (Subscriber Number): يشغل هذا الرقم بقية الخانات في رقم هاتف المشترك بحيث لايتجاوز عدد خاناته عشر خانات ويستخدم للتمييز بين المشتركين ضمن نفس البلد ونفس الشبكة.



2. هوية المشترك الدولية IMSI

وهو رقم فريد يميز المشترك عن بقية مشتركي الجيل الثاني حول العالم، تستخدمه الشبكة الخلوية للنداء ولا يتداول بين المشتركين حيث يعتبر هذا الرقم ذو وظيفة إدارية بخلاف رقم هاتف المشترك MSISDN ذو الوظيفة الخدمية.



MCC = Mobile Country Code (417 for SY)
MNC = Mobile Network Code (1 Syriatel, 2 MTN)
MSIN = Mobile Station Identification Number
NMSI = National Mobile Subscriber Identity

3. هوية المشترك المؤقتة TMSI

وتستخدمها الشبكة للنداء بدلا من هوية المشترك الدولية للأمان والضغط.

4. هوية المنطقة المحلية Location Area Identity (LAI)

5. رقم الهوية الشخصية Personal Identification Number (PIN)

6. مفتاح فك قفل رقم الهوية الشخصية PIN Unlock Key (PUK)

7. الترددات التي تستخدمها الشبكة الخلوية المشغلة PLMN Frquencies

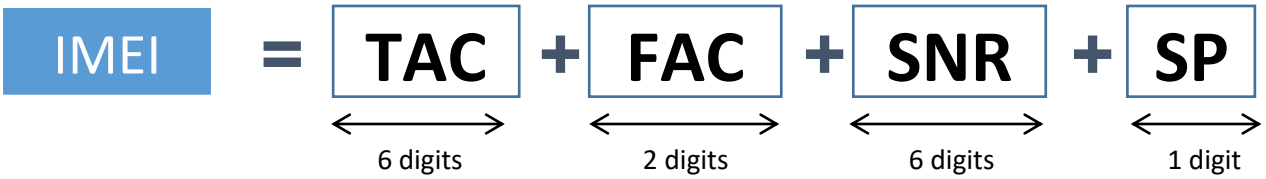
8. مفتاح التحقق Authentication Key (Ki) ومفتاح التشفير Ciphering Key (Kc)

9. خوارزميات التحقق والتشفير A3 وA8 وA5

10. قائمة الاتصالات الأخيرة والرسائل القصيرة الأخيرة وأرقام هواتف المشتركين المخزنة.

2.1.1.1- الجهاز النقال Mobile Equipment:

وهو جهاز الهاتف الخلوي الذي يستخدمه المشترك لإجراء المكالمات بعد أن يقوم بتركيب شريحة الاشتراك بداخله. ويتكون من مرسل – مستقبل Transceiver ودارة تحكم Control Circuitry وDuplexer وهوائي ودارات التحويل التماثلي الرقمي ووحدات معالجة الإشارة في المجال القاعدي (النطاق الأساسي). يمتلك كل جهاز نقال هوية خاصة به تميزه عن بقية الأجهزة النقالة المصنعة في جميع أنحاء العالم، تسمى هوية الجهاز النقال(IMEI) International Mobile Equipment Identity.



TAC = Type Approval Code
FAC = Final Assembly Code
SNR = Serial Number
SP = Spare

يقوم الجهاز النقال بعدة وظائف أهمها:

1- الاستقبال والإرسال الراديوي

2- ترميز وفك ترميز المنبع، ترميز وفك ترميز القناة ، التعديل وفك التعديل.

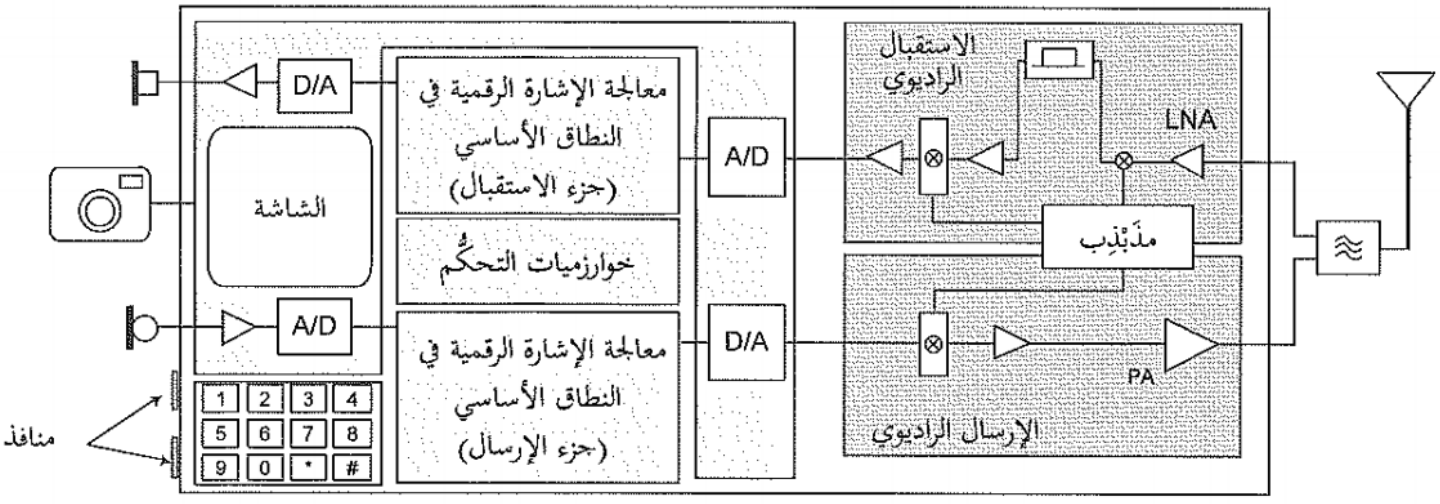
3- الوظائف السمعية (الميكرفون ومضخم الصوت وسماعة الأذن)

4- تنفيذ بروتوكولات والتسليم والتحكم بالمكالمة

5- تنفيذ التحكم بالاستطاعة والقفز الترددي والنفاذ إلى الوسط الراديوي.

يوضح الشكل 2 – 2 أدناه الأجزاء الرئيسية في الجهاز النقال:

فيديو – بنية الجهاز النقال



الشكل 2 – 2 – بنية الجهاز النقال

2.1.1- المحطة الثابتة Base Station Transciver (BTS):

تشكل المحطة الثابتة صلة الوصل بين الوحدة المتحركة والشبكة المركزية فهي تتصل مع الوحدة المتحركة عبر الوصلة الراديوية Um وتتصل مع وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC عبر الوصلة Abis. تتألف المحطة الثابتة فيزيائياً من المعدات والتجهيزات اللازمة لتغطية منطقة جغرافية معينة بالأمواج الراديوية من جهة أخرى يمكن أن تتكون المحطة الثابتة من خلية واحدة أوعدة خلايا. ومن أهم وظائفها:

1- توليد الإشارات الراديوية ضمن المنطقة الجغرافية المحيطة.

2- إجراء قياسات دورية في المسار الصاعد كجودة الإشارة واستطاعة التداخل وغيرها، وتبليغ وحدة التحكم بالمحطات الثابتة بنتائج هذه القياسات لاتخاذ الإجراءات اللازمة لتحسين الأداء.

3- معالجة الإشارات اللاسلكية المستقبلة من الوحدات المتحركة وتحويلها إلى رقمية.

4- استقبال الإشارات الرقمية من وحدة التحكم بالمحطات الثابتة وتحويلها إلى إشارة تماثلية وإرسالها إلى المحطات المتحركة.

5- تنفيذ الإجراءات المسؤولة عن تحسين أداء الشبكة الخلوية كالقفز الترددي والإرسال المتقطع والتحكم بالاستطاعة.

6- تنفيذ أوامر وحدة التحكم بالمحطات الثابتة

نذكر فيمايلي العناصر المكونة للمحطة الثابتة.

1.2.1.1- هوائيات الإرسال والاستقبال الراديوي Antenna:

من النقاط التي يجب مراعاتها عند اختيار الهوائي:

1- الحزم الترددية التي يدعمها وهل هو وحيد الحزمة SingleBand أم متعدد الحزم MultiBand

2- دعمه للميلان الالكتروني Electrical tilt وزوايا الميلان التي يدعمها.

3- عدد البوابات التي يمتلكها، فإذا كان يمتلك بوابة واحدة فقط ويدعم أكثر من حزمة عندئذ ينبغي استخدام Combiner مع Diplexer لمزج وتفريق الحزمتين على المسارين الصاعد والهابط على الترتيب مما يؤدي إلى ضياع إضافي في استطاعة الإشارة.

4- زاوية الإشعاع HPBW وهي تعبر عن اتجاهية الهوائي، حيث يوجد نمطين من الهوائيات هما:

أ- الهوائيات عديمة الاتجاهية Omni: ترسل وتستقبل الأمواج الكهرطيسية بكافة اتجاهات المستوي الأفقي.

ب-الهوائيات الاتجاهية Directional: ترسل وتستقبل الأمواج الكهرطيسية بفعالية أكبر باتجاه معين مقارنة ببقية الاتجاهات. تسمى مساحة التغطية الخاصة بالهوائي الاتجاهي "قطاع" Sector. يفيد التقسيم القطاعي في تعظيم الاستفادة من المحطة الثابتة بتكثيف الموارد الراديوية بالاتجاهات المستهدفة مما يقلل الهدر ويحسن الأداء.

5- ربح الهوائي: ربح الهوائي U هو النسبة بين شدة الإشعاع للهوائي U وشدة الإشعاع لهوائي آيزوتروبي U_0 يشع بنفس الاستطاعة الكلية P التي يشعها الهوائي الحقيقي وتقدر بـ dBi. الهوائي الآيزوتروبي هو هوائي

افتراضي عديم الضياعات يشع في جميع الاتجاهات الأفقية والشاقولية بنفس الشدة في كل نقطة من نقاط الفضاء المحيط. وهو هوائي مثالي غير قابل للتحقيق عملياً يمثل بنقطة ويمثل مخطط اللإشعاع الخاص به بكرة، ويستخدم كمرجع لمقارنة الخواص الاتجاهية للهوائيات الحقيقية. يعبر ربح الهوائي عن جودة الهوائي في تحويل الاستطاعة المقدمة إليه إلى إشعاع كهرطيسي راديوي باتجاه معين. تعتمد قيمة ربح الهوائي على اتجاهيته وخصائصه التي يحددها المصنع في دفتر المواصفات.

6- زاوية السمت Azimuth

7- ارتفاع الهوائي

1.2.1.1- خطوط النقل Transmission Lines:

تستخدم خطوط نقل محورية Coaxials لربط وحدة المعالجة الراديوية RFU مع الهوائي. تتميز خطوط النقل المحورية بأنها تحصر الحقل الكهرطيسي ما بين الناقل الداخلي والناقل الخارجي لخط النقل، وهذا يؤمن تخفيض مستوى الضياع في الاستطاعة وحماية الإشارة من التداخل مع الوسط الخارجي. تتعلق الضياعات في خطوط النقل بعدة عوامل أهمها:

1- القطر الخارجي للمادة العازلة لخط النقل المحوري، فكلما كان هذا القطر أكبر كان الضياع أقل.

2- التردد الحامل للحزمة، فكلما ازداد التردد الحامل ازداد ضياع خط النقل المحوري.

3- مرونة خط النقل المحوري (سهولة الثني)، فكلما ازداد مرونة خط النقل المحوري ازداد الضياع فيه.

4- نوع المادة العازلة التي تملأ الفراغ ما بين الناقل الداخلي والناقل الخارجي، وهي إما أن تكون من البلاستيك المعالج Foam أو الهواء. إن استخدام الهواء كعازل يقلل الضياع ولكنه أكثر تكلفة وأصعب في التصنيع.

5- ممانعة الناقل الداخلي: لتجنب انعكاسات الإشارة يجب أن يكون لجميع مكونات خط النقل المحوري نفس الممانعة.

نميز بين نوعين من خطوط النقل المستخدمة لربط المرسل بالهوائي في المحطات القاعدية:

- المغذي Feeder: وهو خط نقل محوري ذو قطر كبير وبالتالي ضياع قليل. يستخدم المغذي عندما لا يمكن تخفيض المسافة بين وحدة الإرسال الراديوي وهوائي الإرسال. تقلل ثخانة المغذي من الضياع إلا أنها تسبب زيادة في قطر انحناء المغذي ووزنه الذي يجب حمله إلى أعلى الدعامة وبالتالي يشغل حجم أكبر. من سلبيات المغذي أيضا صعوبة وصله مباشرة بوحدة التحكم الراديوية RFU وبالهوائي لذلك يتم وصل طرفيه بخطي نقل محوريين jumpers أقل ثخانة مما يؤدي إلى ضياعات إضافية في الوصل. يعطى ضياع المغذي بالعلاقة:

$$\text{Feeder Loss (dB)} = \text{Feeder Loss per 100m (dB)} \times \text{Feeder length(m)}/\ 100\text{m}$$

- الـ jumper: وهو خط نقل محوري ذو قطر صغير وبالتالي ضياع أكبر من المغذي ويستخدم في حالتين:

1. الوصل المباشر دون استخدام مغذي feeder-less: عندما تكون المسافة بين وحدة الإرسال والهوائي قصيرة حيث تكون الوحدة الراديوية RFU على سطح بناء أو مثبتة في أعلى البرج. لا يستخدم

الjumper للوصل على مسافات كبيرة حيث يسبب ذلك ضياع كبير مقارنة بالضياع الناتج عن استخدام المغذي على المسافة نفسها.

2. الوصل مع مغذي: يستخدم لربط المغذي مع الوحدة الراديوية RFU خط نقل رفيع inner jumber، ويستخدم لوصل المغذي مع الهوائي خط نقل آخر outer jumper.

تؤدي الوصلات المستخدمة لربط المغذي مع الjumper ضياعات أضافية في الإشارات، وتعطى القيمة النموذجية لهذه الضياعات بالعلاقة:

$$\text{Connector Loss(dB)} = \text{Connector Number} \times 0.05 \times \sqrt{\text{Operating Frequency in GHz}}$$

وحدة المعالجة القاعدية Base Band Unit (BBU):

وتقوم بالوظائف التالية:

أ- ترميز وفك ترميز الكلام

ب-ترميز القناة وفك ترميز القناة

ت-التشفير وفك التشفير

وحدة المعالجة الراديوية Radio Frequrncy Unit (RFU)

ومن أهم وظائفها:

- التعديل وفك التعديل
- تنفيذ القفز الترددي
- تنفيذ أوامر التحكم بالاستطاعة
- إجراء القياسات في المسار الصاعد

4.2.1.1- هوائيات الإرسال والاستقبال المايكروي:

وتستخدم لنقل الإشارة من المحطة الثابتة إلى وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC. وتتطلب وجود خط النظر LOS بين هوائيي الإرسال والاستقبال.

5.2.1.1- عناصر اختيارية:

- مضخم القمة TMA: يستخدم مضخم الاستطاعة TMA ما بين هوائي الاستقبال والمغذي لتحسين حساسية المستقبل في المسار الصاعد و إكساب الإشارة القدرة على تحمل ضياعات المغذي.
- وحدات توليد الطاقة الكهربائية: ألواح الطاقة الشمسية، عنفات طاقة الرياح، محركات توليد الطاقة أو خزانة البطاريات.

١

- تتطلب الخلية هوائي واحد على الأقل.
- تتطلب كل خلية وحدة معالجة راديوية RFU خاصة بها.

٢

- يمكن لعدة خلايا أن تشترك في استخدام نفس الهوائي
- مثال: يمكن أن تشترك خلية 900MHz مع خلية 1800MHz بهوائي يدعم كلا الحزمتين معاً.
- يسمى هذا النوع من الهوائيات بالهوائيات متعددة الحزم Multi-Band Antenna

٣

- يمكن أن تتطلب خلية واحدة عدة هوائيات
- يستخدم لتحقيق ذلك مقسمات الإشارة Splitters في المسار الهابط والموازج Mixers في المسار الصاعد
- من فوائد هذا التصميم تقليص عدد مرات التسليم ويستخدم على الطرقات السريعة وداخل الأبنية
- من سلبيات هذا التصميم أنه يخفض استطاعة الإرسال في المسار الهابط

3.1.1- وحدة التحكم بالمحطات الثابتة Base Station Controller (BSC):

يتم التحكم بمجموعة مكونة من مئات المحطات الثابتة عبر وحدة تحكم BSC واحدة. يقع على عاتق وحدة التحكم إدارة كافة الوظائف المتعلقة بالاتصال الراديوي في الشبكة الخلوية ومن أبرز هذه الوظائف:

1- إدارة التسليم بين خلايا وحدة التحكم Intra BSC Handover

2- تخصيص القنوات الراديوية للوحدات المتحركة وتحريرها بعد الانتهاء من استخدامها.

3- إرسال أوامر القفز الترددي والتحكم بالاستطاعة

4- اختيار خوارزمية التشفير

5- مراقبة الوصلة الراديوية ومعالجة تقارير القياس للمسارين الصاعد والهابط.

2.1- الشبكة المركزية CN:

الشبكة المركزية Core Network أو شبكة نظام التبديل NSS هي الجزء المسؤول عن العمليات اللاراديوية في الشبكة الخلوية كتوجيه المكالمات وعمليات التحقق وإدارة حسابات المشتركين. وتتألف من الوحدات الوظيفية التالية:

1- مراكز التبديل MCS

2- سجل مقر الاشتراك Home Location Register (HLR)

3- سجلات المقر الحالي Visitor Location Register (VLR)

4- مركز التحقق Authentication Center (AUC)

5- سجل أجهزة المشتركين Equipment Identity Register (EIR)

1.2.1- مركز التبديل MSC:

يرتبط مركز التبديل MSC بعدة وحدات تحكم BSCs وترتبط كل وحدة تحكم بمركز تبديل واحد فقط ويتم ذلك عبر الواجهة البينية A interface. يقوم مركز التبديل بعدة وظائف أهمها:

1- توجيه المكالمات call routing ينفذ مركز التبديل وظائف التبديل الهاتفي في الشبكة الخلوية. ويتحكم بتوجيه المكالمات والمعطيات المتجهة من وإلى الشبكات الأخرى النقالة منها أوالثابتة فضلاً عن تلك المتجهة من وإلى مراكز التبديل المختلفة ضمن الشبكة الخلوية نفسها.

2- التحقق والتسجيل وتحديث الموقع.

3- التحكم بالتسليم مابين وحدات التحكم Inter BSC HO وبين مراكز التبديل Inter MSC HO.

بوابة الشبكة GMSC هي مركز تبديل يمكنه استجواب سجل مقر الاشتراك HLR بهدف تسيير مكالمة واردة من خارج الشبكة الخلوية إلى مشترك داخلها أو بالاتجاه المعاكس. على سبيل المثال مكالمة واردة من أحد مشتركي الشبكة الهاتفية الثابتة PSTN إلى أحد مشتركي الشبكة الخلوية، عندئذ تستطيع الشبكة الهاتفية الثابتة النفاذ إلى الشبكة الخلوية عبر طلب الاتصال بوابة الشبكة GMSC. بينما لا يتطلب تسيير المكالمات بين مشتركي الشبكة الخلوية نفسها استخدام بولبة الشبكة وإنما يتم ذلك عبر مراكز التبديل الأخرى. ومن الجدير بالذكر أن أي مركز تبديل يمكنه أن يصبح بوابة للشبكة بتزويده بالبرمجية المناسبة.

2.2.1- سجل مقر الاشتراك Home Location Register (HLR):

سجل مقر الاشتراك HLR هو قاعدة المعطيات المركزية في الشبكة الخلوية تخزن فيها البيانات الخاصة بحسابات جميع المشتركين في الشبكة بشكل دائم طيلة فترة الاشتراك بغض النظر عن موقع المشترك ولا تحذف منها إلا بإلغاء الاشتراك، وتتضمن هذه البيانات:

- الهوية الشخصية PIN لكل مشترك
- قائمة الخدمات التي يشترك بها كل مشترك
- الموقع الحالي وسجل المقر الحالي لكل مشترك
- معلومات التحقق لكل مشترك
- هوية المشترك الدولية IMSI ورقم هاتف المشترك MSISDN لجميع المشتركين

سجل مقر الاشتراك HLR هو سجل وحيد في الشبكة الخلوية ويمكن أن يتواجد إلى جانب أحد مراكز التبديل MSC أوفي مكان خاص به.

3.2.1- سجل المقر الحالي Visitor Location Register (VLR):

يطلق على المشتركين المتواجدين ضمن منطقة خدمة مركز التبديل ما اسم زوار هذه المنطقة، يجب أن يمتلك مركز التبديل معلومات عن كافة زوَّار منطقة خدمته ليتمكن من توجيه مكالماتهم. تخزن هذه المعلومات في سجل المقر الحالي VLR وهو قاعدة معطيات تتضمن نسخة من المعلومات المخزنة في سجل مقر الاشتراك HLR الخاصة بالمشتركين المتواجدين حالياً في منطقة خدمة مركز التبديل Service Area MSC. وبالتالي يوجد سجل مقر حالي لكل مركز تبديل. تخزن معلومات المشترك في سجل المقر الحالي المرتبط بمركز تبديل ما X بشكل مؤقت طيلة فترة بقائه في منطقة خدمة مركز التبديل X وتحذف منه عند انتقاله منها إلى منطقة خدمة مركز تبديل آخر Y. وعندئذ يطلب سجل المقر الحالي الجديد معلومات عن هذا المشترك من سجل مقر الاشتراك، يقوم سجل مقر الاشتراك بإرسال نسخة من المعلومات الخاصة بالمشترك إلى سجل المقر الحالي الجديد وتحديث الموقع المسجل في مقر الاشتراك.

4.2.1- مركز التحقق Authentication Center (AUC):

مركز التحقق عبارة عن قاعدة معطيات وظيفتها الأساسية حماية الشبكة الخلوية من الاختراق من خلال منع تقديم خدمات الشبكة الخلوية إلا للأشخاص المخوَّلين لذلك. يرتبط مركز التحقق مع سجل مقر الاشتراك ويزوده بمفاتيح التحقق والتشفير اللازمة لضمان أمن الشبكة.

5.2.1- سجل أجهزة المشتركين Equipment Identity Register (EIR):

وهو قاعدة معطيات تحتوي على ثلاث قوائم هي القائمة البيضاء وتتضمن الأجهزة المتحركة النظامية المرخصة والقائمة السوداء تتضمن الأجهزة الغير نظامية والقائمة الرمادية تتضمن الأجهزة الغير مؤكدة. يساعد ذلك في حجب الخدمة عن الأجهزة المسروقة أوالغير مرخصة أو المعيبة. إن حجب الخدمة عن الجهاز النقال لايسبب حجب الخدمة عن المشترك وذلك بفضل فصل شريحة الاشتراك عن الجهاز النقال في الجيل الثاني. إن سجل أجهزة المشتركين هو جزء اختياري يمكن الاستغناء عنه. فيديو – بنية الشبكة الخلوية

2- البنية الجغرافية لنظام الجيل الثاني

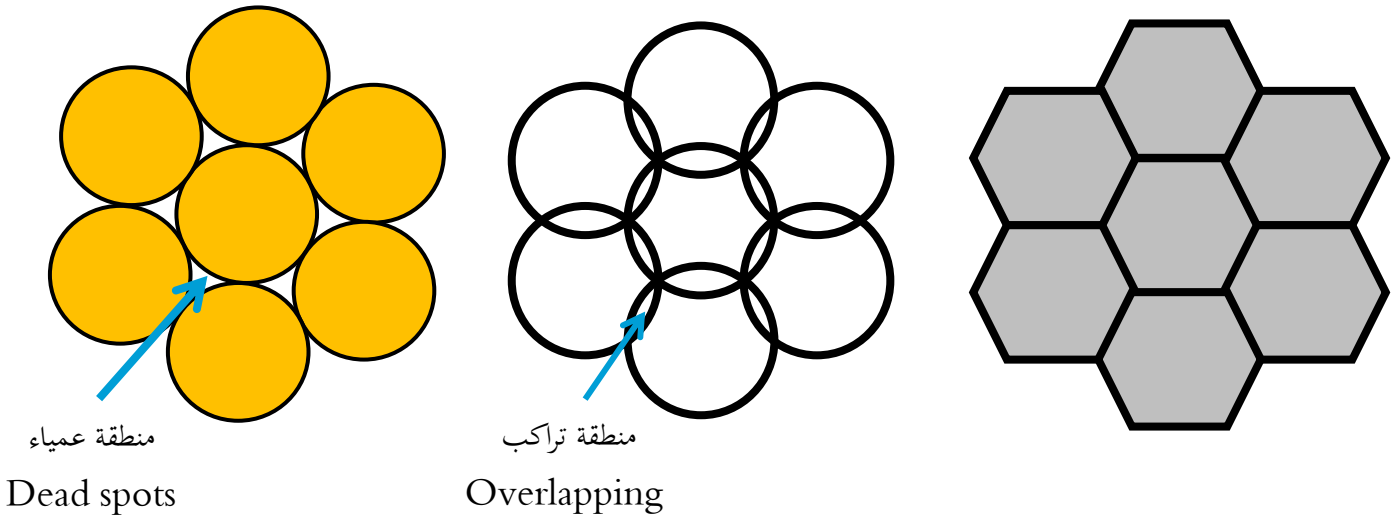
يحتاج النظام الخلوي إلى بنية جغرافية محددة لتسيير المكالمات الواردة ضمن الشبكة لتصل إلى الوحدة المتحركة المطلوبة. هذه البنية مهمة جداً لتجوال المشتركين ضمن الشبكة الخلوية حيث تراقب هذه البنية مواقع المشتركين بشكل دائم.

1.2- الخلية Cell:

1.1.2- تعريف الخلية:

تتخامد الإشارات التي ترسلها المحطة الثابتة أثناء انتشارها مبتعدة عنها ومن جهة أخرى يتطلب الاستقبال الناجح لهذه الإشارات حداً أدنى لنسبة الإشارة إلى الضجيج والتداخل SINR، يطلق على المنطقة اللتي تكون فيها النسبة SINR أكبر من هذه العتبة اسم الخلية أو منطقة تغطية المحطة الثابتة.

الخلية هي الوحدة الجغرافية الأساسية في نظام الجيل الثاني وهي المساحة الجغرافية التي يتم تغطيتها بالأمواج الراديوية باستخدام محطة ثابتة واحدة، وتمثل نظرياً بشكل سداسي منتظم تقع المحطة الثابتة في مركزه. يخصص لكل خلية رقم فريد يسمى بالهوية العالمية للخلية الCGI (Cell Global Identity). يجري تمثيل الخلية نظرياً بشكل سداسي بدلاً من الشكل الدائري، وذلك لكون الشكل السداسي قابل للترصيع أما الشكل الدائري فينتج عنه مناطق عمياء أو مناطق متداخلة كما يوضح الشكل 2 - 3.



الشكل 2 - 3 – التمثيل السداسي والدائري للخلية

2.1.2– الحاجة إلى الخلايا:

لماذا لا نكتفي بمحطة ثابتة ذات استطاعة كبيرة بما يكفي لتغطية كامل الشبكة، بدلا من تقسيم المنطقة الجغرافية إلى عدة خلايا؟ تكمن الحاجة إلى الخلايا من محدودية التغطية والسعة في نظام الاتصال.

- محدودية التغطية: يوصف المسار الصاعد بأنه محدود التغطية مقارنة بالمسار الهابط بسبب محدودية استطاعة بطارية الوحدة المتحركة.
- محدودية السعة: تنشأ محدودية السعة من كون المجال الترددي اللازم لتخديم كافة المشتركين أكبر بكثير من المورد الترددي المتاح في النظام النقال. على سبيل المثال تحتاج الخلية لإجراء 1000 مكالمة في نفس الوقت إلى 1000 قناة لنقل الصوت كل ثمانية منها بحاجة إلى حامل ترددي واحد عرضه 200KHz، وبالتالي يلزم 125 حامل ترددي أي يلزم 25MHz، وهكذا تستهلك الخلية هنا كامل الحزمة الترددية لنظام GSM 900 لإجراء ألف مكالمة في نفس الوقت، وأي مكالمة إضافية سوف يتم رفضها لعدم توفر قناة لنقل الصوت.
- أما لإجراء 2000 مكالمة في نفس الوقت فتحتاج الخلية A إلى ضعف الحزمة المتاحة في GSM 900، لذلك يمكن تقسيم هذه الخلية إلى خليتين B وC وإعادة استخدام كامل الحزمة الترددية في كل منهما بحيث يتم إجراء ألف مكالمة بنفس الوقت في كل من B وC. تظهر مشكلة التداخل بسبب استخدام نفس القنوات الترددية في الخليتين المتجاورتين، لذلك ينبغي تقسيم الخلية A إلى عدد أكبر من الخلايا لتخفيض التداخل بحيث يتم إعادة استخدام جزء من الحزمة المتاحة في خلايا متباعدة جغرافياً.

3.1.2– أنواع الخلايا:

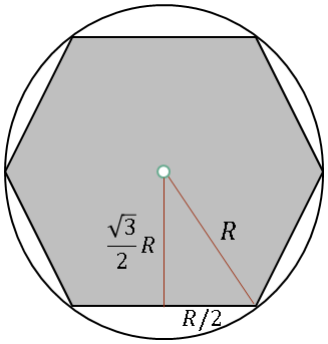
يطلب من المحطة الثابتة (عادةً) أن توفر التغطية الراديوية بكافة الاتجاهات في المستوي الأفقي لتحقيق التغطية في كافة أنحاء المستوي الأفقي. على الرغم من ذلك فإن الاتجاهية في المستوي الأفقي تفيد في تحسين سعة الخلية لذلك يتم تقسيم مساحة التغطية الخاصة بالمحطة الثابتة إلى قطاعات.

الخلية الأحادية Omni-Cell

هي خلية يتم تخديمها بهوائي غير موجه يشع وتستقبل الأمواج الراديوية بجميع اتجاهات المستوي الأفقي (360°) ويكثر استخدام هذا النوع من الخلايا في التغطية الأماكن المغلقة كالأبنية Indoor coverage. يبين الشكل 2 – 4 المجاور قطر الخلية الأحادية وتحسب مساحتها نظرياً كمايلي:

$$A_{cell}=2.598\times R^2$$

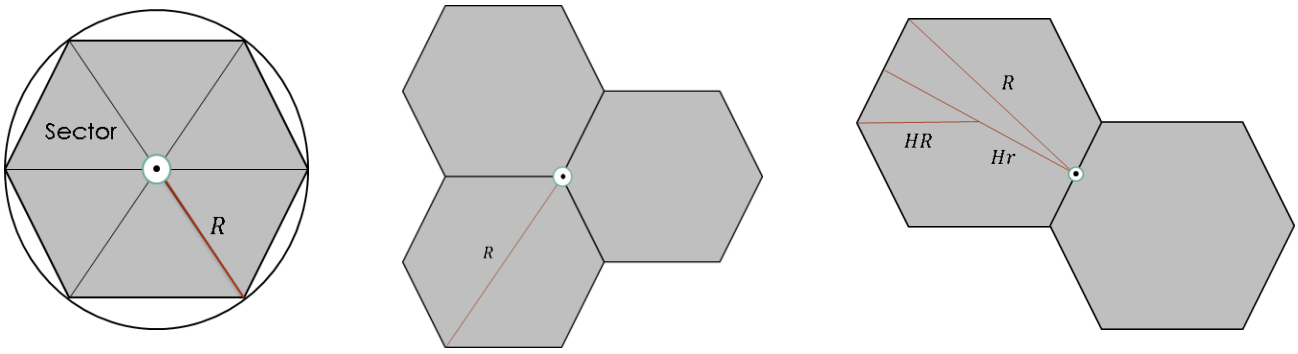
حيث نصف قطر الخلية R (عمق الخلية) وهو المسافة التي تفصل أبعد نقطة من الخلية عن المحطة الثابتة.



الشكل 2 – 4 – الخلية الأحادية

المحطة الثابتة متعددة الخلايا:

وهي عبارة عن عدة خلايا متواجدة في نفس المكان ونفس المحطة الثابتة ولكن لكل منها هوائي باتجاه مختلف. يسمح التصميم المتعدد الخلايا بمضاعفة سعة المحطة الثابتة عدة أضعاف التصميم أحادي الخلية بالإضافة إلى زيادة المساحة التي تغطيها المحطة الثابتة وذلك بفضل ربح الهوائي الاتجاهي. إلا أن التكلفة تزداد كلما ازداد عدد الخلايا (القطاعات) في المحطة الثابتة. يبين الشكل 2 – 5 عدة تصاميم للمحطات الثابتة متعددة الخلايا كالتصميم ثنائي الخلايا والتصميم ثلاثي الخلايا والتصميم سداسي الخلايا.



الشكل 2 – 5 – المحطات الثابتة متعددة الخلايا

التصميم وحيد الخلية
- يناسب لتغطية الأبنية بهوائيات سقفية Indoor Coverage
- يناسب لتغطية المناطق الغير مأهولة كالصحارى والغابات

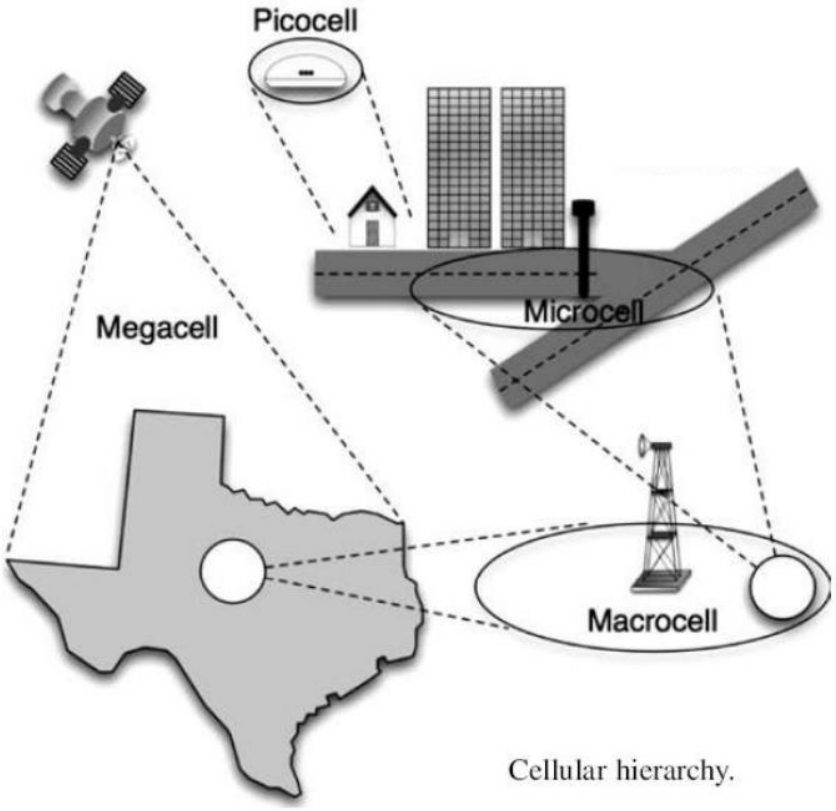
التصميم ثنائي الخلايا
- مناسبة لتغطية الطرقات والمناطق المنحدرة

التصميم ثلاثي الخلايا
- تلبي متطلبات التغطية والسعة في معظم الحالات
- الأكثر شيوعاً

التصميم سداسي الخلايا
- أداء عالي من حيث التغطية والسعة
- هذا التصميم مكلف ويتطلب هوائيات شديدة الاتجاهية

تصنف الخلايا أيضاً حسب حجمها كما هو موضح في الشكل 2 - 6 إلى:

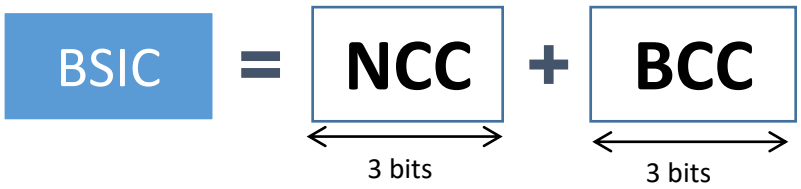
- خلايا ماكرو Macro Cells: تستخدم لتغطية مساحات واسعة بحجم بلدة وتتطلب محطة ثابتة بهوائيات ذات ارتفاع واضح عن البيئة المحيطة يتم ذلك باستخدام برج تغطية أوسارية فوق سطح بناء.
- خلايا ميكرو Micro Cells: تستخدم لتغطية مساحات معينة بحجم حي أوشارع أوسوق وتعد الخلايا الجدارية مثال عليها.
- خلايا بيكو Pico Cells: و تستخدم لتغطية الأبنية بهوائيات داخل الأبنية (سقفية عادة).



الشكل 2 - 6 – تصنيف الخلايا حسب حجمها

4.1.2- معرف الخلية BSIC:

تمتلك كل خلية قناة بث تحكمية خاصة بها، يمكن للوحدة المتحركة أن تستقبل المعطيات المرسلة عبر قناة البث التحكمية لعدة خلايا على نفس الحامل الترددي وهذا بسبب إعادة استخدام التردد في النظم الخلوية. تمتلك كل خلية معرف يسمى الBSIC يلعب دورا في تمييزها بشكل وحيد ضمن الشبكة الخلوية عن الخلايا التي تشترك معها باستخدام نفس تردد قناة البث. يتكون الBSIC من ستة بتات كالتالي:



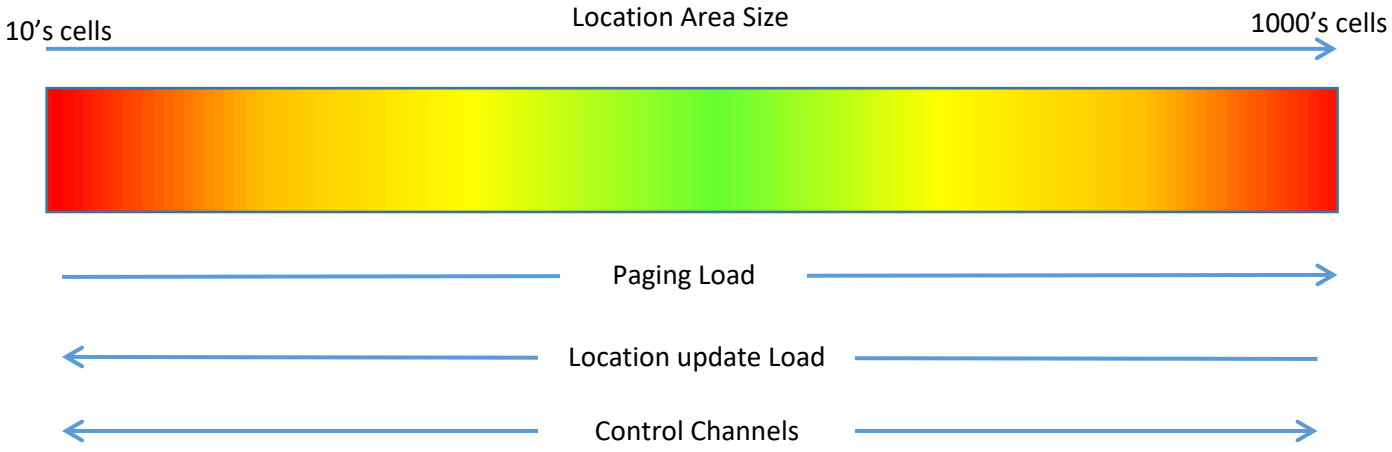
BSIC = Base Station Identity Code
NCC = Network Colour Code
BCC = Base Station Colour Code

إن مجال القيم لكل من الNCC والBCC هو 0-7 وبذلك فإن مجال القيم للBSIC هو 00-77 وبالتالي لدينا فقط 78 قيمة مختلفة للBSIC مما يستدعي إعادة استخدام هذا المعرف ضمن الشبكة كما يتم إعادة استخدام تردد القناة BCCH. ولكن، تتم إعادة استخدام هذه بشرط أن يكون للخلايا التي تمتلك نفس تردد القناة معرفات BSIC مختلفة، وكذلك يكون للخلايا التي تمتلك نفس معرف الخلية BSIC ترددات مختلفة لقنوات BCCH الخاصة بها. إذاً ما يعرف هوية الخلية بشكل وحيد بالنسبة للوحدة المتحركة هو تردد قناة البث التحكمية و معرف الخلية BSIC. أما بالنسبة للشبكة الخلوية فيتم تحديد هوية الخلية من خلال معرف آخر يسمى هوية الخلية الدولية CGI.

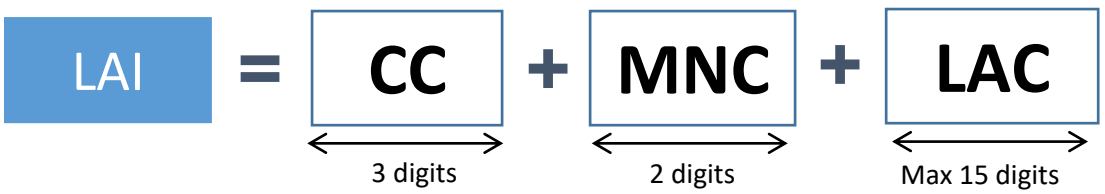
2.2- المنطقة المحلية Location Area:

يعتبر نظام الجيل الثاني أول نظام اتصال خلوي يستخدم فكرة المناطق المحلية لتوجيه النداءات ضمنها، حيث اعتمدت النظم الخلوية السابقة على بث النداء إلى المشترك في كافة أنحاء الشبكة الخلوية عند ورود مكالمة مما يسبب هدراً في الموارد الراديوية. المنطقة المحلية هي مجموعة من الخلايا لها هوية مشتركة تسمى هوية المنطقة المحلية LAI (Location Area Identity). يتم ربط الوحدة المتحركة بالمنطقة المحلية التي تتواجد ضمنها وتخزن هذه المعلومة في سجل المقر الحالي VLR ويتم تحديثها بشكل متكرر. تقوم الوحدة المتحركة عند انتقال المشترك من منطقة محلية إلى أخرى بتبليغ الشبكة الخلوية بمنطقته المحلية الجديدة وتسمى هذه العملية بتحديث الموقع Location update وتتم في وضع الخمول فقط وليس أثناء المكالمة. أما إذا انتقل المشترك من خلية إلى أخرى ضمن نفس المنطقة المحلية فلا تقوم الوحدة المتحركة بتبليغ الشبكة عن خليته الجديدة. وبالتالي في وضع الخمول يمكن للمشترك التجول بين خلايا المنطقة المحلية دون علم الشبكة. الهدف من عملية تحديث الموقع LU هو توجيه النداءات بشكل صحيح فعند طلب الاتصال بأحد الوحدات المتحركة يتم بث رسالة النداء Paging message في جميع خلايا المنطقة المحلية الخاصة بهذه الوحدة المتحركة.

يمكن أن تنتمي خليتان تتبعان لنفس مركز التحكم إلى منطقتين محليتين مختلفتين، ومن الجدير بالذكر أن استخدام مناطق محلية ممتدة على مساحات واسعة يخفض عدد عمليات تحديث الموقع ولكن في الوقت ذاته يزيد عدد رسائل النداء وكلا العمليتين (تحديث الموقع والنداء) تتطلب حجز عدد من قنوات التحكم. والعكس صحيح من أجل المناطق المحلية صغيرة الحجم. لهذا يجب اختيار المناطق المحلية في الشبكة بمساحات مناسبة.



تبث كل خلية هوية المنطقة المحلية التي تنتمي إليها بشكل دوري عبر قناة البث التحكمية BCCH وبذلك تستطيع كل وحدة متحركة تحديد المنطقة المحلية التي تنتمي إليها. يتألف معرف المنطقة المحلية من ثلاث أجزاء:



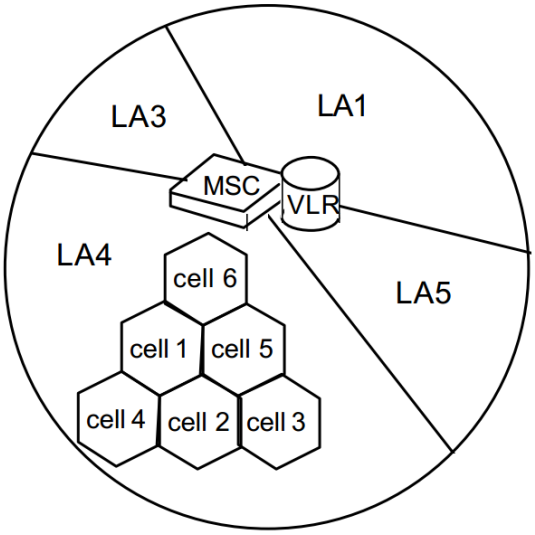
CC = **C**ountry **C**ode

MNC = **M**obile **N**etwork **C**ode

LAC = **L**ocation **A**rea **C**ode

3.2– منطقة خدمة مركز التبديل MSC Service Area:

وهي مجموعة من المناطق المحلية LAs يتم التحكم بها عبر مركز تبديل MSC واحد كما في الشكل 2 7. لتسيير المكالمة نحو الوحدة المتحركة المطلوبة بشكل صحيح، تجري مراقبة منطقة خدمة مركز التبديل التي تتواجد ضمنها الوحدة المتحركة وتخزينها في سجل مقر الاشتراك HLR.



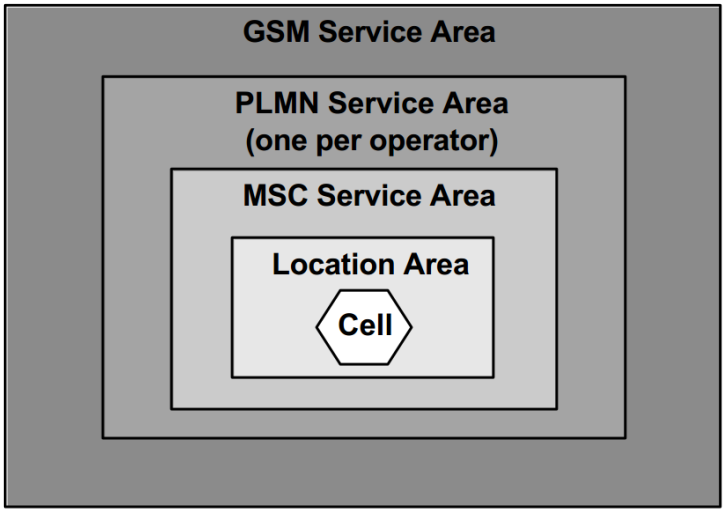
الشكل 2 - 7 –منطقة خدمة مركز التبديل

4.2– منطقة خدمة الشبكة الخلوية PLMN Service Area:

وهي كامل المنطقة الجغرافية التي يقدم مشغل الشبكة التغطية الراديوية ضمنها والوصول إليها وتحتوي عادة على عدة مقاسم MSC كما هو موضح في الشكل 2 - 8. في كل دولة يمكن أن يتواجد عدة مناطق خدمة لشبكات خلوية تعود لعدة مشغلين، يمتلك كل مشغل خلوي منطقة خدمة شبكة خلوية واحدة.

5.2– منطقة خدمة نظام الجيل الثاني GSM Service Area:

منطقة خدمة نظام الجيل الثاني هي كامل المنطقة الجغرافية التي يمكن للمشترك النفاذ إلى أحد شبكات الجيل الثاني ضمنها. في الوقت الحالي تغطي منطقة خدمة نظام الجيل الثاني معظم أنحاء العالم ضمن 219 دولة. يطلق على عملية انتقال الوحدة المتحركة من شبكة خلوية إلى شبكة أخرى بالتجوال الدولي Inetrnational roaming.



الشكل 2 8 – البنية الجغرافية لنظام الجيل الثاني

أسئلة:

25 سؤال، أربع علامات لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة.

1- يتم بث رسالة النداء الخاصة بالمشترك في:

أ- في الخلية التي يتواجد بها المشترك

ب-في كل خلايا المنطقة المحلية التي يتواجد بها المشترك

ت-في كل خلايا منطقة خدمة مركز التبديل التي يتواجد بها المشترك

ث-في جميع خلايا الشبكة الخلوية

2- ليست من مكونات الشبكة الراديوية:

أ- الوحدة المتحركة MS

ب-المحطة الثابتة BTS

ت-مركز التبديل MSC

ث-وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC

3- ليست من وظائف مركز التبديل MSC:

أ- إدارة وتخزين الاشتراكات

ب- التسليم بين الخلايا

ت- توجيه المكالمات

ث-تحديث الموقع

4- استخدام مناطق محلية صغيرة المساحة:

أ- يخفض عدد عمليات تحديث الموقع

ب-يزيد عدد رسائل النداء

ت-كل ما سبق

ث-ليس أياً مما سبق

5- استخدام مناطق محلية كبيرة المساحة:

أ- يخفض عدد عمليات تحديث الموقع

ب-يخفض عدد رسائل النداء

ت-كل ما سبق

ث-ليس أياً مما سبق

6- أصغر وحدة جغرافية في شبكة الجيل الثاني هي:

أ- المنطقة المحلية

ب-منطقة خدمة مركز التبديل

ت- الخلية

ث-المحطة الثابتة

7- مجال القيم لمعرف الخلية BSIC هو:

أ- 66-00

ب-77-00

ت-88-00

ث-99-00

8- مجال القيم لمعرف الخلية BSIC هو:

أ- 66-00

ب-77-00

ت-88-00

ث-99-00

9- لتغطية مساحات معينة بحجم حي أوشارع أوسوق نستخدم خلايا:

أ- ميكرو

ب-ماكرو

ت-بيكو

ث-فيمتو

10- النمط الأكثر شيوعاً في تصميم المحطات القاعدية:

أ- التصميم وحيد الخلية

ب-التصميم ثنائي الخلايا

ت-التصميم ثلاثي الخلايا

ث-التصميم سداسي الخلايا

11- تمثل الخلايا بشكل:

أ- مثلث

ب-مخمس

ت-مسدس

ث-دائري

12- تخزن معلومات التحقق في:

أ- الجهاز النقال

ب-المحطة الثابتة

ت-وحدة التحكم بالمحطات الثابتة

ث-سجل مقر الاشتراك

13- رقم فريد يميز المشترك عن بقية مشتركي الجيل الثاني حول العالم ولا يتم تداوله بين المشتركين:

أ- رقم هاتف المشترك MSISDN

ب-هوية المشترك الدولية IMSI

ت-رقم الهوية الشخصية PIN

ث-هوية الجهاز النقال IMEI

14- أحد هذه العناصر لاتحتوي على المنطقة المحلية الخاصة بالمشترك:

أ- شريحة الاشتراك SIM

ب-مركز التحقق AUC

ت-سجل مقر الاشتراك HLR

ث-سجل المقر الحالي VLR

15- يستخدم مضخمة القمة TMA:

أ- في الوحدة المتحركة لتضخيم الإشارة المرسلة إلى المحطة الثابتة

ب-في المحطة الثابتة لتضخيم الإشارة المرسلة إلى الوحدة المتحركة

ت-في الوحدة المتحركة لتضخيم الإشارة المستقبلة من المحطة الثابتة

ث-في المحطة الثابتة لتضخيم الإشارة المستقبلة من الوحدة المتحركة

16- ترتبط المحطة الثابتة BTS مع وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC عبر الوصلة:

أ- A

ب-Abis

ت-E

ث-Um

17- ترتبط المحطة الثابتة BTS مع الوحدة المتحركة MS عبر الوصلة:

أ- A

ب-Abis

ت-E

ث-Um

18- ترتبط وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC مع مركز التبديل MSC عبر الوصلة:

أ- A

ب-Abis

ت-E

ث-Um

19- يرتبط مركز التبديل MSC مع بوابة الشبكة GMSC عبر الوصلة:

أ- A

ب-Abis

ت-E

ث-Um

20- أحد هذه العناصر يمكن الاستغناء عنه في الشبكة الخلوية:

أ- سجل أجهزة المشتركين EIR

ب-سجل مقر الاشتراك HLR

ت-سجل المقر الحالي VLR

ث-مركز التحقق AUC

21- سجل المقر الحالي هي قاعدة معطيات:

أ- ترافق كل محطة ثابتة BTS

ب-ترافق كل وحدة تحكم بالمحطات الثابتة BSC

ت-ترافق كل مركز تبديل MSC

ث-وحيدة في الشبكة الخلوية

22- لا يمكن أن يمتلك المشغل أكثر من:

أ- منطقة خدمة مركز تبديل واحدة MSC Service Area

ب-منطقة واحدة لخدمة نظام الجيل الثاني GSM Service Area

ت-منطقة محلية واحدة Location Area

ث-منطقة خدمة شبكة خلوية واحدة PLMN Service Area

23- يمكن أن تتبع الخلية:

أ- لأكثر من محطة ثابتة

ب-لأكثر من وحدة تحكم بالمحطات الثابتة

ت-لأكثر من منطقة محلية

ث-ليس أياً مما سبق

24- لا يمكن أن تتبع الخلايا المشتركة بوحدة التحكم بالمحطات الثابتة:

أ- لأكثر من محطة ثابتة

ب-لأكثر من منطقة محلية

ت-لأكثر من مركز تبديل

ث-ليس أيا مما سبق

25- لا يمكن أن يدعم هوائي المحطة الثابتة:

أ- أكثر من حزمة ترددية

ب- أكثر من خلية

ت-الإرسال والاستقبال

ث-ليس أياً مما سبق

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ب	ت	أ	ث	أ	ت	ب	ب	أ	ت	ت	ث	ب	ب	ث	ب	ث	أ	ث	أ	ت	ث	ث	ت	ث

الفصل الثالث

القنوات في نظام الجيل الثاني

ملخص:

يتناول هذا الفصل لمحة عامة عن الوصلة الراديوية التي تربط بين المحطة الثابتة والوحدة المتحركة بما في ذلك القنوات الفيزيائية والقنوات الاعتبارية ووظائف كل منها والرشقات التي تستخدمها كل قناة.

كلمات مفتاحية:

الإطار المتعدد، قنوات المعلومات، قنوات التحكم، قنوات البث، القنوات المشتركة، القنوات المخصصة، الرشقة الطبيعية، قناة طلب النفاذ، قناة النداء، قناة التحكم المخصصة المستقلة.

أهداف تعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1- تتعرف على التقسيمات الزمنية للأطر

2- تميز بين مفهومي القناة الفيزيائية والقناة الاعتبارية

3- تسمي القنوات الاعتبارية في نظام الجيل الثاني

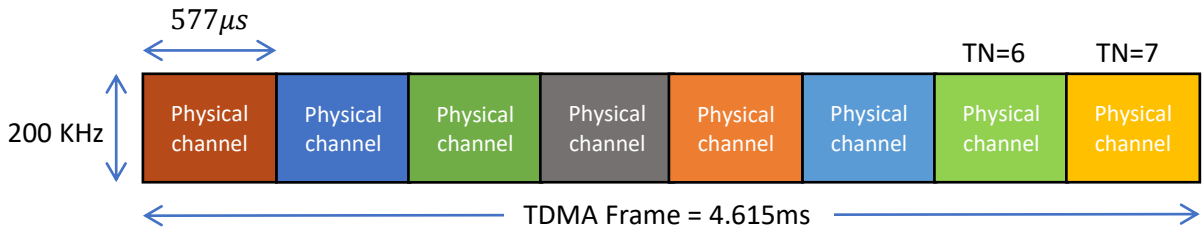
4- تحدد وظائف القنوات الاعتبارية المختلفة وما تحمله من معلومات.

5- توصف نوع ووظيفة وبنية الرشقات المتبادلة بين المحطة الثابتة والوحدة المتحركة.

1- مقدمة

يتطلب توفير خدمة الاتصال تبادل الكثير من معلومات التحكم ورسائل التشوير بين عناصر الشبكة والوحدات المتحركة ضمنها فضلاً عن تبادل الكلام. يتم تبادل جميع هذه المعلومات عبر الوصلة الراديوية اللاسلكية مما يستلزم تنسيق هذه المعلومات ضمن بنى محددة بحيث يسهل معرفة ماهيتها. وهذا ما دفع إلى تصنيف القنوات في نظام الجيل الثاني إلى صنفين اثنين هما القنوات الفيزيائية Physical channels والقنوات الاعتبارية Logical channels.

القناة الفيزيائية هي المورد الترددي-الزمني اللازم لنقل المعطيات ضمنه، حيث تقسم الحزمة الترددية إلى حوامل ترددية كل منها 200kHz، ويقسَّم كل حامل منها إلى ثمانية حصص زمنية Time slots مدة كل منها 0.577ms كما هو مبين في الشكل 3 - 1. تشكل كل حصة زمنية منها قناة فيزيائية واحدة، فيصبح لدينا ثمان قنوات فيزيائية في كل إطار TDMA. وبالتالي تعرف كل ثنائية (ARFCN, TN) قناة فيزيائية في المسار الصاعد وقناة فيزيائية مقابلة لها في المسار الهابط حيث يشير TN إلى رقم الحصة الزمنية.



الشكل 3 - 1- تقسيم الإطار **TDMA** إلى حصص زمنية

تحدد القناة الاعتبارية فحوى القناة الفيزيائية فهي تدل على **طبيعة** المعلومات التي تحملها القناة الفيزيائية ما إذا كانت عامة لجميع المشتركين أو مشتركة لمجموعة محددة من المشتركين أو مخصصة لمشترك محدد، **ونوعها** ما إذا كانت صوتية voice أوبيانية data أوتحكمية control. على سبيل المثال، يجري نقل الصوت باستخدام قناة المعلومات TCH أما أوامر التسليم فيتم إرسالها عبر القناة المرافقة السريعة FACCH.

2- التقسيمات الزمنية في نظام الجيل الثاني

يمتلك الجيل الثاني البنية الزمنية التالية والموضحة في الشكل 3 - 2 مما يضمن عنونة وجدولة القنوات الفيزيائية.

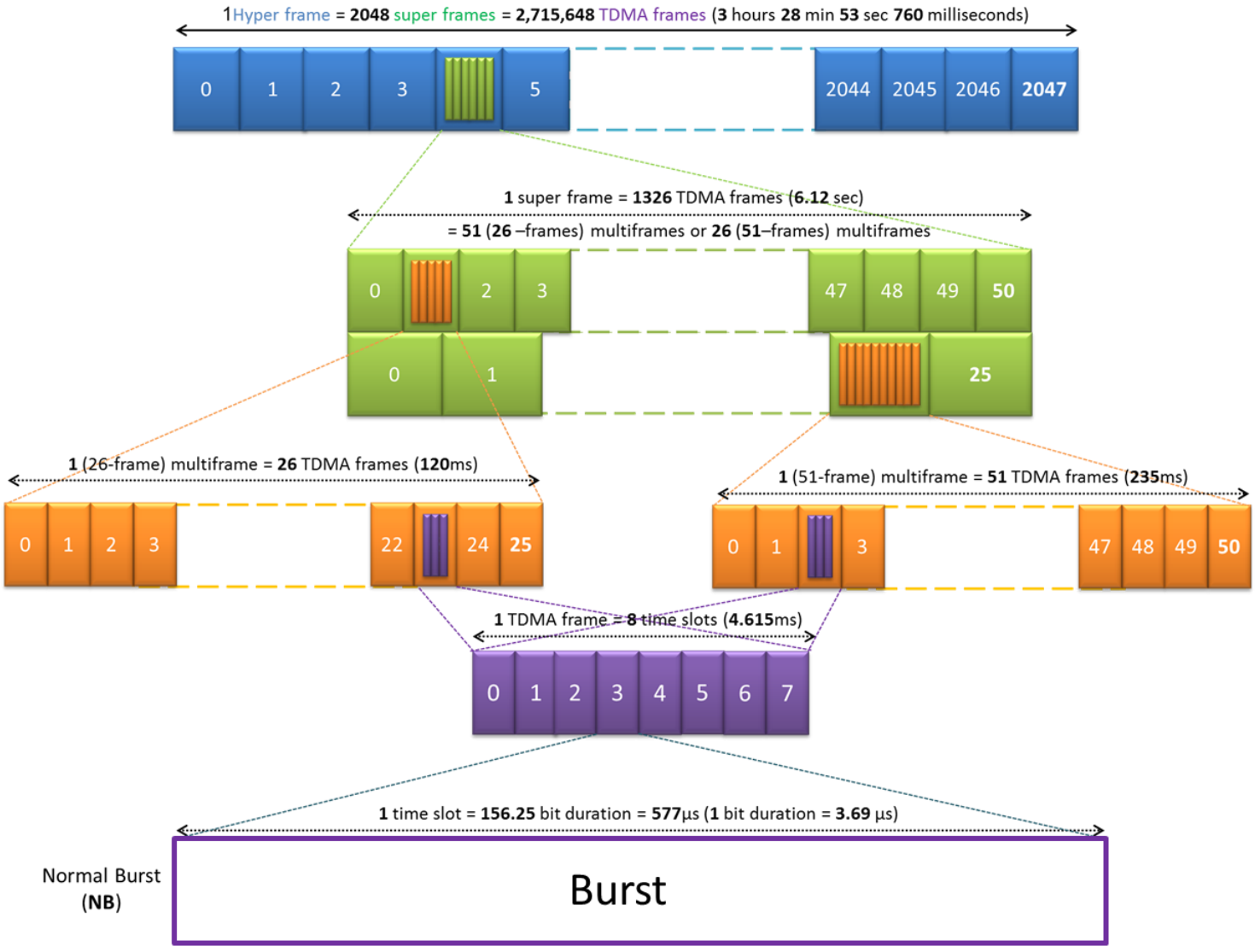
1 الحصة الزمنية Time Slot: وهي أصغر وحدة زمنية في النظام GSM ومدتها 577µs.

2- الإطار TDMA Frame: يشكل تتالي ثمان حصص زمنية إطاراً TDMA Frame ومدته $8\times0.577ms=4.615ms$. لكل إطار رقم تسلسلي يميزه ضمن الإطار الأعظمي Hyperframe يسمى رقم الإطار Frame Number (FN) ويتراوح ما بين 0 و2,715,648.

3- الإطار المتعدد Multi Frame: يشكل تتالي 26 إطار من المعلومات الصوتية مايسمى بالإطار المتعدد الصوتي ومدته 120 ميلي ثانية. بينما يشكل تتالي 51 إطار من معلومات التحكم مايسمى بالإطار المتعدد التحكمي ومدته 235 ميلي ثانية.

4- الإطار فائق الطول Super Frame: في حالة قنوات المعلومات، يشكل تتالي 51 إطار متعدد ما يسمى بالإطار فائق الطول. أما في حالة قنوات التحكم، فيتألف الإطار فائق الطول من تتالي 26 إطار متعدد تحكمي. ويشغل الإطار فائق الطول في كلتا الحالتين مدة 6.12 ثانية.

5 الإطار الأعظمي Hyper Frame: وهو عبارة عن تتالي 2048 إطار فائق الطول ومدته ثلاث ساعات ونصف تقريباً وهي أكبر وحدة زمنية في النظام GSM. GSM TDMA Frame 1



الشكل 3 – 2 البنية الزمنية في نظام الجيل الثاني

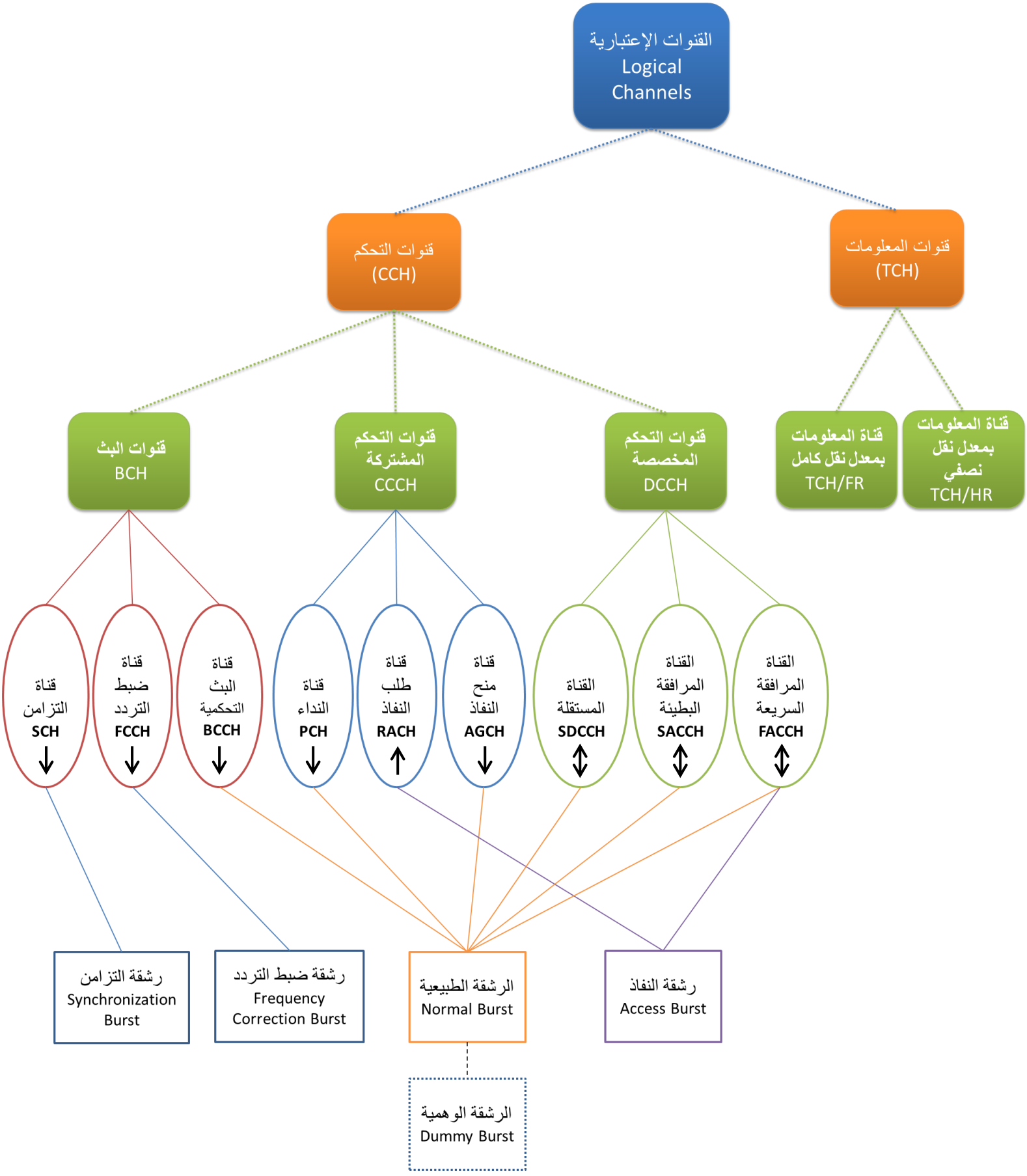
3- أنواع القنوات الاعتبارية:

تصنف القنوات الاعتبارية كما في الشكل 3 - 3 إلى نوعين هما قنوات المعلومات Traffic Channels وقنوات التحكم Control Channels. كما يمكن تصنيف قنوات التحكم إلى ثلاثة أنواع:

1- قنوات البث Broadcast Channels: وهي قنوات على المسار الهابط تبث بشكل دائم معلومات يمكن لجميع المحطات النقالة قراءتها.

2- القنوات المشتركة Common Channels: وهي قنوات اعتبارية مخصصة لمجموعة معينة من المشتركين وهي إما على المسار الهابط نقطة واحدة لعدة نقاط Singlepoint-to-Multipoints أوعلى المسار الصاعد عدة نقاط لنقطة واحدة Multipoints-to-singlepoint.

3- القنوات المخصصة Dedicated Channels: وهي قنوات اعتبارية نقطة لنقطة Point-to-point ثنائية الاتجاه على المسارين الهابط ولصاعد مخصصة لمشترك معين حيث يخصص له قناتين فيزيائيتين واحدة على المسار الصاعد والأخرى على المسار الهابط.



الشكل 3 – 3 – القنوات الاعتبارية في نظام الجيل الثاني

1.3- قنوات المعلومات Traffic Channels:

عند تأسيس المكالمة، يتم تخصيص أحد قنوات المعلومات TCH للمشترك لإرسال واستقبال رموز الصوت المشفرة ضمنها طيلة مدة المكالمة. قناة المعلومات هي قناة مخصصة ثنائية الاتجاه على المسارين الصاعد والهابط ولها نوعان:

أ- قناة المعلومات بمعدل نقل كامل Full Rate-TCH: وهي قناة اعتبارية مخصصة تنقل الكلام المرمز بمعدل 13kbps وتشغل قناة فيزيائية واحدة في كل إطار TDMA في المسارين الصاعد والهابط.

ب قناة المعلومات بمعدل نقل نصفي Half Rate TCH: وهي قناة اعتبارية مخصصة تنقل الكلام المرمز بمعدل 6.5kbps تشغل قناة فيزيائية واحدة من كل إطارين TDMA متتاليين حيث تتناوب كل قناتان TCH/HR على استخدام القناة الفيزيائية نفسها، مما يضاعف سعة الخلية مع انخفاض جودة الصوت.

يشكل كل 26 TDMAs إطار متعدد Traffic Multiframe تشغل قنوات المعلومات TDMA 24 منه، بينما يستخدم الإطار TDMA الثالث عشر من قبل قناة التحكم المرافقة البطيئة SACCH المسؤولة عن ديمومة وجودة الاتصال، أما الإطار TDMA الأخير فلايستخدم إلا في حال استخدام الإطار المتعدد لنقل قنوات المعلومات بمعدل نقل نصفي TCH/HR كما يوضح الشكل 3 - 4.

يفصل الجزء الصاعد من قناة المعلومات عن الجزء الهابط ترددياً بفجوة ازدواجية Duplex Gap قدرها 45MHz في حال GSM900 و75MHz في GSM1800. بالإضافة إلى ذلك يفصل الجزءان الصاعد والهابط من القناة TCH زمنياً بمدة ثلاث رشقات، حيث لايشترط النظام GSM على الوحدة المتحركة أن ترسل وتستقبل في نفس اللحظة مما يبسط بنية الجهاز النقال ويخفض استهلاك الطاقة.

Case of one full rate TCH

1 multiframe (26 TDMA frames) 120ms											
Channel	T	T	T	T	T	T	T....T	A	T....T	T	I
Frame Number	0	1	2	3	4	5	6....11	12	13.....23	24	25

Case of two half rate TCHs

1 multiframe (26 TDMA frames) 120ms											
Channel	T	t	T	t	T	t	T....t	A	T....t	T	a
Frame Number	0	1	2	3	4	5	6....11	12	13.....23	24	25

T: TCH, A: SAACH, I: Idle

الشكل 3 4 تسلسل قنوات المعلومات ضمن الإطار المتعدد

2.3– قنوات البث Broadcasting Channel (BCH):

هي قنوات على المسار الهابط تستخدمها المحطة الثابتة لتزويد الوحدات المتحركة بالمعلومات التحكمية اللازمة لإيجاد الشبكة واختيار الخلية المخدمة والمزامنة معها. يوجد ثلاث قنوات للبث:

1.2.3–قناة البث التحكمية Broadcast control channel (BCCH):

هي قناة اعتبارية على المسار الهابط تستخدمها المحطة الثابتة لبث معلومات النظام System Information التي تمكن الوحدة المتحركة من التعرف على الشبكة والنفاذ إليها وتتضمن:

- القائمة BCCH Allocation 1 (BA1): وهي قائمة تحوي ترددات قنوات البث التحكمية BCCH للخلايا المجاورة للخلية (32 تردد كحد أقصى).
- هوية الخلية Cell Identity (CI)
- هوية المنطقة المحلية Location Area Identity (LAI)
- معاملات اختيار الخلية Cell Selection.
- معلومات عن قنوات التحكم المشتركة CCCH
- معاملات القفز الترددي كالقائمة MA List والHSN

تحمل قناة البث التحكمية هذه المعلومات ضمن أربع رشقات طبيعية ترسل دورياً في الإطار الثالث والرابع والخامس والسادس من كل إطار متعدد تحكمي 51TDMA–Multiframe.

2.2.3– قناة التزامن Synchronization Channel (SCH):

هي قناة بث اعتبارية على المسار الهابط تزود المحطات النقالة بالمعلومات اللازمة للتعرف على الخلية بإرسال رشقة التزامن SB في الإطار الثاني من كل 10TDMA ضمن الحصة الزمنية الأولى TS0 لتردد القناة BCCH (تأمل بنية التركيبة Main BCHH في الشكل أدناه) وتتضمن رشقة التزامن هذه:

- معرف الخلية BSIC
- رقم الإطار (FN) الذي ترسله المحطة الثابتة حالياً ويتراوح مابين 0 و 2,715,647.

3.2.3– قناة ضبط التردد Frequency Correction Channel (FCCH):

وهي قناة اعتبارية على المسار الهابط تستخدمها الوحدة المتحركة لضبط تردد المهتز المحلي Local Oscilator حيث تحمل قناة ضبط التردد موجة جيبية مستمرة مزاحة بمقدار 67.7kHz عن التردد المركزي الحامل مما يساعد على تحديد مقدار الانزياح الترددي بين طرف الإرسال في المحطة الثابتة وطرف الاستقبال لدى الوحدة المتحركة ومن ثم تصحيحه، يتحقق ذلك باستخدام رشقة ضبط التردد FB التي تتضمن سلسلة من الأصفار والواحدات بطول 142 بت ترسل بشكل دوري في الإطار الأول من كل 10TDMA ضمن الحصة الزمنية الأولى TS0 لتردد قناة البث التحكمية BCCH. بالإضافة إلى ضبط التردد تستفيد الوحدة المتحركة من هذه القناة في معرفة ما إذا كان هذا التردد هو تردد قناة بث تحكمية BCCH أم لا.

3.3- قنوات التحكم المشتركة CCCH:

1.3.3- قناة النداء Paging Channel (PCH):

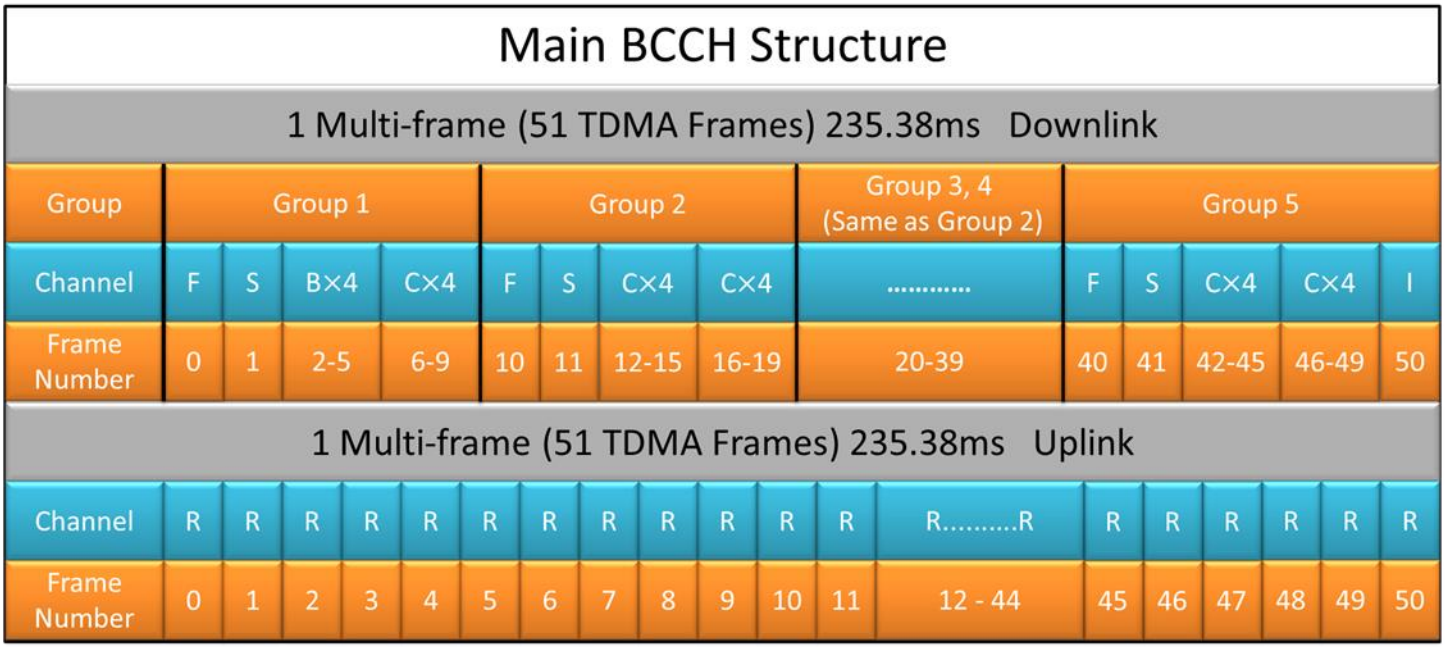
وهي قناة اعتبارية مشتركة على المسار الهابط تراقبها الوحدة المتحركة باستمرار في وضع السكون وتتأكد من عدم وجود عنوانها في رسائل النداء، فإذا احتوت رسالة النداء على هوية المشترك الدولية IMSI أوهوية المشترك المؤقتة TMSI فهذا يعني أن لدى هذا المشترك مكالمة واردة بانتظار الرد. تستخدم قناة النداء تردد قناة البث التحكمية BCCH نفسه، ويتم تجميعها ضمن كتل نداء Paging Blocks بحيث تراقب الوحدة المتحركة الكتلة المخصصة لها فقط مما يوفر استهلاك البطارية. يمكن لكتلة النداء أن تحمل هويتي دوليتين IMSI لمشتركين مختلفتين أو أربعة هويات مؤقتة TMSI مختلفة.

2.3.3- قناة منح النفاذ Access Grant Channel (AGCH):

وهي قناة تحكم مشتركة على المسار الهابط تستخدمها المحطة الثابتة للرد بالموافقة أو الرفض على طلبات النفاذ التي تتقدم بها الوحدات المتحركة على القناة RACH. كما أنها تحمل معلومات تمكّن الوحدة المتحركة من معرفة قناة التحكم المخصصة المستقلة SDCCH المسندة إليها لإكمال الاتصال. في بنية الإطار Main BCCH، يتم حمل القناة AGCH على نفس القناة الفيزيائية التي تحمل قناة البث التحكمية وتشغل القناتين AGCH/PCH 36 حصة زمنية تنتمي إلى 36 إطار مختلف ضمن الإطار المتعدد 51TDMA- Multiframe وتنظم ضمن 9 كتل كل كتلة منها أربعة حصص زمنية. يمكن تخصيص عدد من هذه الكتل (2 مثلا) لتستخدم فقط من قبل قناة منح النفاذ AGCH وتترك بقية الكتل لتستخدمها قناة النداء PCH. من جهة أخرى عندما تكون أحد كتل النداء فارغة يمكن استخدمها ككتلة منح النفاذ AGCH Block.

3.3.3- قناة طلب النفاذ Random Access Channel (RACH):

وهي قناة اعتبارية مشتركة على المسار الصاعد تستخدمها المحطات النقالة للانتقال من وضع السكون إلى الوضع النشط بطلب خدمة ما كطلب تأسيس مكالمة، يمكن للمشتركين طلب النفاذ عبر هذه القناة باستخدام رشقة النفاذ AB على التردد الصاعد المقابل لتردد القناة BCCH على المسار الهابط عند اعتماد البنية Main BCCH المبينة في الشكل 3 - 5. تتيح هذه البنية نقل جميع قنوات البث وقنوات التحكم المشتركة على نفس القناة الفيزيائية ضمن الإطار المتعدد.



الشكل 3 – 5 – تسلسل قنوات البث التحكمية وقنوات التحكم المشتركة ضمن الإطار المتعدد في البنية **Main BCCH**

4.3- قنوات التحكم المخصصة Dedicated Control Ch. (DCCH):

3.4.3- قناة التحكم المخصصة المستقلة (SDCCH):

قناة التحكم المخصصة المستقلة SDCCH (**S**tandalone **D**ecdicated **C**ontrol **Ch**annel) هي قناة تحكم مخصصة ثنائية الاتجاه تستخدم على المسارين الهابط والصاعد لتأسيس المكالمة، تستخدم هذه القناة للتشوير في مرحلة تأسيس المكالمة وتفيد في:

1- التحقق من هوية طالب الخدمة Authentication

2- الاتفاق على طريقة التشفير المراد استخدامها في المكالمة

3- تحديث الموقع Location Updating

4- تخصيص قناة المعلومات TCH للمشترك اللازمة لإجراء المكالمة.

5- نقل الرسائل القصيرة SMS في وضع السكون.

2.4.3- القناة المرافقة البطيئة Slow Associated Control Ch. (SACCH):

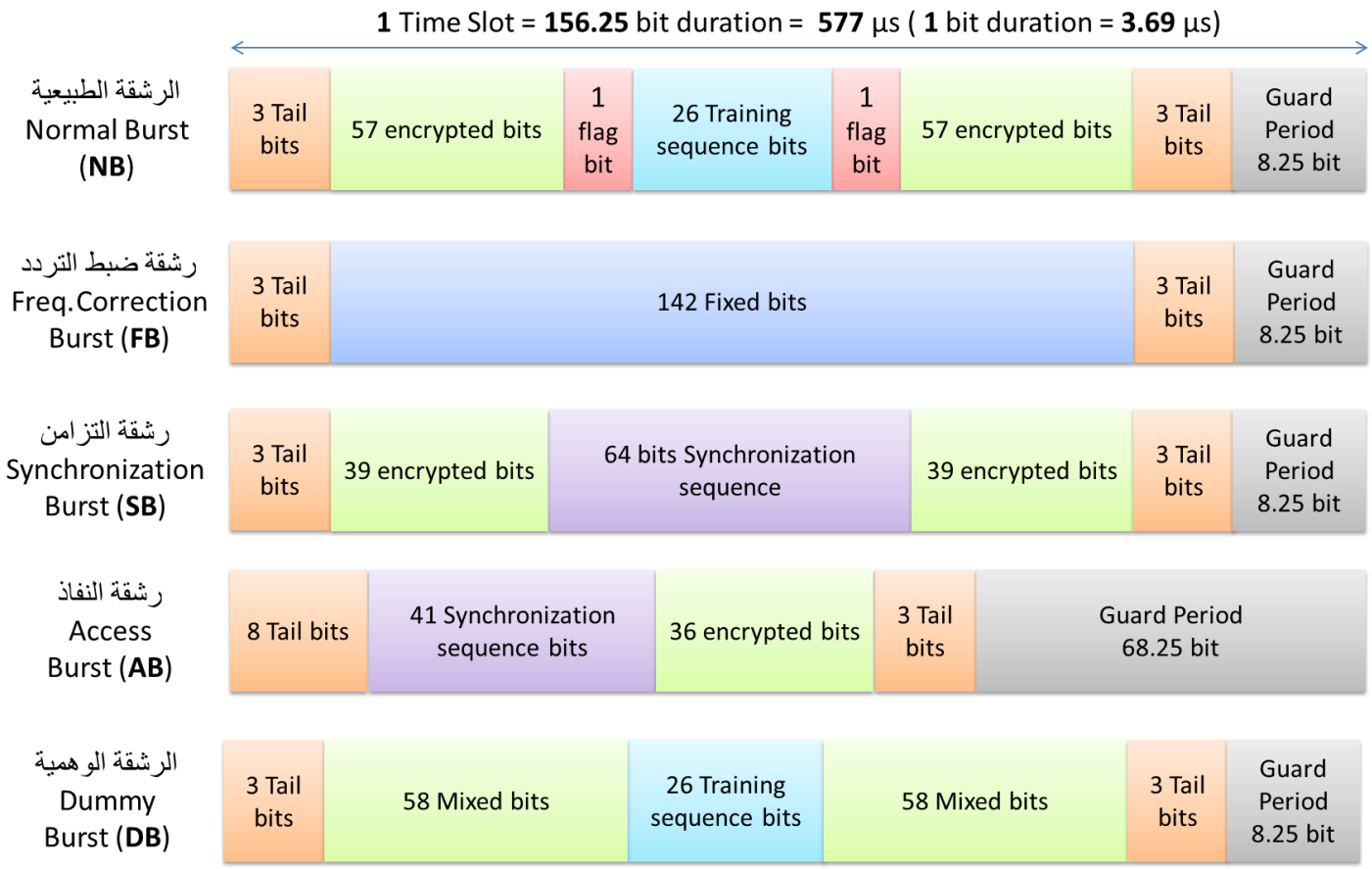
وهي قناة اعتبارية مخصصة ثنائية الاتجاه تستخدم للتحكم بالوصلة الراديوية أثناء تأسيس المكالمة كقناة مرافقة لقناة التحكم المخصصة المستقلة وأثناء المكالمة كقناة مرافقة لقناة المعلومات، حيث تستخدم على المسار الهابط لنقل أوامر التحكم بالاستطاعة ومقدار التسبيق الزمني ولنقل الرسائل القصيرة أثناء المكالمة. أما على المسار الصاعد فتستخدمها الوحدة المتحركة لإرسال تقارير القياس Measurement Reports التي تحتوي معلومات عن قوة وجودة الإشارة المستقبلة من الخلية المخدمة ومعلومات عن قوة الإشارات الواصلة من الخلايا المجاورة.

1.4.3- القناة المرافقة السريعة Fast Associated Control Ch. (FACCH):

وهي قناة اعتبارية مخصصة ثنائية الاتجاه تستخدم أثناء المكالمة كقناة مرافقة لقناة المعلومات TCH عند الحاجة إليها وذلك في حال عدم كفاية معدل النقل الخاص بالقناة المرافقة البطيئة ، حيث يمكن استعارة جزء من الموارد المخصصة لقناة المعلومات لنقل معلومات القناة المرافقة السريعة. وتستخدم هذه القناة لتبادل معلومات التسليم.

4- أنواع الرشقات:

هناك خمس أنواع للرشقات في النظام GSM تختلف من حيث بنيتها ووظيفتها وعدد الحقول التي تتألف منها نبينها في الشكل 3 - 6.



الشكل 3 - 6 – أنواع الرشقات وبنيتها

1.4- الرشقة الطبيعية Normal Burst (NB):

يستخدم هذا النوع من الرشقات لنقل المعطيات على قنوات المعلومات والتحكم لجميع القنوات باستثناء القناة RACH وFCCH وSCH. وتتكون من:

- حقلي معلومات Data Blocks كل منهما بحجم 57 بت تحمل رموز الصوت المشفرة.
- سلسلة اختبار بطول 26 بت Training Sequence يستخدمها المسوّي Equalizer لتقدير القناة Channel estimation وموائمة المستقبل مع ظروف الانتشار الحالية واستخراج الإشارة المرغوبة على الرغم من التشويه الذي تسببه القناة. يوجد ثمانية سلاسل اختبار (TSC) مختلفة. تستخدم سلسلة الاختبار نفسها في جميع الرشقات الطبيعية في الخلية، بحيث تكون مختلفة عن سلسلة الاختبار التي تستخدمها الخلية المجاورة التي تستخدم الحامل الترددي نفسه، مما يساعد الوحدة المتحركة على التمييز بين الخلايا التي تستخدم نفس التردد. ترسل سلسلة الاختبار في وسط الرشقة الطبيعية لكون التداخل في الرمز ISI يكون أعظميا في طرفي الرشقة.

- علامتي استعارة حقل المعلومات Steal flag كل منهما 1 بت لأغراض التحكم للدلالة على أن القناة المرافقة السريعة FACCH قامت بحجز أحد حقلي المعلومات بشكل مؤقت.
- بتات البداية والنهاية: بتات البداية عبارة عن ثلاث بتات في بداية الرشقة تأخذ القيمة 000 تفيد في منح مرسل الجهاز النقال الزمن اللازم لصعود الاستطاعة وتسمى هذه العملية Ramp up. وبتات النهاية ثلاث بتات في نهاية الرشقة تأخذ القيمة 000 تفيد في منح مرسل الجهاز النقال الزمن اللازم لهبوط الاستطاعة وتسمى هذه العملية Ramp down. تفيد عمليتي الRamp Up وRamp Down في حماية الجهاز المرسل من التغيرات السريعة في الاستطاعة كما تفيد في تخفيض التداخل بين الرشقات ISI.
- فترة عزل Guard Period: وهي مدة 8.25 بت (30.46µs) تلعب دور مسافة أمان بين كل رشقتين متتاليتين لامتصاص أثر المسارات المتعددة وتخفيض التداخل بين الرموز ISI الناتج عنه حيث تصل النسخ المتأخرة ضمن هذه الفترة. تكفي هذه الفترة لحماية الرشقة من التداخل الناتج عن نسخ الرشق السابقة المتأخرة بفرق مسار أعظمي قدره 9Km تقريباً.

2.4- رشقة ضبط التردد Frequency Correction Burst (FB):

وتستخدمها قناة ضبط التردد FCCH لتمكن المحطات النقالة من تصحيح التردد وتتكون من:

- سلسلة ضبط التردد fixed bits Sequence عبارة عن سلسلة متناوبة من الواحدات والأصفار (1010....1010) حجمها 142 بت.
- بتات البداية والنهاية: ثلاث بتات في بداية ونهاية الرشقة تأخذ القيمة 000 دوماً.
- فترة عزل Guard Period بمدة 8.25 بت بعد بتات النهاية.

3.4– رشقة التزامن Synchronization Burst (SB):

تستخدمها قناة التزامن SCH لإرسال المعلومات اللازمة لتزامن الإطار وتتكون من:

- كتلتين كل منهما بطول 39 بت تتضمن معلومات عن الإطار TDMA
- بتات تزامن بطول 64 بت
- بتات البداية والنهاية وفترة عزل مشابهة لتلك المستخدمة في الرشقة الطبيعية.

4.4- رشقة النفاذ Access Burst (AB):

تستخدمها القناة RACH لطلب النفاذ والقناة FACCH لطلب النفاذ بالتسليم وتتكون من:

- 41 بت للتزامن و36 بت تتضمن معلومات النفاذ.
- بتات البداية والنهاية TB: 8 بتات في بداية الرشقة و3 بتات قبل فترة العزل.
- فترة عزل Guard Period طويلة نسبياً بمدة 68.25 بت (251.8µs): تستخدم رشقة النفاذ فترة عزل أطول مقارنة ببقية الرشقات لكون احتمال التضارب collision فيها أكبر، إذ لا تمتلك الوحدة المتحركة معلومات عن التسبيق الزمني المطلوب تطبيقه مع الخلية المراد النفاذ عبرها. لذلك يجري تصغير حجم الإرسال ضمن رشقة النفاذ بجعل انشغالية الرشقة 77 بت أي حوالي 49% مما يقلل احتمال التضارب.

5.4- الرشقة الوهمية Dummy Burst (DB):

وهي رشقة لا تحوي أي معلومات تستخدم عندما لا يتم استخدام القناة الفيزيائية من قبل أي قناة اعتبارية، وتتكون من:

- كتلتين من البتات كل منهما بطول 58 بت
- سلسلة اختبار بطول 26 بت
- بتات الذيل: عبارة عن ثلاثة بتات في بداية الرشقة وثلاثة في نهايتها
- فترة عزل بطول 8.25 بت.

فيديو – القنوات في نظام الجيل الثاني

أسئلة:

25 سؤال، أربع علامات لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة.

1- يكفي لإرسال رشقة واحدة:

أ- حصة زمنية واحدة

ب-إطار متعدد واحد Multi frame

ت-إطار TDMA واحد

ث-إطار فائق الطول Superframe

2- إملأ الفراغ التالي: مدة الإطار المتعدد المستخدم للتحكم..... مدة الإطار المتعدد المستخدم لنقل رموز الصوت:

أ- أصغر

ب-أكبر

ت-تساوي

ث-كل ماسبق ممكن

ج- ليس أياً مماسبق

3- إملأ الفراغ التالي: مدة الإطار فائق الطول المستخدم للتحكم..... مدة الإطار فائق الطول المستخدم لنقل رموز الصوت:

أ- أصغر

ب-أكبر

ت-تساوي

ث-كل ماسبق ممكن

ج- ليس أياً مما سبق

4- يمكن أن تستخدم القناة الفيزيائية هي ك:

أ- قناة بث

ب-قناة مشتركة

ت-قناة مخصصة

ث-كل ماسبق

ج- ليس أيا مما سبق

5- يحتوي الإطار TDMA على:

أ- أكثر من إطار فائق الطول Super frame

ب-أكثر من إطار متعدد Multi frame

ت-أكثر من إطار أعظمي Hyper frame

ث-كل ماسبق

ج- ليس أياً مما سبق

6- يتم نقل رموز الصوت المشفرة باستخدام القناة:

أ- AGCH

ب- BCCH

ت- PCH

ث- RACH

ج- TCH

7- أحد هذه القنوات هو قناة مخصصة:

أ- AGCH

ب- BCCH

ت- PCH

ث- RACH

ج- TCH

8- أحد هذه القنوات هو قناة وحيدة الاتجاه تستخدم في المسار الصاعد فقط:

أ- AGCH

ب- BCCH

ت- PCH

ث- RACH

ج- TCH

9- يتم إرسال تقارير قياس المسار الهابط عبر القناة:

أ- SDCCH

ب- RACH

ت- SACCH

ث- FACCH

10- يرسل معرف الخلية BSIC عبر القناة:

أ- BCCH

ب- PCH

ت- FCCH

ث- SCH

11- يتم تبادل معلومات التحقق عبر القناة:

أ- SDCCH

ب- RACH

ت- SACCH

ث- FACCH

12- يتم النفاذ بالتسليم عبر القناة:

أ- SDCCH

ب- RACH

ت- SACCH

ث- FACCH

13- يتم إرسال الرسائل القصيرة SMS في وضع السكون عبر القناة:

أ- SDCCH

ب- RACH

ت- SACCH

ث- FACCH

14- يتم إرسال الرسائل القصيرة SMS أثناء المكالمة عبر القناة:

أ- SDCCH

ب- RACH

ت- SACCH

ث- FACCH

15- يتم إرسال طلب تأسيس المكالمة عبر القناة:

أ- SDCCH

ب- RACH

ت- SACCH

ث- FACCH

16- أحد هذه القنوات لا تستخدم الرشقة الطبيعية:

أ- AGCH

ب- BCCH

ت- FCCH

ث- PCH

17- أحد هذه المعلومات لا يتم إرسالها عبر القناة BCCH:

أ- هوية الخلية cell Identity

ب-هوية المنطقة المحلية LAI

ت-رقم الإطار Frame number

ث-معاملات اختيار الخلية

18- قناة نقل المعلومات بمعدل نقل نصفي Half Rate TCH تشغل:

أ- قناة فيزيائية من كل إطار TDMA

ب-قناة فيزيائية من كل إطارين TDMA متتاليين

ت-نصف قناة فيزيائية من كل إطار TDMA

ث-نصف قناة فيزيائية من كل إطارين TDMA متتاليين

19- يتم إرسال القائمة BA2 عبر القناة:

أ- BCCH

ب- SDCCH

ت- SACCH

ث- FACCH

20- أي من القنوات التالية يستخدم لطلب النفاذ:

أ- BCCH

ب- CCCH

ت- SDCCH

ث- TCH

21- أحد هذه القنوات ليست قناة مشتركة:

أ- AGCH

ب- RACH

ت- PCH

ث- FCCH

22- عدد الهويات المؤقتة TMSI الأعظمي الذي يمكن لكتلة النداء أن تحملها:

أ- 1

ب- 2

ت- 4

ث- 8

23- أي من التشكيلات التالية هي التشكيلة main BCCH:

أ- FCCH + SCH + BCCH+ CCCH+ SDCCH + SACCH

ب- FCCH + SCH + BCCH+ CCCH

ت- SDCCH + SACCH

ث- FCCH + SCH + BCCH+ SDCCH + SACCH

24- ترسل سلسلة الاختبار في:

أ- بداية الرشقة الطبيعية

ب-وسط الرشقة الطبيعية

ت-نهاية الرشقة الطبيعية

ث-جزء في بداية الرشقة الطبيعية وجزء في نهايتها

25- أكمل الفراغ: فترة العزل في رشقة النفاذ Access Burst .....من فترة العزل في الرشقة الطبيعية:

أ- أقصر

ب-أطول

ت-تساوي

ث-متغيرة

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
أ	ب	ت	ث	ج	ج	ج	ث	ت	ث	أ	ث	أ	ت	ب	ت	ت	ب	ت	ب	ث	ت	ب	ب	ب

الفصل الرابع

معالجة الكلام

ملخص:

يشرح هذا الفصل مراحل الإرسال والإستقبال التي يمر بها الصوت البشري أثناء المكالمة بدءاً من فم المتكلم وانتهاءً بأذن المستمع بما في ذلك من تقطيع ورقمنة وضغط وتشفير وتفريق وغير ذلك.

كلمات مفتاحية:

تردد التقطيع، مستويات التكمية، ترميز الكلام، ترميز القناة، المرمز التلفيفي، عمق المفرق، التنوع الزمني، التشفير، تشكيل الرشقة، التعديل.

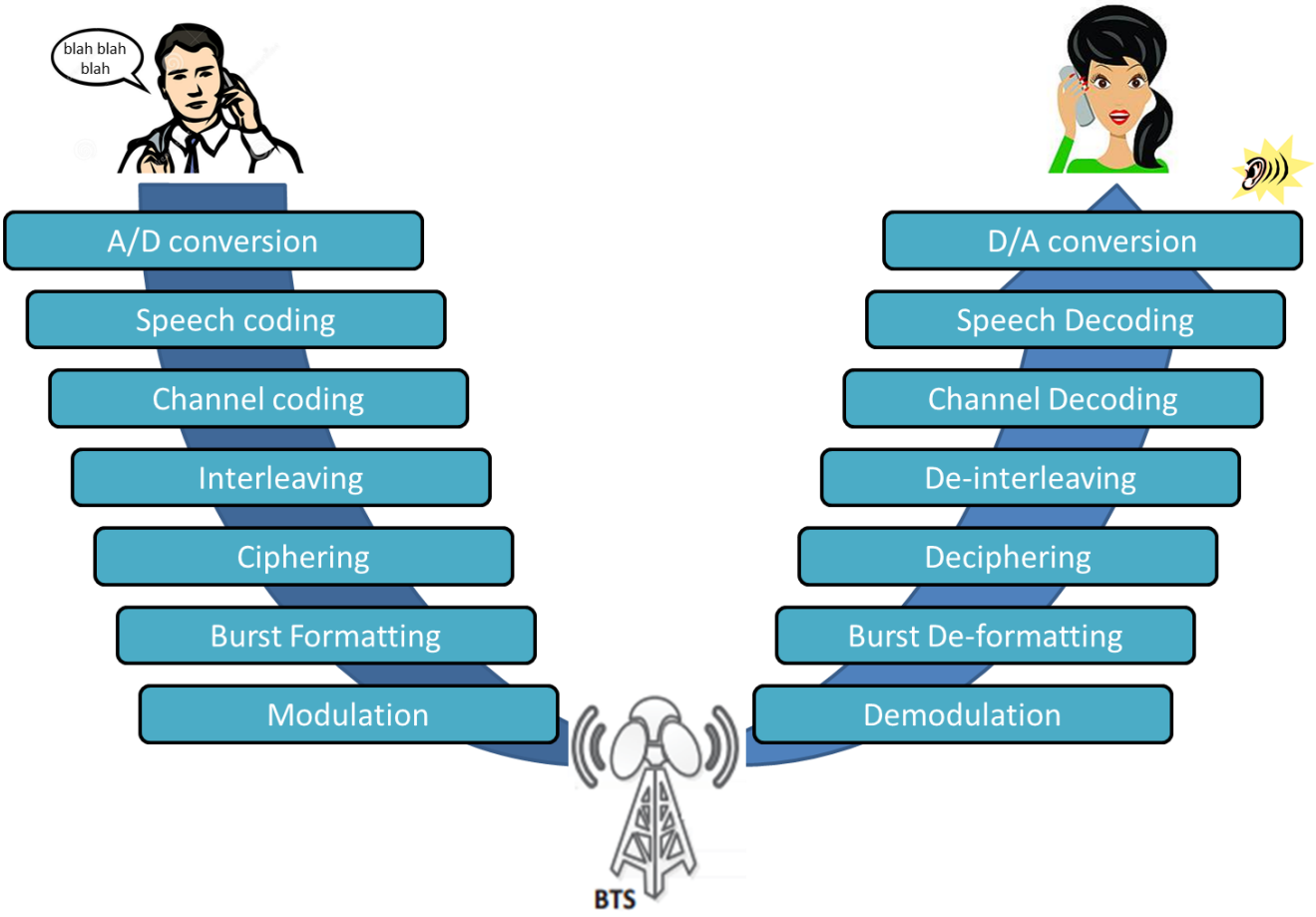
أهداف تعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1- تعدد مراحل الإرسال والإستقبال في النظام الخلوي
2- توضح دور ترميز الكلام في ضغط الصوت
3- تشرح أهمية ترميز القناة والتفريق في تصحيح الأخطاء
4- تتعرف على نمط التعديل المستخدم في نظام الجيل الثاني وسبب اختياره

1- مقدمة:

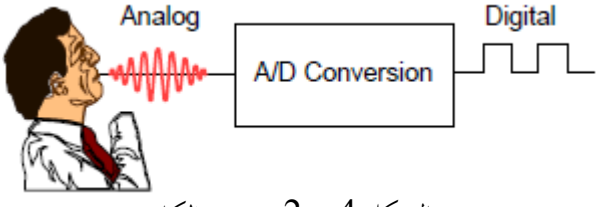
يخرج الكلام من فم المتصل على شكل إشارات صوتية تماثلية في الهواء لايمكن سماعها إلا ضمن بضعة مئات من الأمتار. لذلك لابد للوحدة المتحركة المرسلة من تحويلها إلى إشارات كهربائية تماثلية ثم رقمنتها لتسهل معالجتها وضغطها وتشفيرها ثم تحويلها إلى إشارة كهرطيسية وإرسالها مجدداً في الهواء. بينما تقوم الوحدة المتحركة المستقبلة بإجراء العمليات المعاكسة للحصول على الإشارات الصوتية فمثلا التشفير في طرف الإرسال يقابله فك التشفير في طرف الاستقبال. يلخص الشكل 4 - 1 مراحل معالجة الكلام في الإرسال والاستقبال أثناء المكالمة والتي سنتناولها بالتفصيل في هذا الفصل.



الشكل 4 – 1– مراحل معالجة الكلام أثناء المكالمة في طرف الإرسال وطرف الإستقبال

2– التحويل التماثلي الرقمي A/D Conversion:

تعتبر رقمنة الكلام التماثلي أحد الوظائف الأساسية التي تقوم بها الوحدة المتحركة وذلك باستخدام محول تماثلي رقمي A/D Converter. حيث يكون دخل المحول هو الصوت المنطوق على شكل إشارة كهربائية تماثلية وخرجه مجموعة من البتات (واحدات وأصفار) كما هو موضح في الشكل 4 - 2.

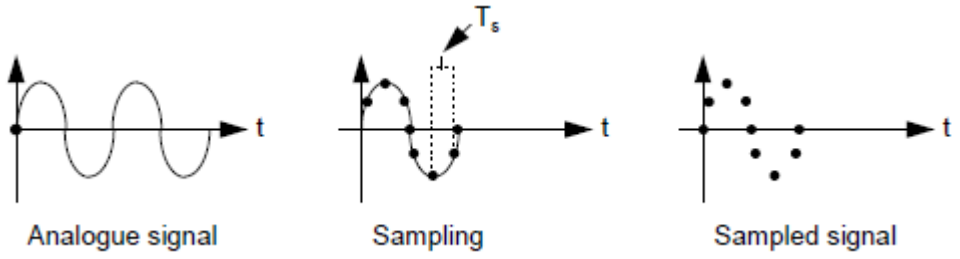


الشكل 4 – 2– رقمنة الكلام

يتم إنجاز عملية التحويل هذه باستخدام عملية تعديل الترميز النبضي PCM وتشمل ثلاث مراحل فرعية هي:

1- أخذ العينات Sampling:

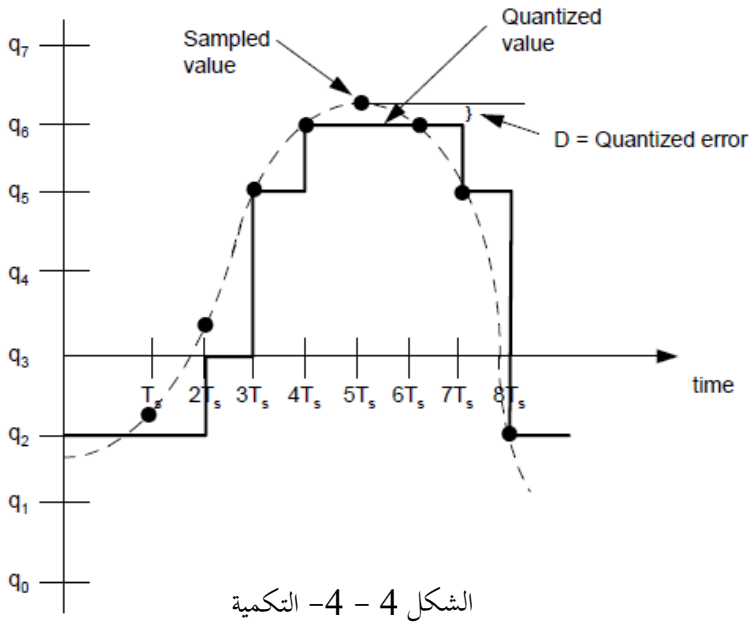
يتم أخذ عينات من الإشارة التماثلية في لحظات زمنية معينة من مضاعفات دور التقطيع Ts المبيّن في الشكل 4 – 3. تعتمد دقة توصيف الإشارة التماثلية بالشكل الرقمي على معدل أخذ العينات في الثانية الذي يسمى تردد التقطيع sampling frequency. تنص نظرية التقطيع على أنه لاستعادة الإشارة التماثلية دون تشويه في طرف الاستقبال يجب على المرسل تقطيعها بتردد تقطيع أكبر أو يساوي ضعفي أكبر تردد فيها (شرط شانون). لا تزيد المركبات الترددية للصوت البشري الطبيعي عن 3.4kHz، وبالتالي وفقاً لنظرية التقطيع إن تردد التقطيع يجب أن لايقل عن 6.8kHz. كما هو الحال في معظم نظم الاتصال الهاتفي، يستخدم نظام الجيل الثاني GSM تردد التقطيع 8kHz (بمعدل عينة كل 125µs) وهذا يحقق شرط شانون.



الشكل 4 – 3- أخذ العينات

2- التكمية Quantization:

في هذه المرحلة يتم إعطاء كل عينة قيمة معينة. حيث يتم تقريب العينة المقاسة باختيار أقرب قيمة إليها من مجموعة منتهية من القيم معرفة مسبقاً. تحتوي هذه المجموعة على عدة قيم تسمى مستويات التكمية. يبين الشكل 4 4 مفهوم التكمية ويتضح منه أنه يمكن أن ينتج عن عملية التكمية خطأ طفيف. تعتمد دقة التكمية على عدد مستويات التكمية المستخدمة وهي 8192 مستوى في الجيل الثاني GSM.



الشكل 4 – 4- التكمية

3 الترميز Coding:

يتم في هذه المرحلة تحويل القيمة المكماة إلى قيمة ثنائية binary ممثلة على 13bits ($2^{13} = 8192$).

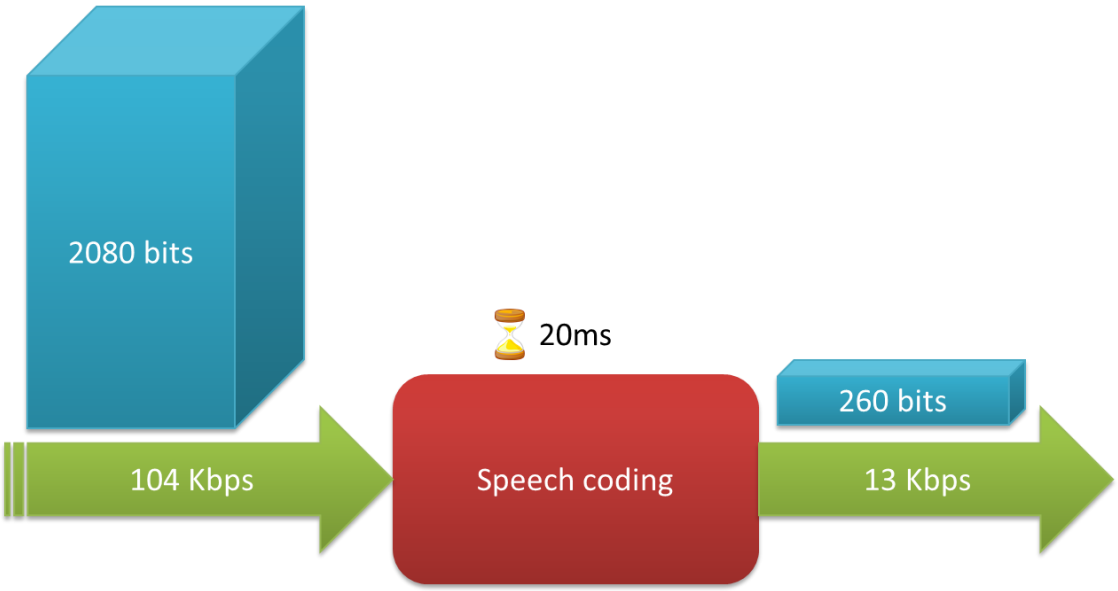
على سبيل المثال القيمة المكماة 3741 تمثّل بالشكل 0111010011101.

ينتج عن عملية التحويل التماثلي الرقمي 8000 عينة في الثانية مرمزة على 13 خانةً وبالتالي يكون معدل البت على خرج المحول 104kbps. وإذا أخذنا بعين الاعتبار تشارك ثمانية مشتركين على نفس الحامل الترددي يصبح معدل البت الواجب نقله $8 \times 104kbps = 832$ kbps. وهو معدل بت لا يناسب الحامل الترددي المتاح في GSM حيث لاتتجاوز سرعة النقل فيه 270kbps. لذلك يجب تخفيض معدل البت بطريقة ما، يتم تحقيق ذلك بفضل ترميز الكلام وهي المرحلة التي تلي مرحلة الرقمنة مباشرة.

3- ترميز الكلام Speech Coding:

إن المفتاح لرئيسي لتخفيض معدل البت هو إرسال معلومات عن الصوت بدلاً من إرسال الصوت نفسه، يشابه ذلك إرسال النوطة الموسيقية بدلاً من إرسال الموسيقا نفسها. حيث يحلل ترميز الكلام عينات الكلام ليعطي معاملات يتم إرسالها لتقوم الوحدة المتحركة المستقبلة بتوليد الصوت بالاعتماد على هذه المعاملات. تبدأ معالجة الصوت البشري من الحبال الصوتية التي تولد نغمة الصوت tone بينما يلعب اللسان والأسنان والشفتان والتجويف الفكي دور مرشح تمرير مرتفع يغير طبيعة نغمة الصوت. يهدف ترميز الكلام في GSM إلى الحصول على معلومات عن نغمة الصوت وعن المرشح من أجل ضغط الصوت.

يسبق ترميز الكلام عملية التقسيم Segmentation حيث يتم تقسيم العينات إلى كتل كل كتلة منها بطول 20ms. يقوم مرمز الكلام بمعالجة الكتلة للحصول على معاملات الصوت الخاصة بها فينخفض حجم المعطيات اللازم إرساله من 2080bit إلى 260bit (أي نسبة الضغط 1/8) كما يبين الشكل 4 - 5. وبالتالي يصبح معدل البت على خرج مرمز الكلام 13kbps لينخفض معدل البت على الحامل الترددي باعتبار تشارك ثمانية مشتركين على استخدامه من 832kbps إلى 104kbps وهذا يلائم معدل النقل المتاح على الحامل الترددي مع فائض يتم استغلاله للتغلب على استجابة القناة حيث لا يأخذ مرمز الكلام مشكلات القناة الراديوية بعين الاعتبار. تلعب مرحلتي ترميز القناة والتفريق دوراً هاماً في تصحيح الخطأ وتجاوز عيوب القناة اللاسلكية.



الشكل 4 – 5- ضغط المعطيات ومعدل الإرسال على دخل وخرج مرمز الكلام

4- ترميز القناة Channel Coding:

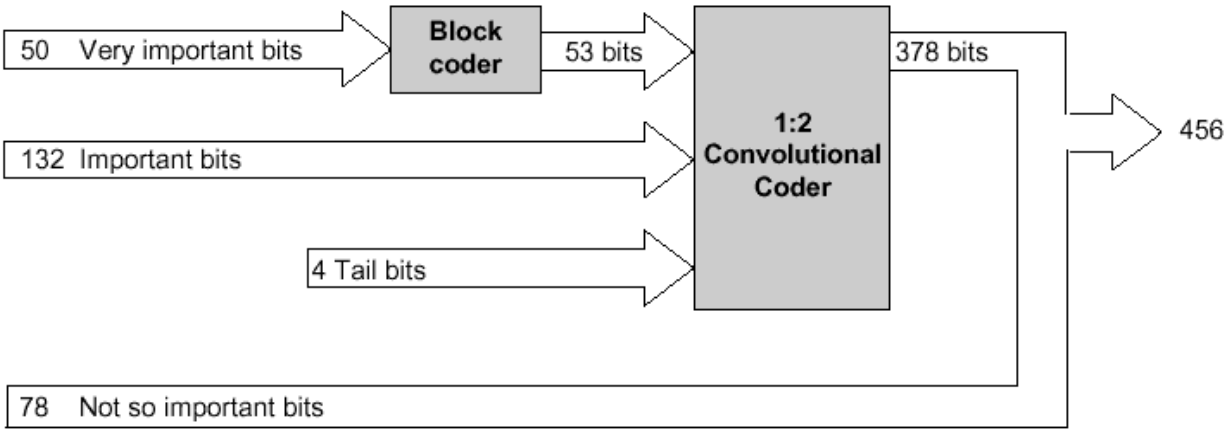
تستخدم البتات الناتجة عن ترميز الكلام وعددها 260 بت كدخل لمرمز القناة ويعطي على خرجه 456 بتاً وبالتالي معدل الترميز coding rate هنا هو 0.57. حيث يتم تصنيف بتات الدخل الـ260 حسب الأهمية إلى ثلاث كتل مبينة في الشكل 4 - 6 وهي:

1 الكتلة الأولى: 50 بتاً مهمة جداً

2- الكتلة الثانية: 132 بتاً مهمة

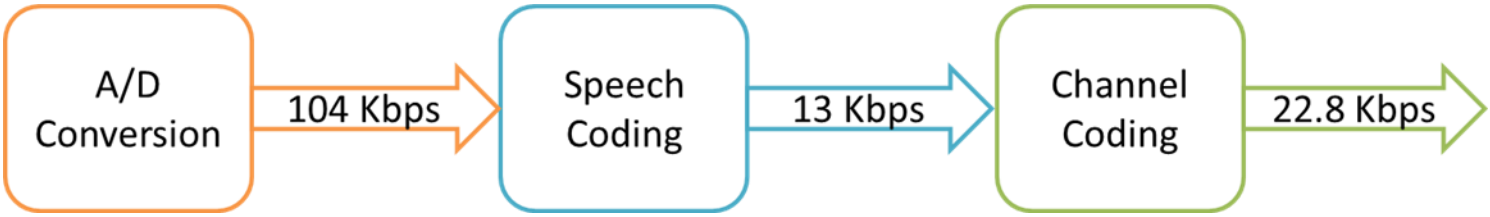
3- الكتلة الثالثة: 78 بتاً الأقل أهمية

يتم إرسال الكتلة المهمة جدا إلى المرمز الكتلي Block coder الذي يضيف إليها ثلاث بتات تدقيق CRC ليعطي المرمز الكتلي على خرجه 53 بتاً حيث يستخدم المستقبل البتات الثلاث المضافة لكشف الخطأ. يتم إرسال 53 بتاً من لكتلة لمهمة جداً و132 بتاً من الكتلة المهمة بالإضافة إلى أربع بتات ذيل (المجموع 189bit) إلى مرمز تلفيفي convolutional coding بمعدل ترميز يساوي 1/2 وبالتالي يعطي على خرجه 378 بتاً تستخدم البتات الإضافية هنا لتصحيح الخطأ. أما البتات الأقل أهمية فلايتم تطبيق ترميز القناة عليها وترسل كما هي ليصبح مجموع البتات على خرج العملية ككل 456 بتاً.



الشكل 4 6 مرمز القناة في نظام الجيل الثاني

وبخلاف ترميز الكلام الذي يخفض معدل الإرسال إلى 13Kbp، يرفع ترميز القناة معدل الإرسال إلى 22.8Kbps كما هو موضح في الشكل 4 7.

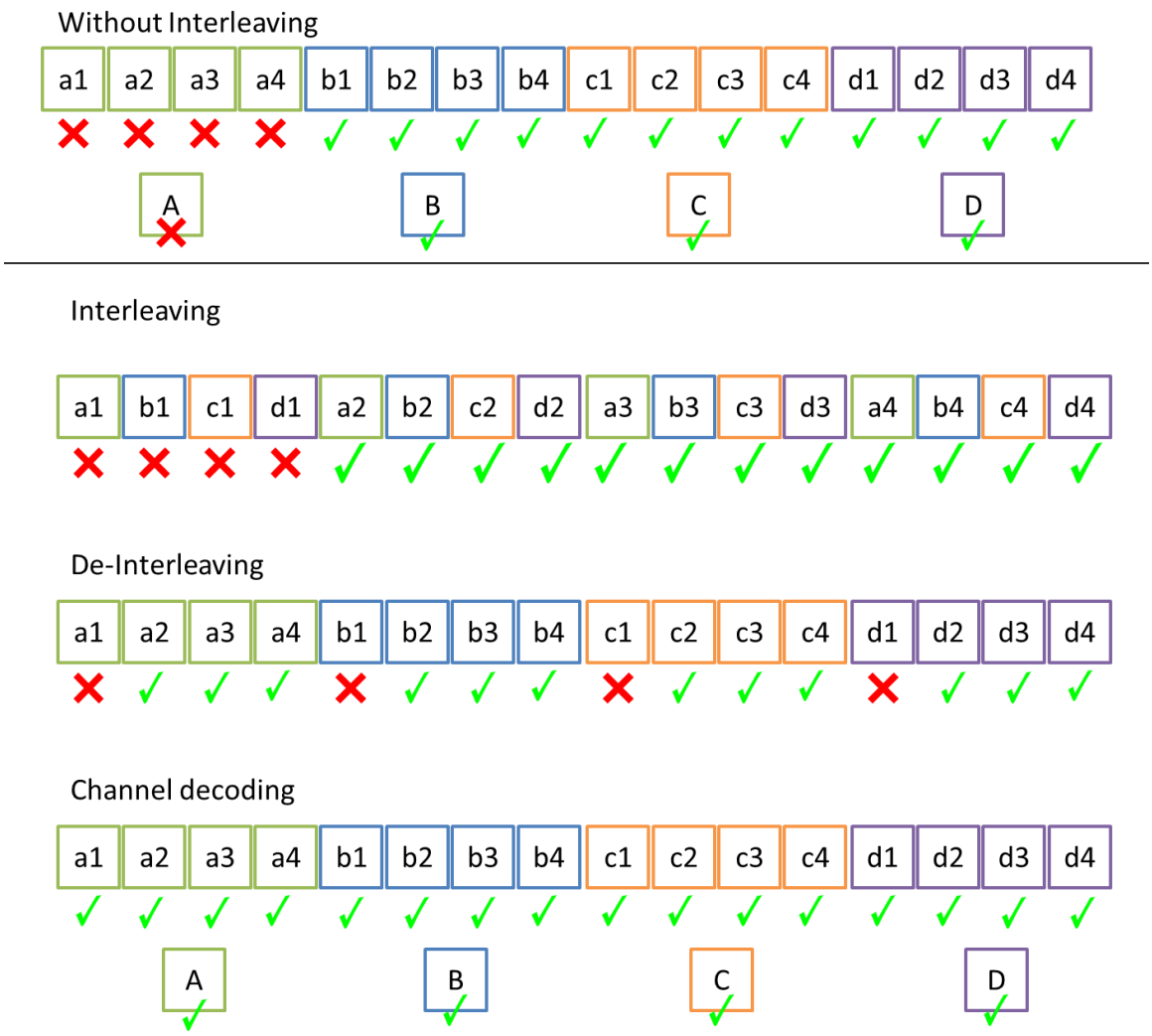


الشكل 4 7 معدل الإرسال على خرج كل من المحول التماثلي الرقمي ومرمز الكلام ومرمز القناة

5- التفريق Interleaving:

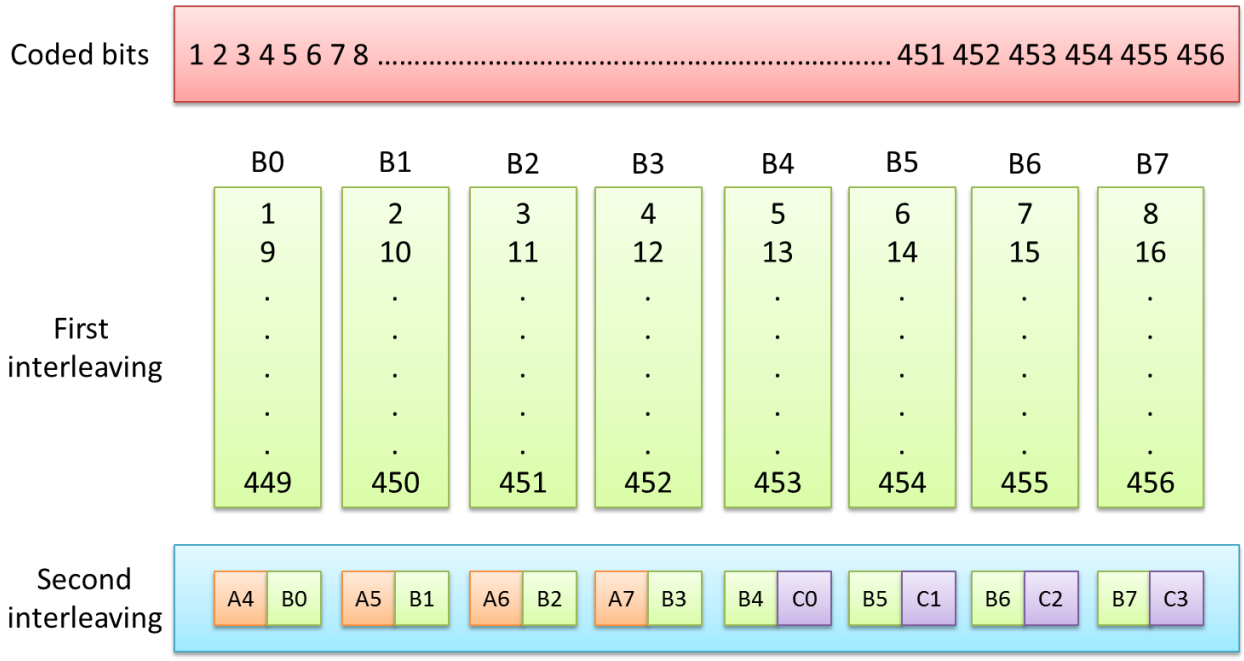
إذا تم تعديل إشارة الصوت وإرسالها بعد ترميز القناة مباشرة ستخضع سلسلة متتالية من البتات لظروف القناة اللاسلكية نفسها مما قد يؤدي إلى عدم قدرة مرمز القناة على تصحيح الخطأ وفقدان هذه السلسلة في الظروف السيئة للقناة. لحل هذه المشكلة يمكن إرسال هذه السلسلة على عدة أجزاء متباعدة زمنياً بدلاً من إرسالها دفعة واحدة بحيث يخضع كل جزء لظروف قناة مختلفة عن الآخر مما يخفض احتمال فقدان السلسلة.

يفيد التفريق في تحقيق التنوع الزمني Time diversity للحد من مشكلة استجابة القناة اللاسلكية المتغيرة مع الزمن. حيث يضمن التفريق توزيع الأخطاء التي تسببها الظروف السيئة لاستجابة القناة خلال مدة زمنية معينة على عدة رموز بدلاً من رمز واحد مما يخفض معدل الخطأ. يبين الشكل 4 – 8 حالة إرسال واستقبال أربعة رموز A,B,C,D كل منها مؤلف من أربعة أجزاء. نلاحظ هنا أنه بغياب التفريق يمكن أن يؤدي فقدان أربعة أجزاء متتالية إلى فقدان رمز بأكمله. بينما يؤدي ذلك بوجود التفريق بعمق 4 إلى معدل خطأ 25% في الرمز يصحح بفك ترميز القناة.



الشكل 4 – 8 – مثال يوضح أهمية استخدام التفريق مع ترميز القناة

يتم تفريق الإطار الكلامي في الجيل الثاني على مرحلتين، تتم المرحلة الأولى على مستوى البت وتوزع فيها بتات الإطار الكلامي على ثمان كتل معطيات B0,….,B7 كل منها 57 بتاً، تسمى هذه المرحلة أيضاً بالتفريق الداخلي. أما المرحلة الثانية فتتم على مستوى كتلة المعطيات، وترسل فيها الكتل الثمانية الناتجة عن المرحلة الأولى ضمن ثمان حصص زمنية متتالية. علماً أن الحصة الواحدة تستطيع حمل كتلتين، لذلك تحمل كل حصة زمنية كتلتين من المعطيات تنتميان إلى إطارين كلاميين مختلفين مرمزين بترميز القناة coded bits. يؤدي تلف حصة زمنية واحدة بوجود التفريق إلى أخطاء متفرقة في الإطار الكلامي يمكن تصحيحها بفك ترميز القناة.



الشكل 4 – 9 – آلية تفريق الإطار الكلامي في الجيل الثاني

يبين الجدول 4 – 1 أثر التفريق عند تلف حصة زمنية واحدة وكذلك أثر غياب أحد أو كلتا مرحلتيه:

بدون تفريق في المرحلة الثانية	مع تفريق في المرحلة الثانية	أثر التفريق على الإطار الكلامي عند تلف حصة زمنية واحدة
تلف 114 بتاً موزعة على امتداد 456 بتاً	تلف 57 بتاً موزعة على امتداد 456 بتاً	مع تفريق في المرحلة الأولى
تلف 114 بتاً متتالية	تلف 57 بتاً متتالية.	بدون تفريق في المرحلة الأولى

الجدول 4 – 1 – أهمية مرحلتي التفريق الأولى والثانية

- يؤدي التفريق إلى تأخير الإرسال والإستقبال فبدلا من وصول الإطار الكلامي خلال أربع حصص زمنية ضمن أربعة إطارات TDMA متلاحقة أي خلال (18.46ms)، يستغرق وصولها ثمانية حصص زمنية أي (36.92ms). وبشكل عام بازدياد عمق المفرّق يزداد التأخير وينخفض معدل الخطأ.
- يستخدم نظام الجيل الثاني لتفريق معطيات التحكم مفرّق بعمق 4 بينما يستخدم مفرّق بعمق 22 لتفريق البيانات كالرسائل القصيرة وبيانات الإنترنت.

6- التشفير Ciphering:

يهدف التشفير إلى ترميز الرشقة بحيث لا يمكن فك ترميزها إلا من قبل الوحدة المتحركة المقصودة. تسمى خوارمية التشفير في الجيل الثاني GSM بالخوارزمية A5 وهي خوارزمية تشفير محافظة أي لا ينتج عنها زيادة في حجم المعطيات المشفرة، وبالتالي فإن المعطيات على دخل وخرج عملية التشفير لها نفس الحجم. يتم توليد مفتاح التشفير باستخدام الخوارزمية A8، ولتحسين السرية يتم تشفير كل مكالمة بمفتاح تشفير مختلف عن سابقاتها من المكالمات التي أجراها المشترك.

7- تشكيل الرشقة Burst Formating:

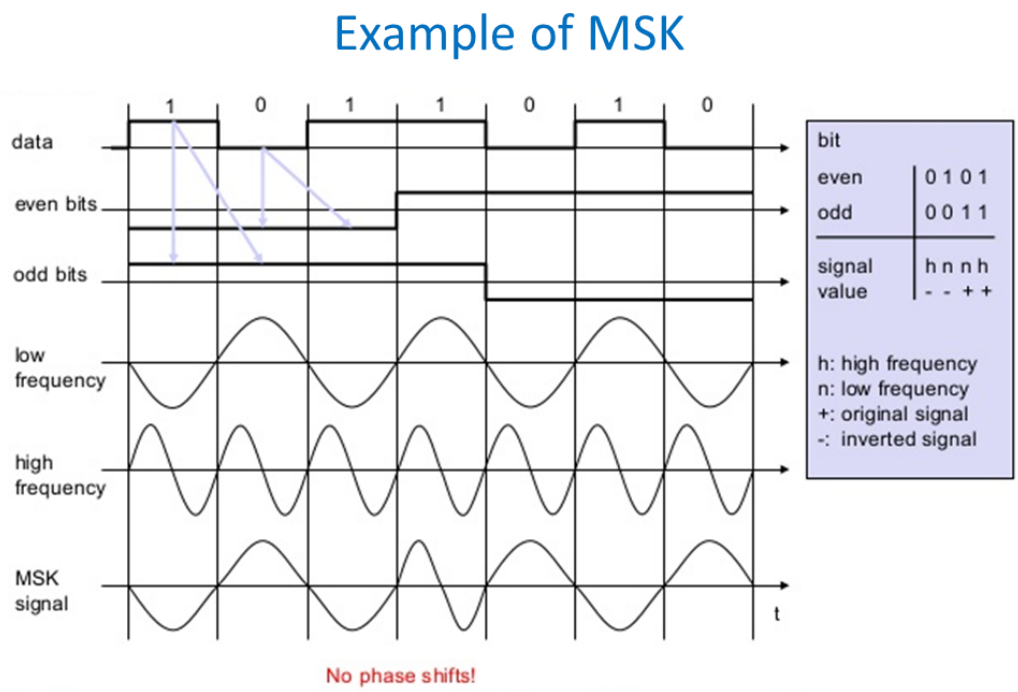
كما ذكرنا سابقاً، أي عملية إرسال بين المحطة الثابتة والوحدة المتحركة يجب أن تضم معلومات إضافية كسلسلة الإختبار المكونة من 26 بتاً، وبتي استعارة steal flag وثلاث بتات بداية وثلاث بتات نهاية. يهدف تشكيل الرشقة إلى إضافة هذه البتات إلى كتلة المعطيات التي تحمل معلومات الصوت المشفرة. يؤدي ذلك إلى زيادة حجم الرشقة من 114bit إلى 148bit مايؤدي إلى زيادة معدل البت، هذه البتات الإضافية مهمة للتسوية وتقدير القناة في طرف الاستقبال. يضاف إلى ذلك 8.25 بت تستخدم كفترة حماية بين الرشقات، وبهذا يصبح الحجم النهائي للرشقة 156.25bit. وبالأخذ بعين الإعتبار تشارك ثمانية مشتركين على حامل ترددي واحد نحصل على معدل النقل على الحامل الترددي $156.25\text{bit} \times 8\text{TS} / 4.615\text{ms} = 270.9\text{Kbps}$.

8- التعديل Modulation:

بعد تشكيل الرشقة ينبغي تحويل (تعديل) البتات إلى أشكال موجية ثم إرسالها باستخدام حامل ترددي لنقلها في الوسط اللاسلكي. يعبر التعديل عن تحويل البتات إلى شكل موجي معين يمثل قيمة رقمية معينة. يعتمد نظام الجيل الثاني نمط التعديل GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) الذي يحمل بت واحد في الشكل الموجي وهو تعديل MSK مضاف إليه مرشح تمرير منخفض غاوصي لمقاومة الضجيج والتداخل.

يقلل التعديل MSK التغيرات المفاجئة في الطور مما يعطي استمرارية في الطور، حيث يفصل المعلومات الرقمية إلى بتات زوجية (E) وبتات فردية (O) و يضاعف المدة الزمنية لكل بت ويستخدم ترددين: تردد منخفض $f1$ وتردد مرتفع $f2 = 2f1$ كما في الشكل 4 – 1 ويتم اختيار أحد الترددين كالتالي:

- إذا كان $E = O = 0$ يستخدم التردد العالي مع عكس الطور.
- إذا كان $E = 1$ و $O = 0$ يستخدم التردد المنخفض مع عكس الطور.
- إذا كان $E = 0$ و $O = 1$ يستخدم التردد المنخفض دون عكس الطور.
- إذا كان $E = O = 1$ يستخدم التردد العالي دون عكس الطور.



الشكل 4 – 10 – مثال يوضح طريقة التعديل **MSK**

يتيح التعديل GMSK فعالية طيفية قدرها 1.3bit/s/Hz في GSM وتم اختياره لعدة أسباب أهمها:

- مناعته العالية ضد الضجيج والتداخل، حيث يتم فيه تخميد الحزم الجانبية للطيف مما يخفض التداخل بين الحوامل الترددية المتجاورة Inter Carrier Interference.
- لا يحتاج إلى استطاعة متغيرة بالمقارنة مع ASK مما يسمح باستخدام مضخمات استطاعة ذات فعالية عالية في الجهاز النقال، ويخفض استهلاك البطارية ويحافظ على عمرها.

أسئلة:

20 سؤال، خمس علامات لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة.

1- يلعب التجويف الفكي دور:

أ- مرشح تمرير منخفض

ب-مرشح تمرير مرتفع

ت-مرشح تمرير حزمة

ث-مرشح قطع حزمة

2- تردد التقطيع المستخدم لأخذ العينات الصوتية في الجيل الثاني:

أ- 3.4KHz

ب- 6.8KHz

ت- 4KHz

ث- 8KHz

3- لا تزيد المركبات الترددية للصوت البشري عن:

أ- 3.4KHz

ب- 6.8KHz

ت- 4KHz

ث- 8KHz

4- أصغر تردد تقطيع يحقق شرط شانون لأخذ العينات الصوتية البشرية هو:

أ- 3.4KHz

ب- 6.8KHz

ت- 4KHz

ث- 8KHz

5- لا تتضمن مرحلة التحويل التماثلي الرقمي:

أ- التكمية Quantization

ب- ترميز الكلام Speech coding

ت-أخذ العينات Sampling

ث-الترميز Coding

6- يؤدي ترميز الكلام في GSM إلى:

أ- زيادة معدل البت

ب-تخفيض معدل البت

ت-الحفاظ على معدل البت نفسه

ث-كل ماسبق ممكن

7- يؤدي ترميز القناة في GSM إلى:

أ- زيادة معدل البت

ب-تخفيض معدل البت

ت-الحفاظ على معدل البت نفسه

ث-كل ماسبق ممكن

8- يضيف المرمز الكتلي Block Coder:

أ- بتات بداية ونهاية Tail bits

ب-سلسلة اختبار Training Sequence

ت-بتات تدقيق CRC

ث-بتي استعارة Steal flage

9- يؤدي التشفير في GSM إلى:

أ- زيادة معدل البت

ب-تخفيض معدل البت

ت-الحفاظ على معدل البت نفسه

ث-كل ماسبق ممكن

10- في GSM يرسل:

أ- عينات الصوت ومعاملاته.

ب-إما عينات الصوت أو معاملاته.

ت-عينات الصوت فقط.

ث-معاملات الصوت فقط.

11- يتيح الحامل الترددي في الجيل الثاني معدل نقل قدره:

أ- 13Kbps

ب-104Kbps

ت-270Kbps

ث-456Kbps

12- بزيادة عمق المفرق Interleaver:

أ- يزداد معدل الخطأ

ب-يزداد التأخير

ت-يزداد معدل الترميز

ث-يزداد معدل البت

13- أكمل الفراغ: عمق مفرق معطيات التحكم .....عمق مفرق معطيات الصوت

أ- أكبر

ب-أصغر

ت-يساوي

ث-كل ما سبق ممكن

14- أكمل الفراغ: عمق المفرق المستخدم لنقل البيانات.....عمق مفرق معطيات الصوت

ج- أكبر

ح- أصغر

خ- يساوي

د- كل ما سبق ممكن

15- يتم التفريق Interleving في GSM:

أ- بمرحلة واحدة

ب-على مرحلتين

ت-على ثلاث مراحل

ث-على أربع مراحل

16- تسمى خوارزمية التشفير في GSM بالخوارزمية:

أ- A3

ب-A5

ت-A7

ث-A8

17- يتم توليد مفتاح التشفير في GSM باستخدام الخوارزمية:

أ- A3

ب-A5

ت-A7

ث-A8

18- نمط التعديل المستخدم في GSM هو:

أ- ASK

ب-BPSK

ت-GMSK

ث-FSK

19- يحمل الشكل الموجي في نمط التعديل GMSK:

أ- بت واحد

ب-بتين

ت-ثلاثة بتات

ث-أربع بتات

20- ليست من ميزات نمط التعديل المستخدم في GSM:

أ- فعاليته الطيفية العالية

ب-ممانعته للضجيج والتداخل

ت-لا يحتاج إلى استطاعة متغيرة

ث-يوفر استهلاك بطارية المحطة المتحركة

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ب	ث	أ	ب	ب	ب	أ	ت	ت	ث	ت	ب	ب	ج	ب	ب	ث	ث	أ	أ

الفصل الخامس

مشكلات وتقنيات الاتصال اللاسلكي

ملخص:

يتناول هذا الفصل لمحة عامة عن المفاهيم الأساسية في نظم الاتصال اللاسلكية والمشكلات التي تتعرض لها الإشارة اللاسلكية في رحلتها للوصول إلى طرف الاستقبال والحلول التي يقدمها الجيل الثاني للتعامل مع هذه المشكلات. تجدر الإشارة إلى أن الصفحات الثمانية الأولى من هذا الفصل هي لمجرد التذكير بمشكلات الاتصال اللاسلكي التي تمت دراستها في مقرر الاتصالات اللاسلكية والنقالة، بينما يعنى هذا المقرر بحلول هذه مشكلات، لذلك يمكن للطالب دراسة هذا الفصل ابتداءً من الصفحة التاسعة على اعتباره ملماً بمشكلات الاتصال اللاسلكي.

كلمات مفتاحية:

فقد المسار، خفوت الظل، تعدد المسارات، التداخل بين الرموز، التداخل بين الخلايا، إعادة استخدام التردد، التفريق، القفز الترددي، التسوية المتكيفة، التسبيق الزمني.

الأهداف التعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

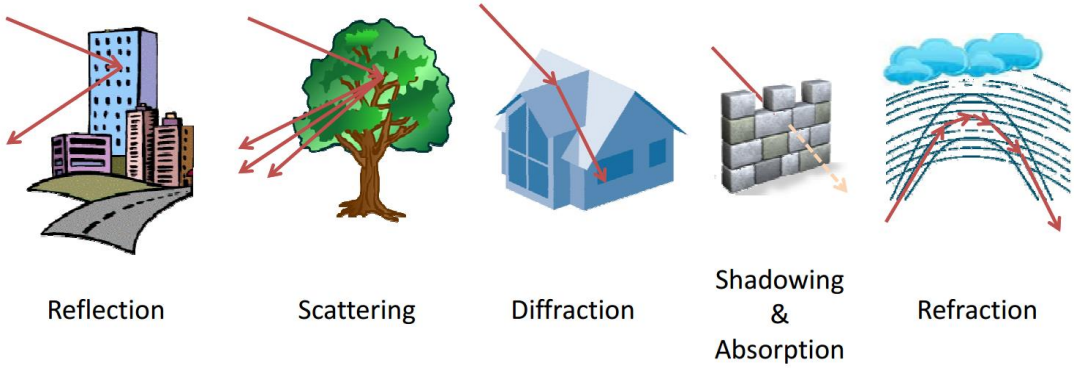
1- تفهم وتشرح التقنيات المستخدمة في الجيل الثاني لحل مشكلات القناة اللاسلكية.

2- تتعرف على مبادئ التخطيط الترددي.

1- مقدمة

تشغل الوصلة الراديوية الحيز الأكبر من الاهتمام والتطوير مقارنة ببقية الوصلات في الشبكة الخلوية، وذلك لكونها الوصلة الأبطأ وعنق الزجاجة في نظام الاتصال الخلوي وأي تحسن فيها يؤثر بشكل مباشر وملموس على رضا المستخدم النهائي.

إن وسط الانتشار الراديوي في GSM هو وسط لاسلكي غير موجه Unguided يبدي مجموعة من التحديات والقيود الخاصة بهذا النوع من أوساط الانتشار. حيث تخضع الإشارة اللاسلكية أثناء انتشارها إلى أنواع مختلفة من التأثيرات مبينة في الشكل 5 – 1، كالانعكاس reflection والإنعراج diffraction والتبعثر scattering والانكسار refraction والامتصاص apsorption.

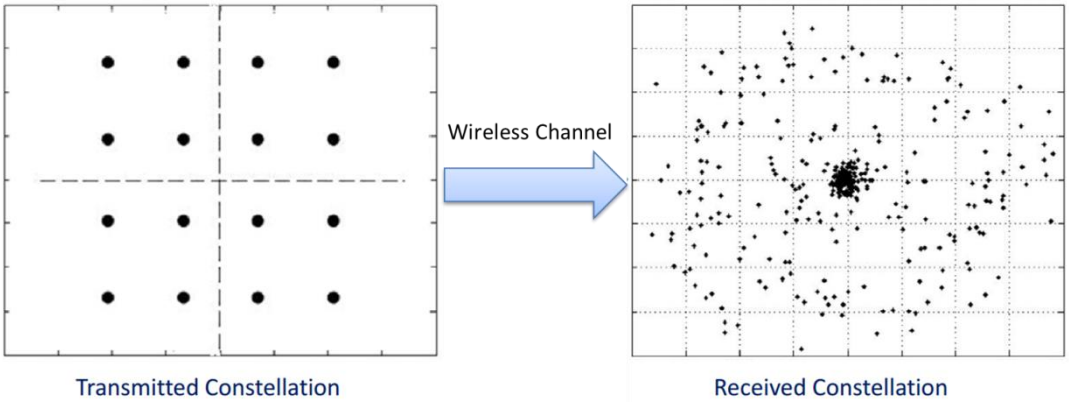


الشكل 5 1 التأثيرات المختلفة التي تتعرض لها الإشارة اللاسلكية

فيديو – الأمواج الراديوية 1 ، فيديو – الأمواج الراديوية 2

يحصل الانعكاس عنما تصطدم الموجة الكهرطيسية بجسم ذو أبعاد أكبر بكثير من طول الموجة كسطح الأرض أو الجدران. بينما يحصل انعراج للموجة الكهرطيسية عندما ورودها على جسم ذو حواف حادة. أما التبعثر فيحدث عند اصطدام الموجة الكهرطيسية بجسم ذو أبعاد أصغر من طول الموجة كأوراق الأشجار. ويحدث الانكسار عندما تعبر الموجة الكهرطيسية ضمن وسط يؤدي إلى تغيير مسارها كطبقة الأيونوسفير الذي يسبب انحناء مسار الأمواج الكهرطيسية التي تمر به نحو الأسفل. ويحدث الامتصاص عند مرور الموجة الكهرطيسية عبر عائق ما كجدار يمتص جزء من طاقة الموجة ويمرر جزء منها يسمى ظل الموجة.

ينتج عن هذه التأثيرات ثلاث ظواهر وهي خفوت فقد المسار وخفوت الظل وخفوت تعدد المسارات، تسبب هذه الظواهر الثلاثة (بالترتيب) تغيرات كبيرة Large scale وتغيرات متوسطة وتغيرات صغيرة Small scale في استطاعة الإشارة المستقبلة. يبين الشكل 5 2 مثالاً لأثر القناة اللاسلكية في تشويه مطال وطور الإشارة.



الشكل 5 2 مثال يوضح أثر القناة اللاسلكية في تشويه مطال وطور الإشارة المرسلة

2- مشكلات الاتصال اللاسلكي

1.2- خفوت فقد المسار Path Loss:

خفوت فقد المسار هو التخامد في استطاعة الإشارة المرسلة الناتج عن المسافة التي تقطعها في الوسط اللاسلكي، حيث تتخامد الإشارة أكثر فأكثر عند انتشارها مبتعدة عن المرسل حتى وإن لم يكن هناك أي عائق يعترض طريقها. وتكون المسافة التي تقطعها الإشارة أكبر أو تساوي البعد بين المرسل والمستقبل وبشكل عام:

$$\text{Path Loss} \propto \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^{\alpha}$$

- يزداد فقد المسار بزيادة طول المسار d الذي تسلكه الإشارة.
- يزداد فقد المسار مع ارتفاع تردد الإشارة f حيث $\lambda = c / f$.
- يتعلق فقد المسار بمعامل فقد المسار α وهو يختلف باختلاف وسط الانتشار من منطقة إلى أخرى. يؤثر المعامل α على تغير فقد المسار مع المسافة والتردد وهو يساوي 2 في الخلاء، بينما تتراوح قيمته في الهواء ما بين 2.5 و6 كما هو مبين في الجدول 5 - 1:

معامل فقد المسار (قيم تقريبية)	بيئة الانتشار
2	الفضاء الحر (Free Space)
2.5	المناطق الريفية (Rural)
3	الضواحي (Suburban)
4	المدن (Urban)
1.6 to 1.8	داخل الأبنية المغطاة بخلايا بيكو
4 to 6	داخل الأبنية المغطاة بخلايا ماكرو أو ميكرو

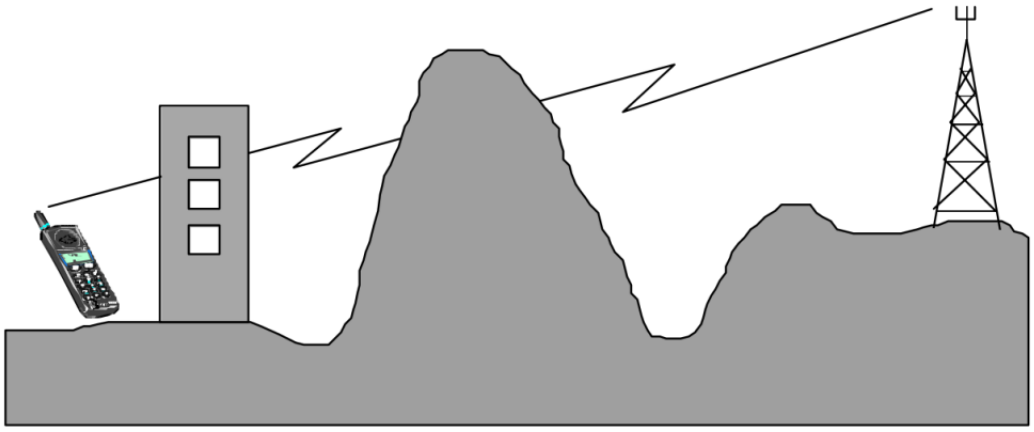
الجدول 5 - 1- قيم فقد المسار في بيئات الانتشار اللاسلكية المختلفة

يعرف خفوت فقد المسار عملياً بأنه متوسط لتخامد في استطاعة الإشارة لعدة مستقبلات لها نفس البعد عن المرسل. تبلغ القيمة العظمى لفقد المسار الأعظمي المقبول في النظم الخلوية حوالي $150dB$، ويمكن التغلب على مشكلة فقد المسار هذه برفع استطاعة الإرسال وتخفيض حساسية الاستقبال. تتراوح القيمة العظمى لاستطاعة الإرسال في المحطة الثابتة ما بين $43dBm$ و $46dBm$ بينما تبلغ القيمة العظمى لاستطاعة الإرسال في الوحدة المتحركة $33dBm$ من أجل GSM900 و $30dBm$ من أجل GSM1800. وتبلغ حساسية المستقبل في المحطة الثابتة حوالي 135dBm بينما تبلغ حساسية المستقبل في الوحدة المتحركة حوالي $-110dBm$.

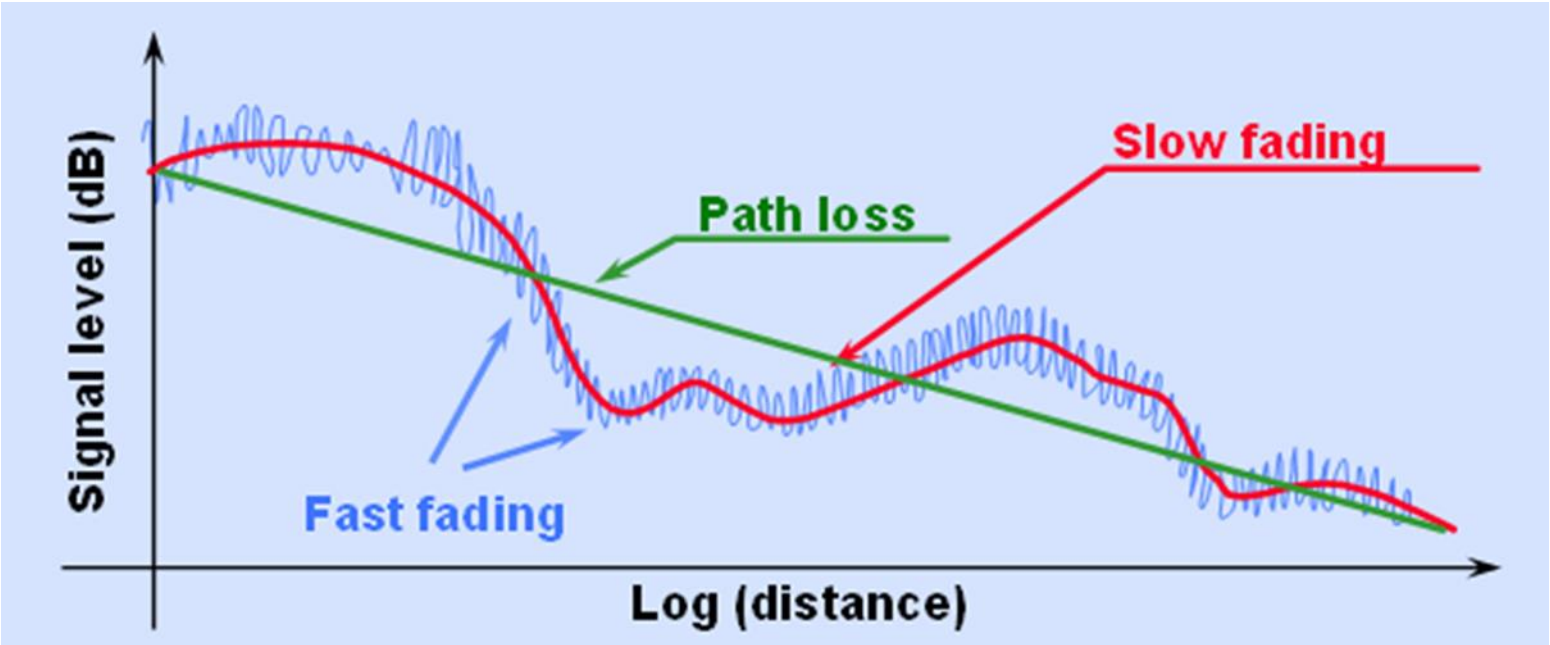
2.2- خفوت الظل Shadowing:

ينتج خفوت الظل عن عبور الإشارة بعوائق كبيرة الحجم (مصدات) كالأبنية والمرتفعات الجبلية كما في الشكل 5 3 حيث تمتص هذه المصدات جزء من طاقة الإشارة مما يسبب انخفاض في استطاعة الإشارة. يزداد تأثير خفوت الظل كلما كان المصد أقرب إلى المحطة الثابتة أوالوحدة المتحركة ولهذا يمكن لجسم قريب من الوحدة المتحركة كجسم الإنسان مثلاً أو شجرة قريبة جداً من هوائي المحطة الثابتة أن تسبب تخميد كبير في الإشارة حيث تكاد تنعدم المسارات التي يمكن أن تسلكها الإشارة دون العبور في المصد القريب. يسمى خفوت الظل بالخفوت البطيء Slow fading لكونه يسبب تغيرت بطيئة نسبياً في استطاعة الإشارة بالمقارنة مع التغيرات السريعة التي يسببها خفوت تعدد المسارات كما هو مبين في الشكل 5 – 4.

نحصل على خفوت الظل بحساب متوسط الفرق بين تخامد الإشارة لعدة قياسات مأخوذة على مسافة طولها بضعة عشرات من طول الموجة وفقد المسار لكل قياس منها. كما يسمى خفوت فقد المسار بدون خفوت الظل بمتوسط المنطقة Area Mean بينما يسمى خفوت فقد المسار مع خفوت الظل بالمتوسط المحلي Local Mean.



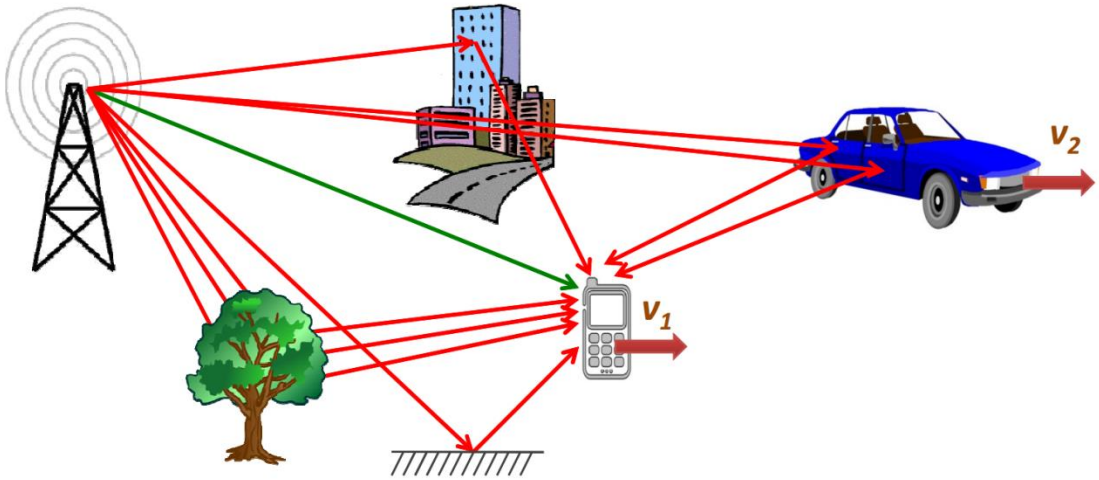
الشكل 5 3 – خفوت الظل



الشكل 5 4 التغيرات في استطاعة الإشارة التي تسببها ظواهر الخفوت المخالفة

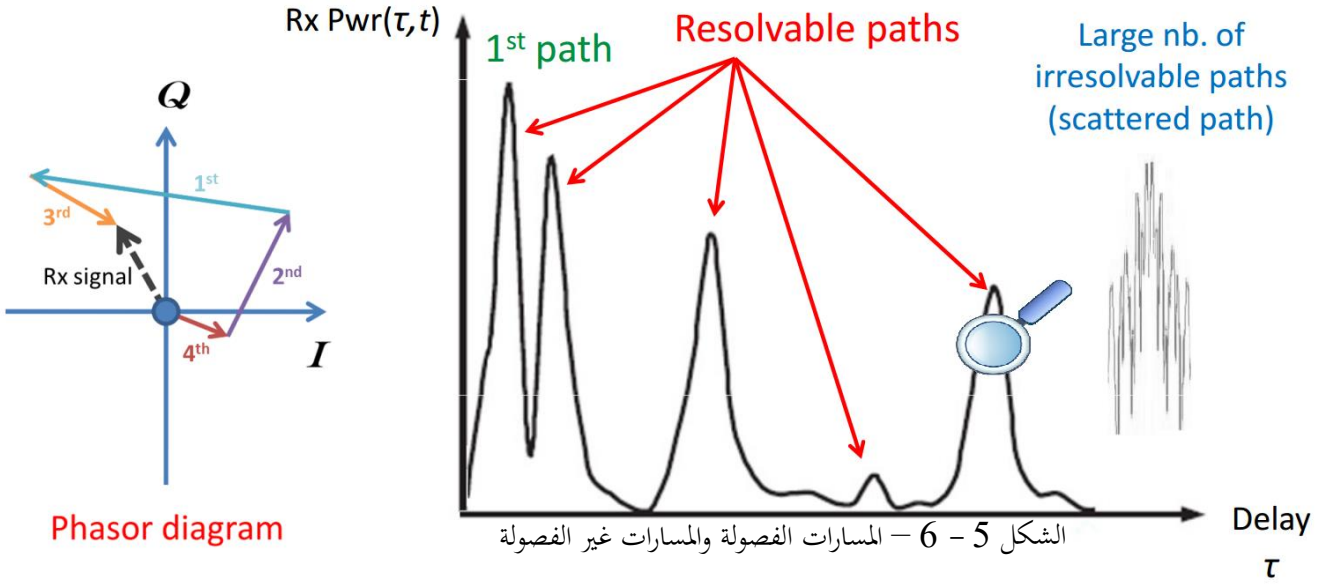
3.2– خفوت تعدد المسارات Multipath fading:

يحدث خفوت تعدد المسارات في القناة اللاسلكية عندما تصل الموجة الراديوية من عدة اتجاهات مختلفة بانزياحات عشوائية في الطور كما في الشكل 5 – 5 لتتراكم محصلتها في هوائي الاستقبال فينتج عنها تغيرات سريعة في غلاف الإشارة المستقبلة. وبالتالي فإن الإشارة المستقبلة هي مجموع عدة نسخ من الإشارة الأصلية تختلف عن بعضها بالطور والمطال. يمكن لخفوت تعدد المسارات أن يسبب تغيرات في غلاف الإشارة تتراوح ما بين 30dB إلى 40dB ضمن مسافة تساوي طول الموجة نتيجة للتراكمات الهدامة والتراكمات البناءة.



الشكل 5 – 5 – تعدد المسارات في الوسط اللاسلكي

تصنف المسارات المتعددة كما في الشكل 5 – 6 إلى مسارات فصولة Resolvable، وهي المسارات التي يستطيع المستقبل التمييز بينها، ومسارات غير فصولة Irresolvable حيث يتكون كل مسار فصول من عدد من المسارات غير الفصولة. يدعى خفوت تعدد المسارات بالخفوت قصير الأمد أو خفوت التغيرات الصغيرةSmall Scale fading بينما يدعى خفوت الظل بالخفوت طويل الأمد أو خفوت التغيرات الكبيرة Large Scale fading. ينتج عن تعدد المسارات أيضاً مشكلة التشتت الزمني Time Dispersion، لأن عدة نسخ متماثلة من الإشارة تنتشر ضمن مسارات مختلفة لتصل إلى هوائي الاستقبال بتأخيرات زمنية مختلفة.

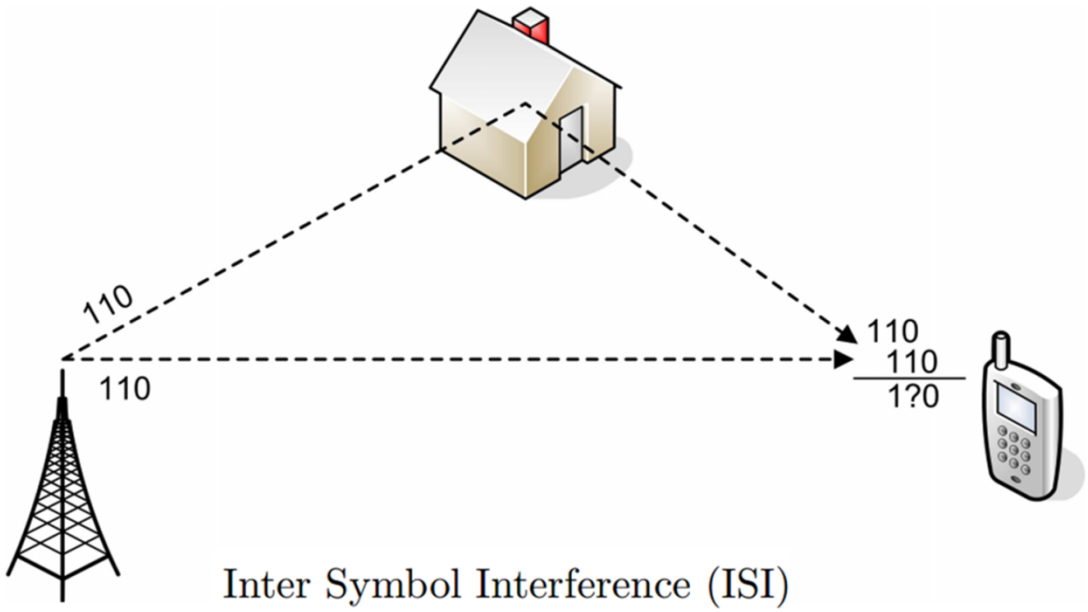


الشكل 5 – 6 – المسارات الفصولة والمسارات غير الفصولة

4.2– التداخل بين الرموز Inter Symbol Interference:

إذا سلكت الإشارة مسار أطول بكثير من المسار الأقصر بين المحطة الثابتة والوحدة المتحركة يحصل عندئذ تأخير زمني كبير نسبياً (تتشتت الإشارة زمنياً Time Dispersion) ما يؤدي إلى تراكب أجزاء مختلفة من نسخ الإشارة مع بعضها. فكما يوضح المثال أدنا يمكن لنهاية الإشارة الواصلة من المسار المباشر أن تتداخل مع بداية الإشارة الواصلة من المسار المتأخر. بحيث يصل أحد البتات إلى المستقبل بقيمتين مختلفين في نفس الوقت ما يسبب مشكلات في فك الترميز.

يجري إرسال بت واحد كل 3.7µs وهي مدة كافية لتقطع الموجة الراديوية الحاملة للبت مسافة 1Km تقريباً في الهواء. وبالتالي إذا كان طول المسار المباشر 1Km وطول المسار غير المباشر يساوي 2Km عندئذ سيتداخل كل بت مرسل مع البت الذي يليه كما في الشكل 5 – 7. أما إذا كان طول المسار غير المباشر يساوي 3Km عندئذ سيتداخل البت الأول مع البت الثالث وهكذا. تسمى هذه المشكلة بمشكلة التداخل بين الرموز ISI ويتم حلها في GSM باستخدام التسوية Equalization.



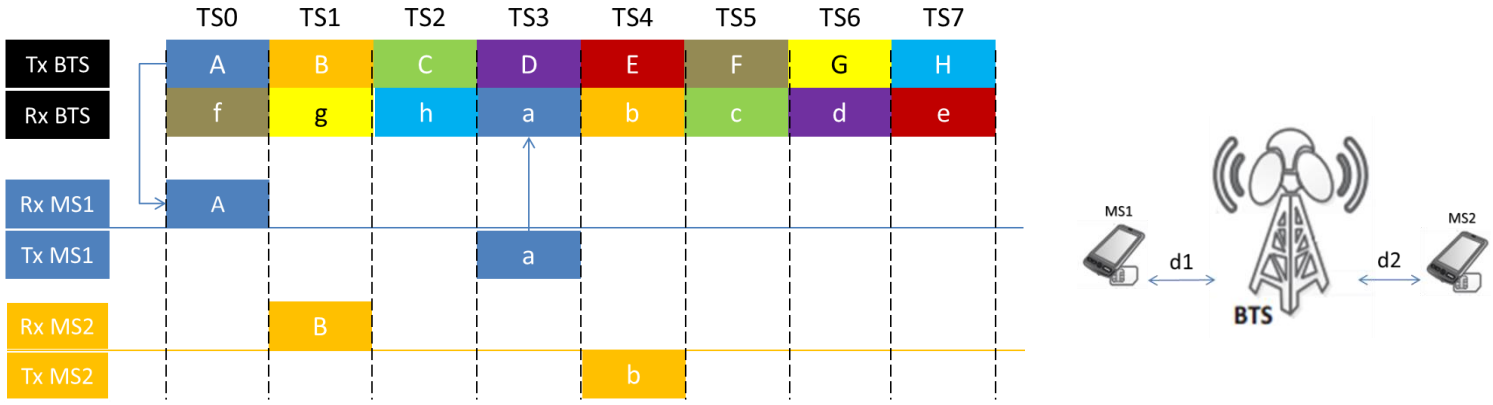
الشكل 5 – 7 – مشكلة التداخل بين الرموز

5.2- تأخير الانتشار Propagation Delay:

يتيح النفاذ المتعدد بالتقسيم الزمني TDMA في GSM إجراء ثمانية مكالمات معاً على نفس الحامل الترددي مما يتطلب من المحطة الثابتة استقبال الرشقات من ثمانية وحدات متحركة في كل إطار. تتوزع الوحدات المتحركة في أماكن مختلفة ضمن الخلية بعضها قريب من المحطة الثابتة وبعضها الآخر على حواف الخلية.

تنتشر الأمواج الكهرطيسية في الهواء بسرعة تساوي تقريباً سرعة الضوء في لفراغ وهي $c = 3\times10^8\, m/s$، تسمى المدة الزمنية τ اللازمة لانتشار الموجة الكهرطيسية في القناة اللاسلكية مسافة d تأخير الانتشار Propagation delay وتحسب من العلاقة $\tau = d/c$. وبالتالي يزداد تأخير الانتشار كلما كانت الوحدة المتحركة أبعد عن المحطة الثابتة. فعلى سبيل المثال، لتكن لدينا وحدتان متحركتان تبعدان عن المحطة الثابتة المخدمة مسافة $d_1 = 300m$ و $d_2 = 900m$ وبفرض وجود خط نظر بين المحطة الثابتة والوحدتين المتحركتين، عندئذ يكون تأخير الانتشار للمسارات المباشرة $\tau_1 = 1\mu s$ و $\tau_2 = 3\mu s$ على الترتيب.

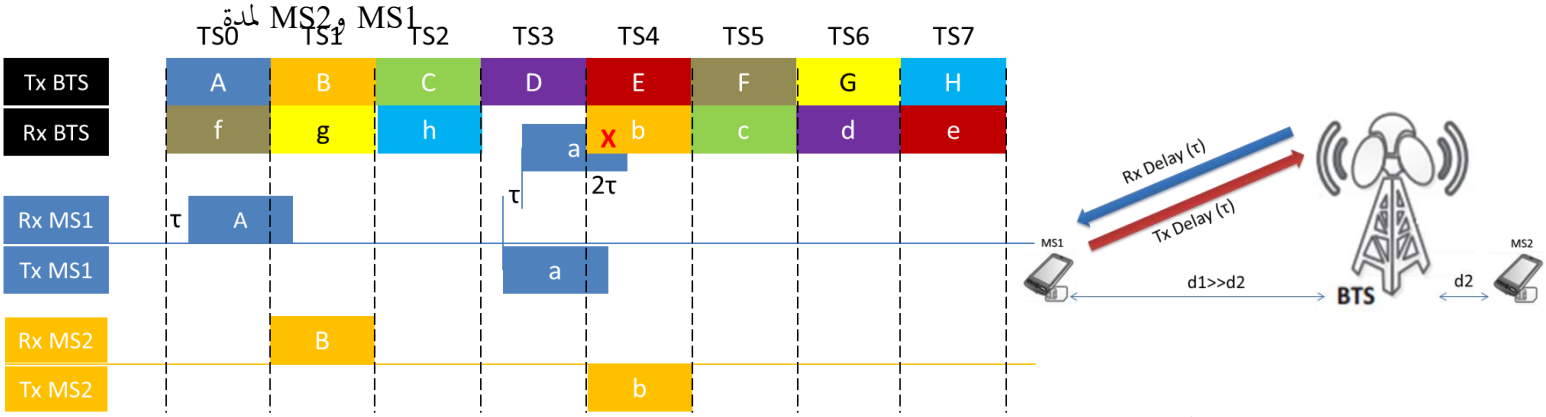
لنفترض الآن أن الخلية تحوي وحدتين متحركتين MS1 و MS2 شديدتي القرب من المحطة الثابتة وتجري كل منهما مكالمة. تحجز الوحدة المتحركة MS1 حصة زمنية للإرسال ضمنها ولتكن TS3 بينما تحجز الوحدة المتحركة MS2 حصة زمنية أخرى ولتكن TS4 كما هو موضح الشكل 5 8:



الشكل 5 8 الإرسال والاستقبال في حالة وحدتين متحركتين قريبتين من المحطة الثابتة

لنفترض أن الوحدة المتحركة MS1 بدأت بالتحرك مبتعدة عن المحطة الثابتة عندئذ تصل الرشقات التي ترسلها متأخرة أكثر فأكثر عن الحصة الزمنية TS3 التي تنتظر المحطة الثابتة وصول هذه الرشقات فيها. مما يؤدي إلى وصول جزء من الرشقة التي ترسلها الوحدة المتحركة MS1 ضمن الحصة الزمنية S4 المتحركة MS2. فينتج عنه تراكب جزأين من الإشارتين المرسلتين من الوحدتين المتحركتين ضعفي تأخير الانتشار ما يسبب فقدان المعلومات التي تصل في هذه المدة كما يوضح الشكل

T المخصصة للوحدة لمدة MS2 و MS1



الشكل 5 - 9 – الإرسال والاستقبال في حالة وحدة متحركة قريبة من المحطة الثابتة وأخرى بعيدة بدون تسبيق زمني

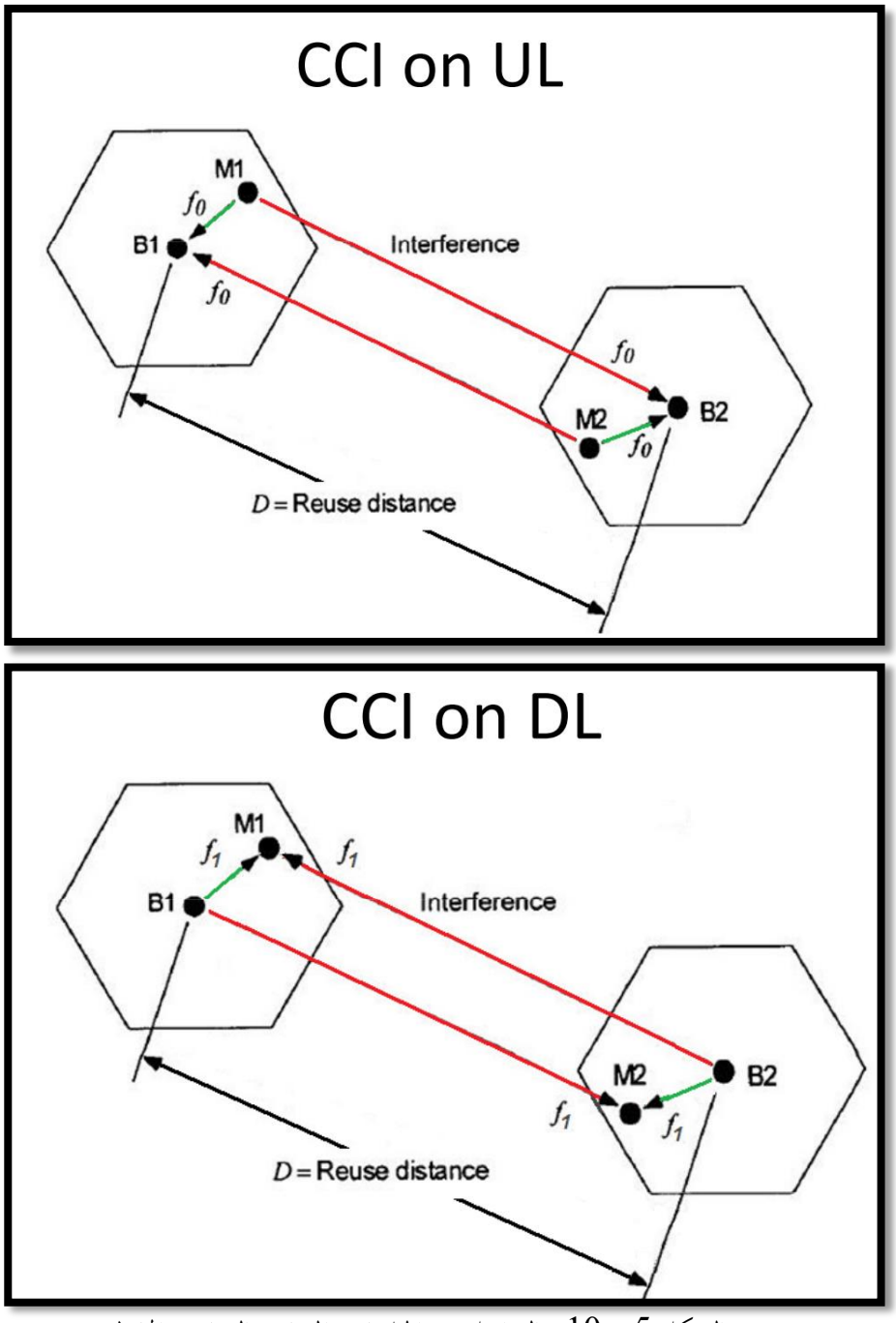
6.2- التداخل بين الخلايا:

يعتبر التداخل بين الخلايا أحد أهم العوامل التي تحد سعة النظام الخلوي. فعند ابتعاد المستخدم عن مركز الخلية تتناقص نسبة الإشارة إلى الضجّج والتداخل SINR لسببين اثنين أولهما تخامد قوة الإشارة بتزايد فقد المسار الذي يزداد بازدياد المسافة بين الوحدة المتحركة والمحطة الثابتة. وثانيهما ارتفاع التداخل بنقصان المسافة بين الوحدة المتحركة وأحد المحطات الثابتة المجاورة.

يمكن أن يحدث التداخل بين الخلايا في المسارين الصاعد والهابط كما يبين الشكل 5 - 10، وهناك نوعان رئيسيان للتداخل بين الخلايا:

أ التداخل في الحامل الترددي Co Channel Interference: وتظهر عندما يستخدم نفس الحامل الترددي في الخلايا المتجاورة، مما يسبب تراكب الإشارة المفيدة مع إشارة التداخل على نفس الحامل.

ب- التداخل بين الحوامل المتجاورة Adjacent Channel Interference وتظهر عندما تستخدم حوامل ترددية متجاورة في الخلايا المتجاورة.



الشكل 5 10 التداخل بين الخلايا في المسارين الصاعد والهابط

3- حلول مشكلات الاتصال اللاسلكي:

يبين الجدول 5 – 2 التقنيات المطبقة في نظام الجيل الثاني GSM على الوصلة الراديوية ووظيفة كل منها:

التقنية	وظيفتها
ترميز القناة	تصحيح الخطأ الناتج في بتات متفرقة
معدل النقل المتكيف	زيادة نسبة الخطأ الذي يمكن تصحيحه
التفريق	بعثرة الخطأ في الزمن (التنوع الزمني)
تعدد الاستقبال	حل مشكلة خفوت تعدد المسارات (التنوع المكاني)
التسوية المتكيفة	حل مشكلة التداخل بين الرموز
التسبيق الزمني	حل مشكلة تأخير الانتشار
التحكم بالاستطاعة	تخفيض التداخل وتوفير استهلاك البطارية
الإرسال المتقطع	تخفيض التداخل وتوفير استهلاك البطارية
القفز الترددي	تخفيض التداخل (التنوع الترددي)
تخطيط التردد	تخفيض التداخل

الجدول 5 – 2 – حلول مشكلات الاتصال اللاسلكي في نظام الجيل الثاني

1.3- ترميز القناة Channel Coding:

يعبر عن جودة الإشارة المستقبلة من خلال نسبة عدد البتات التي لم يتم استقبالها بشكل صحيح إلى عدد البتات المرسلة كما في الشكل 5 - 11، وهذا ما يدعى معدل الخطأ BER.

Transmitted bits	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Received bits	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Errors		↑				↑	↑			3/10 = 30% BER

الشكل 5 - 11- مثال يوضح طريقة حساب معدل الخطأ

يجب تخفيض معدل الخطأ قدر الإمكان، إلا أنه لا يمكن ضمان انعدامه لكون القناة اللاسلكية متغيرة باستمرار. لذلك يجب ترك هامش لنسبة محددة للخطأ بحيث يمكن استعادة الإشارة رغم وجود الخطأ فيها. يستخدم لتحقيق ذلك ترميز القناة المصحح للخطأ الذي يكشف ويصحح الأخطاء في البتات المستقبلة. يعتمد ترميز القناة على حشو المعطيات ببتات إضافية من شأنها مساعدة مفكك الترميز على اكتشاف البتات الخطأ وتصحيحها. يتم في GSM تطبيق ترميز القناة باستخدام الترميز التلفيفي والترميز الكتلي بالطريقة التي ذكرناها سابقاً في الفصل السابق.

2.3- معدل النقل المتكيف Adaptive Multi Rate (AMR):

يصحح ترميز القناة التقليدي نسبة ثابتة من الخطأ سواء كانت حالة القناة اللاسلكية جيدة أو سيئة، ولكن عندما تصبح حالة القناة سيئة يمكن رفع هذه النسبة من خلال ضغط الصوت أكثر وزيادة نسبة الحشو باستخدام الفائض من البتات في ترميز القناة مما يؤدي إلى جعل الاتصال أكثر مناعة ضد التداخل والضجيج، وهذا مايسمى بمعدل لنقل المتكيف AMR. يوجد ثمانية أنماط لمعدل النقل المتكيف كما هو موضح في الجدول 5 - 3، يمكن أثناء المكالمة التغيير بين أربعة أنماط منها كحد أقصى.

AMR Voice Coding Mode	Speech rate	Redundancy rate
1	12.2 Kbps	46.4%
2	10.2 Kbps	55.3%
3	7.95 Kbps	65.1%
4	7.40 Kbps	67.5%
5	6.70 Kbps	70.6%
6	5.90 Kbps	74.1%
7	5.15 Kbps	77.4%
8	4.75 Kbps	79.2%

الجدول 5 - 3 – معدلات النقل والحشو المختلفة في تقنية معدل النقل المتكيف

3.3- التفريق Interleaving:

يلعب التفريق دوراً مهماً في تحقيق التنوع الزمني في الاتصال اللاسلكي مما يحسن الاستفادة من ترميز القناة كما أسلفنا في الفصل السابق.

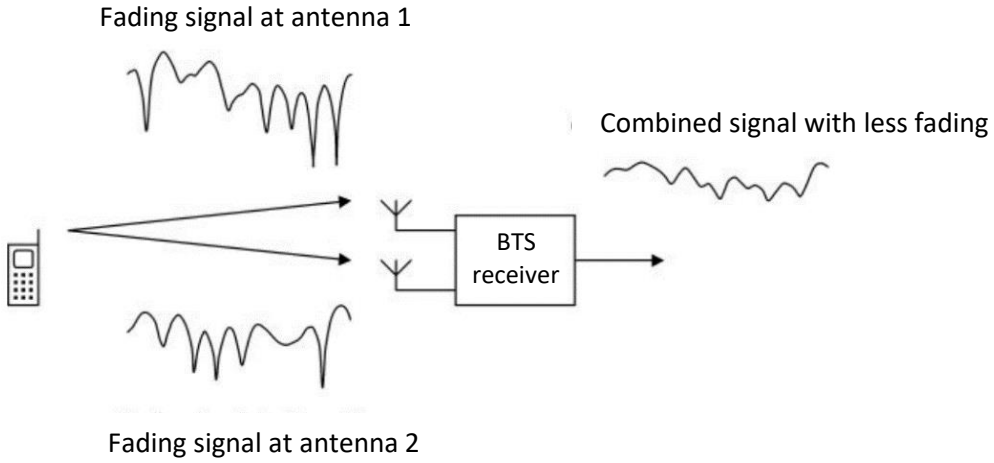
4.3– تعدد الهوائيات Multiple Antennas:

يهدف تعدد الهوائيات إلى تخفيض خفوت تعدد المسارات وزيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج والتداخل للإشارة المستقبلة باستخدام عدة هوائيات في طرفي الإرسال والاستقبال مما يحقق التنوع المكاني Space Diversity. هناك عدة أنماط لتعدد الهوائيات لكن النظام GSM يدعم نمط واحد منه وهو تنوع الاستقبال.

تنوع الاستقبال Receive Diversity:

يتم إرسال الإشارة من وحدة متحركة ذات هوائي إرسال وحيد، وتستقبل المحطة الثابتة هذه الإشارة مرتين باستخدام هوائيي استقبال فتحصل على نسختين من الإشارة تعاني كل منهما من خفوت مختلف عن الأخرى. تصل النسختين إلى هوائيي الاستقبال بانزياح طور مختلف لكل منهما كما هو مبين في الشكل 5 – 12، تتم إزالة هذا الاختلاف بتقدير القناة لكل هوائي، ومن ثم تركيب هاتين النسختين باستخدام أحد تقنيات التركيب بدون مخاطر التداخل الهدام فيما بينهما.

إذا خضعت النسختان لخفوت شديد في نفس اللحظة الزمنية، فإن الإشارة المركبة ستحمل استطاعة منخفضة في هذه اللحظة. ولكن إذا كان مسافة التباعد بين هوائيي الاستقبال كافية، بحيث يؤدي ذلك إلى اختلاف المسارات التي تسلكها كل نسخة ومن ثم استقلال الخفوت الذي تعاني منه كل نسخة عن الأخرى، سيزيد ذلك من فعالية تركيب النسختين حيث يقلل من أثر الخفوت في الإشارة المركبة وبالتالي يخفض معدل الخطأ.

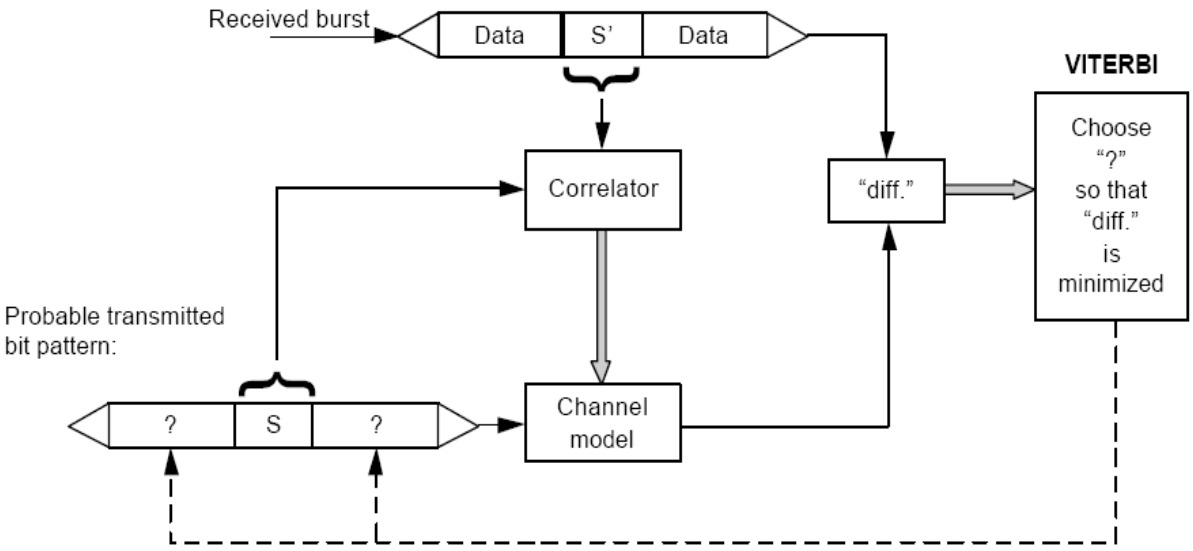


الشكل 5 – 12 – تنوع الاستقبال على المسار الصاعد

يستخدم تنوع الاستقبال على المسارين الصاعد والهابط وهو أقل فائدة على المسار الهابط وذلك لكون مسافة التباعد بين هوائيات استقبال المحطة المتحركة محدودة. يؤدي تنوع الاستقبال إلى ربح في الإشارة المستقبلة، وتعطى القيمة العظمى لهذا الربح بالعلاقة $10\log(Number\ of\ receive\ antennas)$ وبالتالي ينتج عن تنوع الاستقبال باستخدام هوائيي استقبال ربح أعظمي قدره 3dB.

5.3- التسوية المتكيفة Adaptive Equalization:

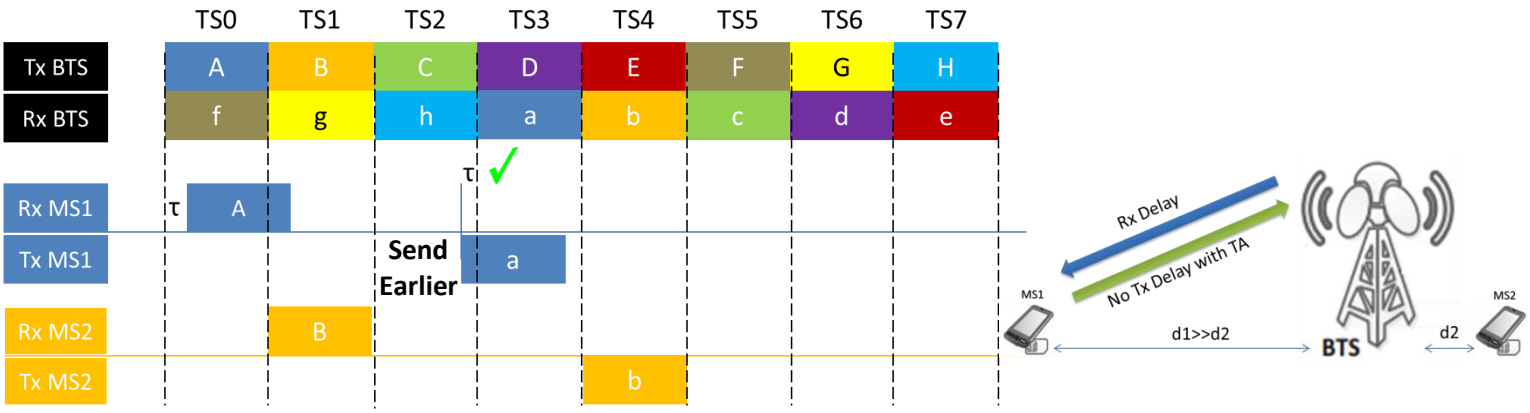
تلعب التسوية المتكيفة دوراً مهماً في التغلب على مشكلة التشتت الزمني Time Dispersion. حيث تحمل الرشقة الطبيعية في كل حصة زمنية سلسلة من البتات تدعى سلسلة اختبار S وهي عبارة عن نموذج من أحد ثمانية نماذج معروفة مسبقاً لدى المستقبل يستخدمه للمقارنة مع سلسلة الاختبار التي تصل مع الإشارة كما هو موضح في الشكل 5 - 13 ومن ثم تقدير عدد المسارات الفصولة واستطاعة وتأخير كل منها، وبالاعتماد على هذا التقدير يمكن تعويض أثر التداخل بين الرموز ISI كما هو موضح في الشكل أدناه. يستطيع المسوي المتكيف في الGSM معالجة النسخ المتأخرة عن بعضها بـ16µs كحد أقصى (أي بفرق مسافة بين طول المسار الأطول وطول المسار الأقصر لايزيد عن 5Km).



الشكل 5 - 13 – التسوية المتكيفة في نظام الجيل الثاني

6.3- التسبيق الزمني Timing Advance (TA):

لتجنب مشكلة تأخير الانتشار يجب أن تتوفر في الشبكة الخلوية إجرائية تسمح بضبط اللحظة التي تبدأ فيها الوحدة المتحركة بالإرسال بحيث تصل كامل الرشقة التي ترسلها الوحدة المتحركة في الحصة الزمنية المخصصة لها. لتحقيق ذلك تأمر المحطة الثابتة الوحدة المتحركة ببدء الإرسال قبل الوقت المخصص لها بحيث يبدأ وصول المعطيات مع بدء الحصة الزمنية المخصصة لها ويتوقف بانتهائها دون أن يحصل تضارب مع الحصص الزمنية المجاورة. تسمى هذه الإجرائية بالتسبيق الزمني وهي موضحة في الشكل 5 - 14.



الشكل 5 - 14- التسبيق الزمني

ترسل المحطة الثابتة مقدار التسبيق الزمني TA إلى الوحدة المتحركة أثناء المكالمة. فإذا تحركت الوحدة المتحركة مبتعدة عن المحطة الثابتة يتم إخبارها بتسبيق الإرسال في الرشقة التالية لمنع التضارب مع الحصص الزمنية اللاحقة المخصصة لمحطات متحركة أخرى. وبشكل مماثل، إذا تحركت الوحدة المتحركة مقتربة من المحطة الثابتة يتم إخبارها بتأخير الإرسال في الرشقة التالية لمنع التضارب مع الحصص الزمنية السابقة.

يأخذ التسبيق الزمني TA مجال من القيم تتراوح بين 0 و63 تقابل كل قيمة منها مسافة من مضاعفات 553.5 متر تتطلب تسبيقاً زمنياً من مضاعفات نصف مدة البت وهو $3.69\ \mu s \div 2 = 1.845\ \mu s$. فعلى سبيل المثال تعني $TA = 0$ أن الوحدة المتحركة على بعد أقل من 553.5 متر عن المحطة الثابتة وهذا لا يتطلب تسبيق الإرسال، بينما $TA = 1$ تعني أن الوحدة المتحركة على بعد أقل من 1107 متر عن المحطة الثابتة وهذا يتطلب تسبيق الإرسال بمقدار $1.845\ \mu s$. وكذلك $TA = 2$ تعني أن الوحدة المتحركة على بعد أقل من 1660.5 متر عن المحطة الثابتة وهذا يتطلب تسبيق الإرسال بمقدار $3.69\ \mu s$. نلاحظ أن أكبر قيمة للتسبيق الزمني هي 63 وهذا يجعل تغطية الخلية في GSM محدودة بدائرة نصف قطرها يساوي $64 \times 553.5m = 35.4\ Km$.

يعطي التسبيق الزمني فكرة أولية عن الحيز الجغرافي الذي يقع المشترك فيه ولكنه لا يعطي موقعه لأن:

- قيمة التسبيق الزمني تتعلق فقط بطول المسار الذي تسلكه الإشارة وهو أكبر أو يساوي البعد بين الوحدة المتحركة والمحطة الثابتة.
- خطوة التسبيق الزمني كبيرة (553.5 متر)
- لا يعطي التسبيق الزمني فكرة عن جهة الوحدة المتحركة بالنسبة للمحطة الثابتة.

7.3- القفز الترددي Frequency Hopping:

في القفز الترددي يغير المرسل الحامل الترددي قافزاً من تردد إلى آخر وفقاً لتراتبية معينة مما يسمح بالإفلات من تأثير ظروف القناة السيئة على أحد الحوامل الترددية ومن ثم يخفض احتمال الخطأ.

هناك نوعان من القفز الترددي هما:

- القفز الترددي السريع FFH: وفيه يكون معدل القفز أكبر من معدل الرشقات بحيث يتم إرسال الرشقة على عدة حوامل ترددية. يعقد هذا النوع بنية المستقبل ويستخدم لأغراض التشفير.
- القفز الترددي البطيء SFH: وفيه يتم إرسال رشقة أو أكثر بقفزة واحدة، وهو لا يعقد بنية المستقبل ويستخدم لتخفيض احتمال الخطأ. يضمن القفز الترددي البطيء التنوع الترددي، مما يحد من أثر الطبيعة الانتقائية الترددية Frequency selectivity للخفوت في القناة اللاسلكية كما يحد من أثر التداخل. من جهة أخرى يحقق القفز الترددي العدل النسبي بين المستخدمين من خلال توسيط التداخل والخفوت فيما بينهم وبالتالي إتاحة ظروف الإرسال نفسها لجميع المشتركين.

يستخدم الجيل الثاني GSM القفز الترددي البطيء بحيث يتم القفز كل إطار TDMA (4.615ms) من حامل ترددي إلى آخر، وبالتالي جميع الرشقات الثمانية في الإطار TDMA ترسل على حامل ترددي واحد، بينما ترسل رشقات الإطار TDMA الذي يليه على حامل ترددي آخر.

يتضمن القفز الترددي في الجيل الثاني المعاملات ا لتالية:

1- الـ Mobile Allocation (MA): وهي مجموعة الأرقام المطلقة للحوامل الترددية ARFCN التي يمكن القفز عليها وتحوي 63 تردداً كحد أقصى.

2- الـHSN (Hopping Sequence Number): وهو رقم يتراوح بين الصفر و63 ويحدد تراتبية القفزات ضمن الخلية حيث يخصص لكل خلية HSN معين. فمن أجل HSN=0 يكون القفز دوري مما يحقق أكبر ربح للتعددية الترددية وهي مناسبة للبيئات المحدودة بالضجيج كالأرياف. بينما يكون القفز وفق سلاسل شبه عشوائية من أجل $HSN \in \{1,2,\ldots,63\}$ ، وهذا يناسب البيئات المحدودة بالتداخل كالمدن حيث يمكن أن يؤدي استخدام $HSN = 0$ في المدن إلى تداخل دوري.

3- الـMAIO (Mobile Allocation Index Offset): وهي مجموعة من الأرقام تتراوح بين الصفر و N-1 حيث N هو عدد الحوامل الترددية في الـMA. تحدد الـMAIO القيم الإبتدائية التي من شأنها تحديد الحامل الترددي الذي ينبغي استخدامه عند بدء الإرسال.

- ملاحظة: لا يطبق القفز الترددي على القناة الفيزيائية المستخدمة لحمل القناة BCCH لعدة أسباب منها:

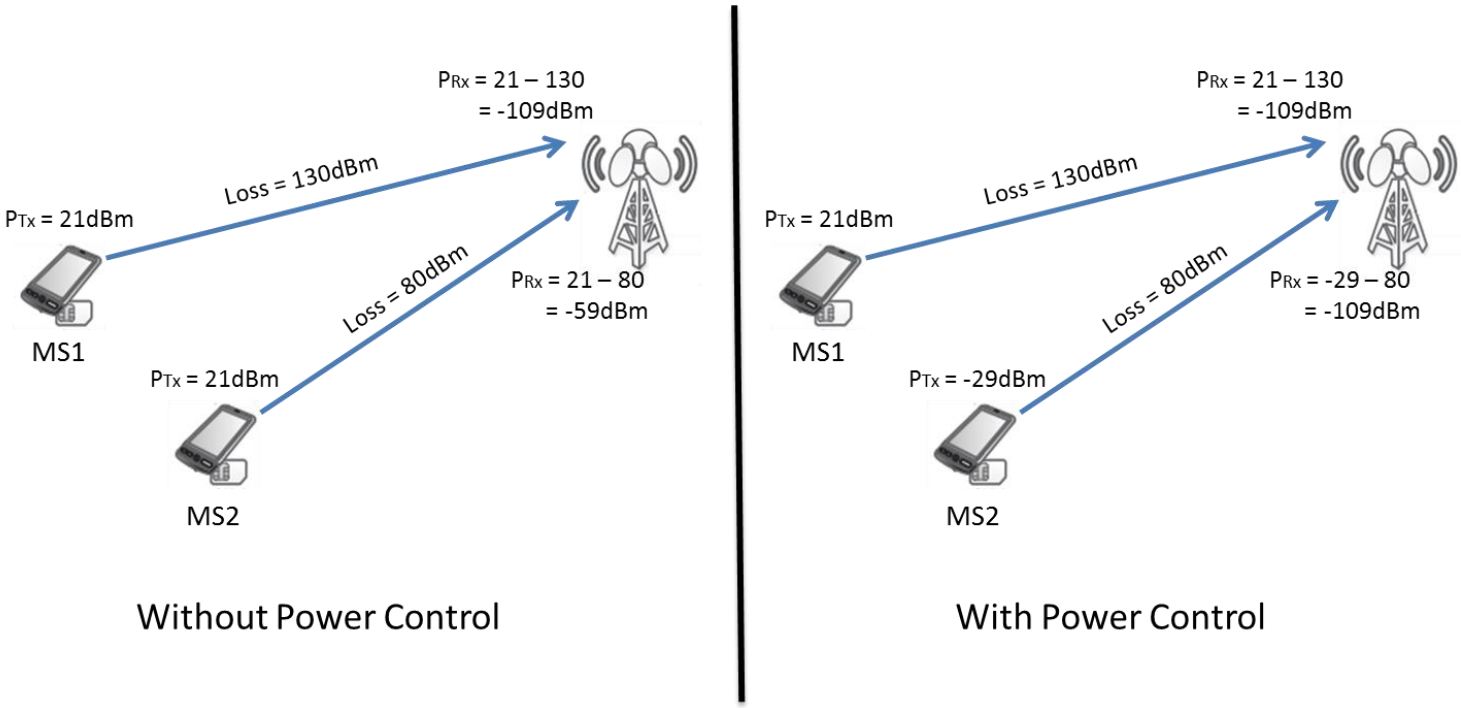
أ- الانشغالية العالية للقناة BCCH حيث أنها تبث معلومات النظام بشكل متكرر مما يجعلها مصدر تداخل دائم للقنوات الأخرى.

ب- استطاعة الإرسال المستخدمة للبث عالية، وذلك لعدم إمكانية تطبيق التحكم بالاستطاعة فيها. مما يجعلها تسبب تداخل أكبر مقارنة بالقنوات التي تدعم التحكم بالاستطاعة.

8.3- التحكم بالاستطاعة Power Control:

لتخفيض التداخل بين الخلايا واستخدام الحزمة الترددية بفعالية أكبر ولإطالة أمد البطارية يمكن أثناء نقل الإشارات الراديوية في الاتجاهين الصاعد والهابط ضبط استطاعة الإرسال لكل من الوحدة المتحركة والمحطة الثابتة كما هو مبين في الشكل 5 – 15، وهذا مايسمى "التحكم بالاستطاعة".

إن التحكم بالاستطاعة هي وظيفة اختيارية في GSM يتم إجراؤها بخطوة 2dB. فعندما تكون استطاعة الإشارة المستقبلة عالية ومعدل الخطأ منخفض يمكن عندئذ تخفيض استطاعة الإرسال إلى حد معين بحيث لا يزداد معدل الخطأ، وبهذه الطريقة يمكن تخفيض التداخل في الخلايا المجاورة. يمكن تطبيق التحكم بالاستطاعة على القنوات المخصصة فقط ولا يمكن تطبيقه على قنوات البث والقنوات المشتركة. يتم إرسال أمر التحكم بالاستطاعة عبر القناة SACCH.



الشكل 5 – 15- التحكم باستطاعة الإرسال في المسار الصاعد

9.3- الإرسال المتقطع DTX:

لا يتكلم المشترك أثناء المكالمة بشكل دائم، فهو يتلكم تارة ويستمع بصمت تارة أخرى. إن إرسال الرشقات من الوحدة المتحركة أثناء صمت المشترك ليس هدراً في الموارد فحسب بل هو مصدر تداخل في الوسط اللاسلكي. لحل هذه المشكلة تستخدم تقنية الإرسال المتقطع في نظام الجيل الثاني GSM، حيث لا يسمح للوحدة المتحركة بالإرسال إلا إذا كانت الإشارة المرسلة صوتية، مما يؤدي إلى تخفيض استهلاك بطارية الجهاز النقال وتخفيض التداخل في الوسط اللاسلكي مما يحسن أداء النظام ككل.

في لحظات الصمت يرسل إلى الطرف الآخر من الاتصال ضجيج اصطناعي لكي لايشعر بانقطاع الاتصال يسمى هذا الضجيج بضجيج الراحة Comfort Noise. يؤدي استخدام الإرسال المتقطع إلى إرسال 260 بت خلال مدة 480ms من الصمت بدلا من إرسال 260 بت كل 20ms عندما لايستخدم الإرسال المتقطع.

يستخدم أيضاً الاستقبال المتقطع DRX على المسار الهابط في وضع السكون بحيث تراقب الوحدة المتحركة قناة النداء فقط في أوقات محددة مما يوفر استهلاك الطاقة في وضع السكون.

10.3- إعادة استخدام التردد Frequency Reuse:

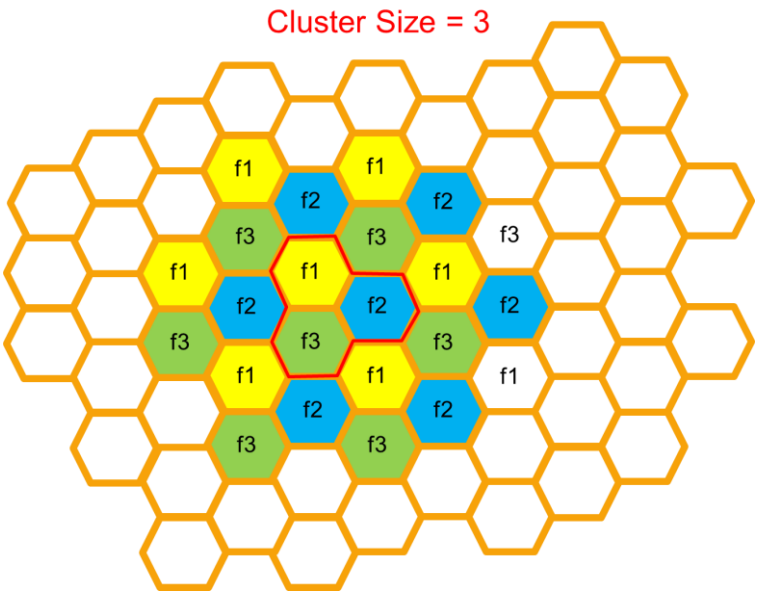
يطلق على المجال الترددي الكهرطيسي الممتد مابين 300Hz و 300GHz اسم المجال الراديوي. يتصف المجال الراديوي بازدحامه، فهو المورد الذي تتشارك على استخدامه كافة نظم الاتصال اللاسلكية. لذلك فإن جزءاً صغيراً من هذا المورد مخصص لاستعمالات النظم الخلوية. توزيع الطيف الترددي الراديوي

يطلب من النظام الخلوي تقديم الخدمة لملايين المشتركين بعرض حزمة لا يكفي إلا لبضعة آلاف منهم. لحسن الحظ أن هؤلاء المشتركين متواجدون على امتداد جغرافي واسع مما يسمح بإعادة استخدام القنوات الترددية في أماكن متباعدة بما يكفي لإهمال التداخل فيما بينها. حيث تستخدم قنوات ترددية مختلفة في الخلايا المتجاورة.

تسمى مجموعة الخلايا المتجاورة التي تستخدم حوامل ترددية مختلفة فيما بينها بالعنقود Cluster ويسمى عدد خلايا العنقود بحجم العنقود N. يسمى البعد D بين مركزي خليتين تستخدمان نفس الحامل الترددي بمسافة إعادة استخدام التردد Freq. Reuse distance ويعطى بالعلاقة $D = \sqrt{3N}\,R$ كما في الشكل 5 – 20.

سنرى في المثالين التاليين أن زيادة المسافة D تقلل التداخل في الخلية وإنقاصها يؤدي إلى زيادة سعة الخلية.

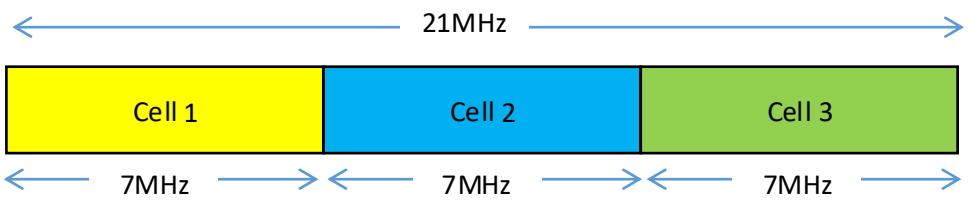
المثال الأول: يوضح الشكل 5 – 16 التخطيط الترددي بعنقود مؤلف من ثلاث خلايا د = ٧:



الشكل 5 – 16- التخطيط الترددي بعنقود مؤلف من ثلاث خلايا

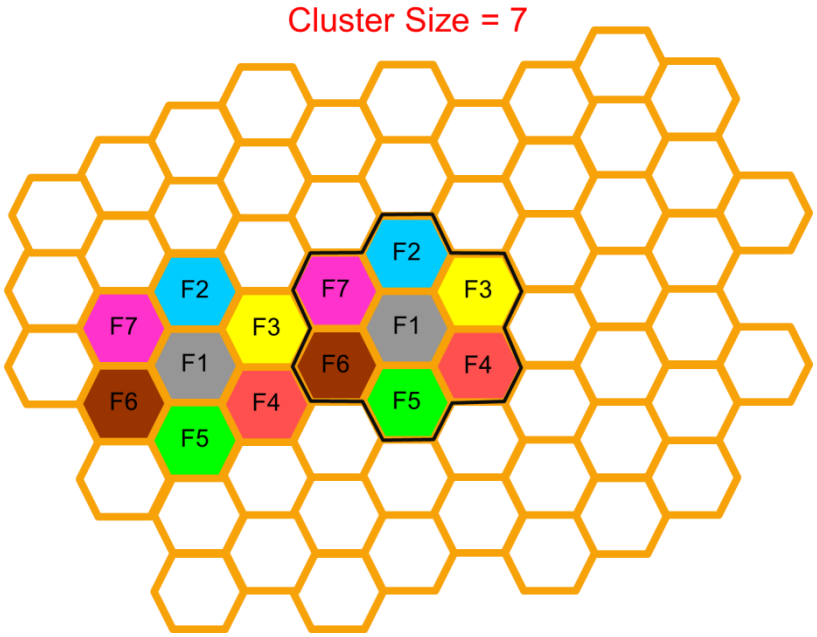
أداء السعة: لنفترض أن عرض الحزمة المتاحة في النظام هو 21MHz من أجل N=3 يتم تقسيم الحزمة الترددية إلى ثلاث حزم جزئية ليعاد استخدام كل منها في خلية مختلفة، وبالتالي تحصل كل خلية على ثلث الطيف المتاح أي 7MHz كما هو مبين في الشكل 5 – 17.

أداء التغطية: لنفترض أن قطر الخلية هو R=500m عندئذ يعاد استخدام التردد نفسه كل .



الشكل 5 – 17- تقسيم الحزمة الترددية بين خلايا العنقود المؤلف من ثلاث خلايا

المثال الثاني: يوضح الشكل 5 – 18 التخطيط الترددي بعنقود مؤلف من سبع خلايا $N=7$:

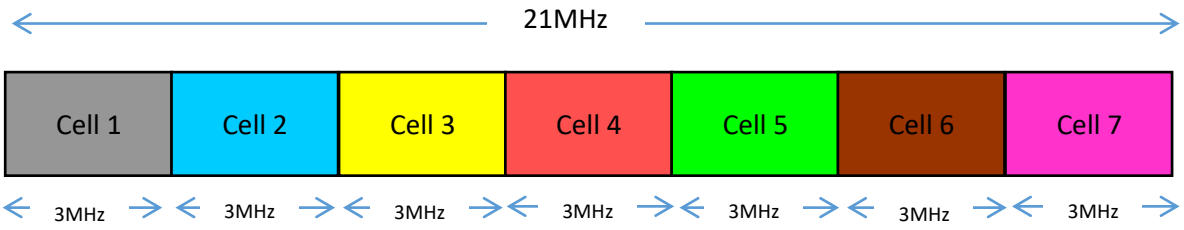


الشكل 5 – 18 – التخطيط الترددي بعنقود مؤلف من سبع خلايا

أداء السعة: نفترض أن عرض الحزمة المتاحة في النظام هو 21MHz ونريد الآن إعادة استخدام الطيف بعنقود ذو حجم يساوي 7 عندئذ يتم تقسيم الحزمة الترددية إلى سبع حزم جزئية ليعاد استخدام كل منها في خلية مختلفة، وبالتالي تحصل كل خلية على $1/7$ من الطيف المتاح أي 3MHz كما في الشكل 5 – 19. سعة الخلية أقل بالمقارنة مع حالة $N=3$.

أداء التغطية: بفرض قطر الخلية R=500m عندئذ يعاد استخدام التردد نفسه كل $D=4.58R=2291m$.

وبالتالي نحصل على خلايا ذات SINR أعلى بالمقارنة مع حالة $N=3$.



الشكل 5 – 19 – تقسيم الحزمة الترددية بين خلايا العنقود المؤلف من سبع خلايا

إن إعادة استخدام التردد بعنقود ذو حجم صغير ($N=3$ مثلاً) يزيد سعة الخلية ولكنه يزيد التداخل فيها لصغر مسافة إعادة استخدام التردد. والعكس بالعكس فبإعادة استخدام التردد بعنقود ذو حجم كبير نسبياً ($N=7$) تنخفض سعة الخلية وينخفض التداخل بين الخلايا.

ليكن N حجم العنقود وليكن S عدد القنوات المزدوجة المتاحة في النظام، فإذا استخدمت كل خلية من خلايا العنقود K قناة مختلفة منها يكون $S=K\times N$. وإذا تم تكرار العنقود M مرة على امتداد المنطقة الجغرافية عندئذٍ يكون عدد القنوات المزدوجة ضمن الشبكة الخلوية هو: $T=M\times S=M\times K\times N$.

إن تخفيض M على امتداد مساحة جغرافية معينة يؤدي إلى تخفيض التداخل وبالتالي تحسين التغطية، أما زيادة K فتؤدي إلى زيادة سعة الخلية. لنفترض ثبات T باعتبارها السعة المطلوب تأمينها في الشبكة الخلوية، عندئذ يكون لدينا الاعتبارات التالية:

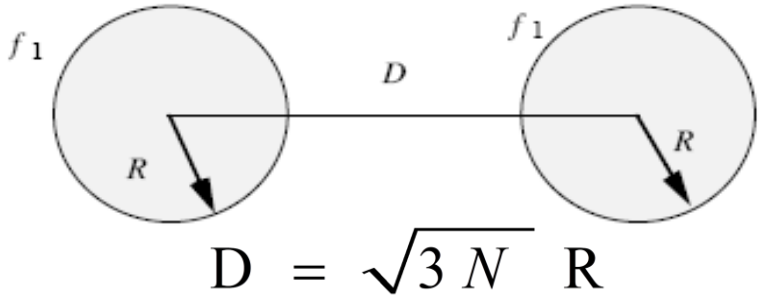
1- باعتبار عدد قنوات الخلية K ثابتا (سعة الخلية ثابتة) عندئذ يزداد عدد مرات تكرار العنقود M بنقصان N حجم العنقود والعكس صحيح ($M \propto \frac{1}{N}$).

2- باعتبار Nحجم العنقود ثابتا عندئذ يزداد M عدد مرات تكرار العنقود بنقصان K عدد قنوات الخلية الواحدة والعكس صحيح ($M \propto \frac{1}{K}$).

3- بفرض ثبات عدد مرات تكرار العنقود، عندئذ تؤدي زيادة حجم العنقود إلى تخفيض سعة الخلية والعكس صحيح ($K \propto \frac{1}{N}$).

يجب اختيار حجم العنقود N بحيث يحقق العلاقة: $N = i^2 + ij + j^2, \quad i \geq 0, j \geq 0$

حيث i و j أعداد طبيعية موجبة، وبالتالي يمكن لN أن تأخذ القيم 3 أو4 أو7 أو9 أو12 على سبيل المثال.



الشكل 5 - 20 – مسافة إعادة استخدام التردد

[GSM Frequency Band & Management Part 1]

[GSM Frequency Band & Management Part 2]

[GSM Frequency Band & Management Part 3]

أسئلة:

25 سؤال، أربع علامات لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة

1. يسبب اصطدام الموجة الكهرطيسية بجسم ذو أبعاد أكبر من طول الموجة:
   - أ- الانعكاس Reflection
   - ب-الانعراج Diffraction
   - ت-التبعثر Scattering
   - ث-الانكسار Refraction
2. يسبب اصطدام الموجة الكهرطيسية بجسم ذو أبعاد أصغر من طول الموجة:
   - أ- الانعكاس Reflection
   - ب-الانعراج Diffraction
   - ت-التبعثر Scattering
   - ث-الانكسار Refraction
3. يسبب اصطدام الموجة الكهرطيسية بجسم ذو حواف حادة:
   - أ- الانعكاس Reflection
   - ب-الانعراج Diffraction
   - ت-التبعثر Scattering
   - ث-الانكسار Refraction
4. أي مما يلي يسبب تغيرات سريعة Small scale في استطاعة الإشارة المستقبلة:
   - أ- خفوت الظل Shadowing
   - ب-خفوت فقد المسار Path Loss
   - ت- خفوت تعدد المسارات Multipath Fading
   - ث-ليس أياً مما سبق
5. أي مما يلي يسمى بالمتوسط المحلي local mean:
   - أ- خفوت الظل Shadowing
   - ب-خفوت فقد المسار Path Loss
   - ت-خفوت تعدد المسارات Multipath Fading
   - ث-ليس أياً مما سبق

6. أي مما يلي يسمى بمتوسط المنطقة Area mean:

أ- خفوت الظل Shadowing

ب-خفوت فقد المسار Path Loss

ت-خفوت تعدد المسارات Multipath Fading

ث-ليس أياً مما سبق

7. ينتج التشتت الزمني Time Dispersion عن:

أ- خفوت الظل Shadowing

ب-خفوت فقد المسار Path Loss

ت-خفوت تعدد المسارات Multipath Fading

ث-ليس أياً مما سبق

8. يسبب التشتت الزمني مشكلة:

أ- تأخير الانتشار

ب- الخفوت

ت-التداخل بين الرموز

ث-التداخل بين الخلايا

9. لا يؤدي ابتعاد الوحدة المتحركة عن المحطة الثابتة إلى:

أ- زيادة تأخير الانتشار

ب-زيادة بعثرة الخطأ في الزمن

ت-زيادة تخامد الإشارة

ث-زيادة التداخل

10. فقد المسار:

أ- يزداد كلما كان تردد الإشارة أقل

ب-يزداد كلما كان تردد الإشارة أعلى

ت-لا علاقة له بتردد الإشارة

11. أي من التقنيات التالية تحقق التنوع الزمني:

أ- القفز الترددي Frequency Hopping

ب-التفريق Interleaving

ت-تعدد الهوائيات Multiple Antennas

ث-ترميز القناة Channel Coding

12. مجال القيم للتسبيق الزمني Time advance في الـ GSM هو:

أ- 0- 31

ب- 0 -127

ت- 0- 63

ث- 0-7

13. قطر الخلية الأعظمي المسموح به في GSM هو:

أ- 5 كم

ب- 35 كم

ت- 75 كم

ث- 120 كم

14. طول المسار الذي تسلكه الإشارة اللاسلكية:

أ- أكبر تماماً من البعد بين المرسل والمستقبل

ب- أصغر تماماً من البعد بين المرسل والمستقبل

ت- أكبر أو يساوي البعد بين المرسل والمستقبل

ث- أصغر أو يساوي البعد بين المرسل والمستقبل

15. لحل مشكلة التداخل بين الرموز ISI يستخدم النظام GSM:

أ- سلاسل الاختبار Training Sequence

ب- تقدير القناة Channel Estimation

ت- التسوية المتكيفة Adaptive Equalization

ث- كل ماسبق

16. لحل مشكلة تأخير الانتشار يستخدم GSM:

أ- تعدد الهوائيات

ب- التسبيق الزمني

ت- القفز الترددي

ث- التحكم بالاستطاعة

17. لتخفيف التداخل بين الخلايا يستخدم في GSM:

أ- التخطيط الترددي

ب- القفز الترددي

ت- التحكم بالاستطاعة

ث- كل ماسبق

18. يتم القفز الترددي في GSM بمعدل:

أ- قفزة كل بت

ب-قفزة كل رشقة

ت-قفزة كل إطار TDMA

ث-قفزة كل إطار متعدد Multi frame

19. يحدد الحوامل الترددية التي يمكن القفز عليها عن طريق الـ:

أ- HSN

ب-MA

ت-MAIO

ث-ليس أياً مما سبق

20. يحدد تراتبية القفز ضمن الخلية عن طريق الـ:

أ- HSN

ب-MA

ت-MAIO

ث-ليس أياً مما سبق

21. يطبق على قناة البث التحكمية BCCH:

أ- التسبيق الزمني

ب-التسوية المتكيفة

ت-القفز الترددي

ث-التحكم بالاستطاعة

22. يمكن تطبيق التحكم بالاستطاعة على القناة:

أ- PCH

ب- AGCH

ت- SDCCH

ث- FCCH

23. لا يمكن تخطيط التردد باستخدام عنقود ذو حجم:

أ- 4

ب-5

ت-12

ث-13

24. بزيادة مسافة إعادة استخدام التردد:

أ- أقل تداخلاً وأكبر سعةً

ب-أقل تداخلاً وأصغر سعةً

ت-أكثر تداخلاً وأكبر سعةً

ث-أكثر تداخلاً وأصغر سعةً

25. ما هو عدد قنوات المعلومات TCH/FR لخلية في نظام GSM يستخدم حزمة ترددية عرضها 10MHz لكل من الاتجاهين الصاعد والهابط، علماً أن قنوات التحكم تشغل قناتين فيزيائيتين في كل خلية، و حجم العنقود هو 7 خلايا.

أ- 5

ب-36

ت-55

ث-386

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
أ	ت	ب	ت	ث	ب	ت	ت	ب	ب	ب	ت	ب	ت	ث	ب	ث	ت	ب	أ	ب	ت	ب	ب	ت

الفصل السادس

إجرائيات الشبكة الخلوية

ملخص:

يتناول هذا الفصل الآلية التي ينفذ بها نظام الجيل الثاني الإجرائيات المختلفة كتأسيس المكالمة وتحديث الموقع والتسليم بين الخلايا.

كلمات مفتاحية:

وضع السكون، الوضع النشط، اختيار الخلية، النداء، طلب القناة، التسليم، التوقيع الرقمي، مفتاح التشفير، تهيئة المكالمة، تحرير القناة.

أهداف تعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1- تكتشف المراحل التي تمر بها المكالمة أُثناء تأسيسها.
2- تتعرف على رسائل التشوير التي يتم إرسالها أثناء تأسيس المكالمة.
3- تحدد أنواع تحديث الموقع وأهمية كل نوع منها.
4- تستوعب عمليات التشوير التي تتم أثناء التسليم بين الخلايا
5- تعدد الأسباب والأنواع المختلفة للتسليم

1- مقدمة:

يتطلب أي نظام اتصال تسلسل معين لمراحل أي عملية تتم بين مكوناته المختلفة. يطلق اسم إجرائية على مجموعة الخطوات التي تنفذها الشبكة الخلوية والوحدات المتحركة ضمنها وفق تسلسل يؤدي لتحقيق أحد وظائف الشبكة. تتطلب كل إجرائية أن تكون الوحدة المتحركة في وضع معين كما يبين الشكل 6 - 1، وبشكل عام يمكن للوحدة المتحركة التواجد في أحد الأوضاع التالية:

أ- وضع الانفكاك عن الشبكة Detached Mode: وهي الحالة التي يكون فيها الجهاز النقال مطفأ أو لا يحوي على شريحة الإشتراك SIM بداخله، وعندها يكون المشترك منفصل عن الشبكة الخلوية.

ب-وضع السكون Idle Mode: وهو الوضع الذي ينتقل إليه المشترك عند تشغيل الوحدة المتحركة حيث لا تجري فيه أي اتصال ولكنها متزامنة مع الشبكة الخلوية وتقرأ معلومات النظام على القناة BCCH للخلية المخدمة بشكل دوري وجاهزة لطلب واستقبال المكالمات.

ت-الوضع النشط Active Mode: وهو الوضع الذي تكون فيه الوحدة المتحركة عندما يخصص لها أحد القنوات الإعتبارية كالقناة TCH التي تخصص لإجراء المكالمات.

يمكن للوحدة المتحركة في وضع السكون القيام بإجرائيتين هما:

1- اختيار الخلية Cell Selection: وهي العملية التي تقوم بها الوحدة المتحركة عند انتقالها من وضع الإنفكاك إلى وضع السكون عبر اختيار الخلية الأنسب كخلية مخدمة وقراءة المعلومات الخاصة بها.

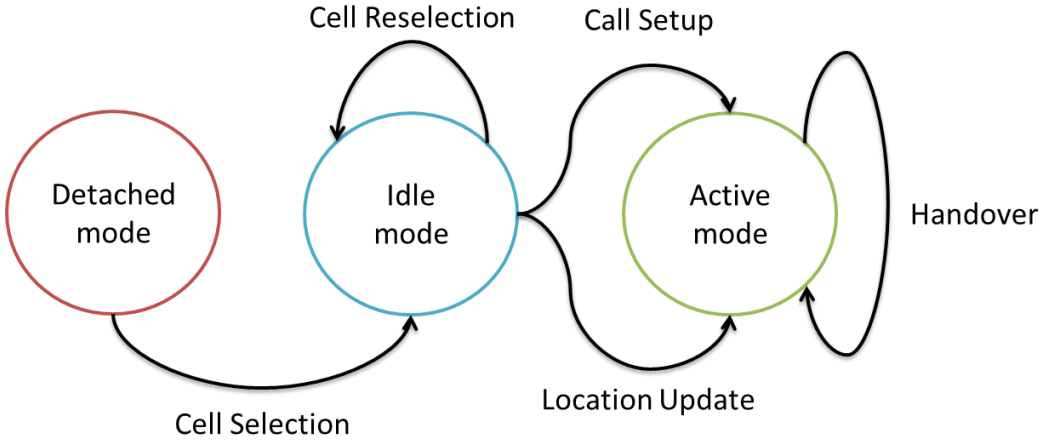
2- إعادة اختيار الخلية Cell Reselection: وهي الإجرائية التي تمر بها الوحدة المتحركة عند تنقلها بين خلايا الشبكة الخلوية في وضع السكون ويتم فيها إعادة اختيار الخلية الأنسب كخلية مخدمة.

ويمكن للوحدة المتحركة الانتقال من وضع السكون إلى الوضع النشط:

1- تحديث الموقع Location Updating: وهي الإجرائية التي تقوم فيها الوحدة المتحركة في وضع السكون بإعلام الشبكة الخلوية عن دخولها إلى منطقة محلية location area جديدة.

2- تأسيس مكالمة: تنقل هذه الإجرائية الوحدة المتحركة من وضع السكون إلى الوضع النشط وتشمل عدة مراحل سنتناولها بالتفصيل لاحقاً.

يسمى تغيير الخلية المخدمة في الوضع النشط بالتسليم Handover وهي الإجرئية التي تمر بها الوحدة المتحركة في الوضع النشط عند تحويل المكالمة من قناة فيزيائية إلى أخرى بسبب تجوّل المشترك أثناء المكالمة.



الشكل 6 - 1- أوضاع الوحدة المتحركة والإجرائيات المتاحة في نظام الجيل الثاني

2- إجرائية اختيار الخلية Cell Selection:

تقوم بهذه الإجرائية الوحدة المتحركة التي ليس لديها علم مسبق بالترددات الحاملة لقنوات البث حولها. وتتم كما هو موضح بالمخطط المبين في الشكل 6 – 2 والذي يلخص بالخطوات التالية:

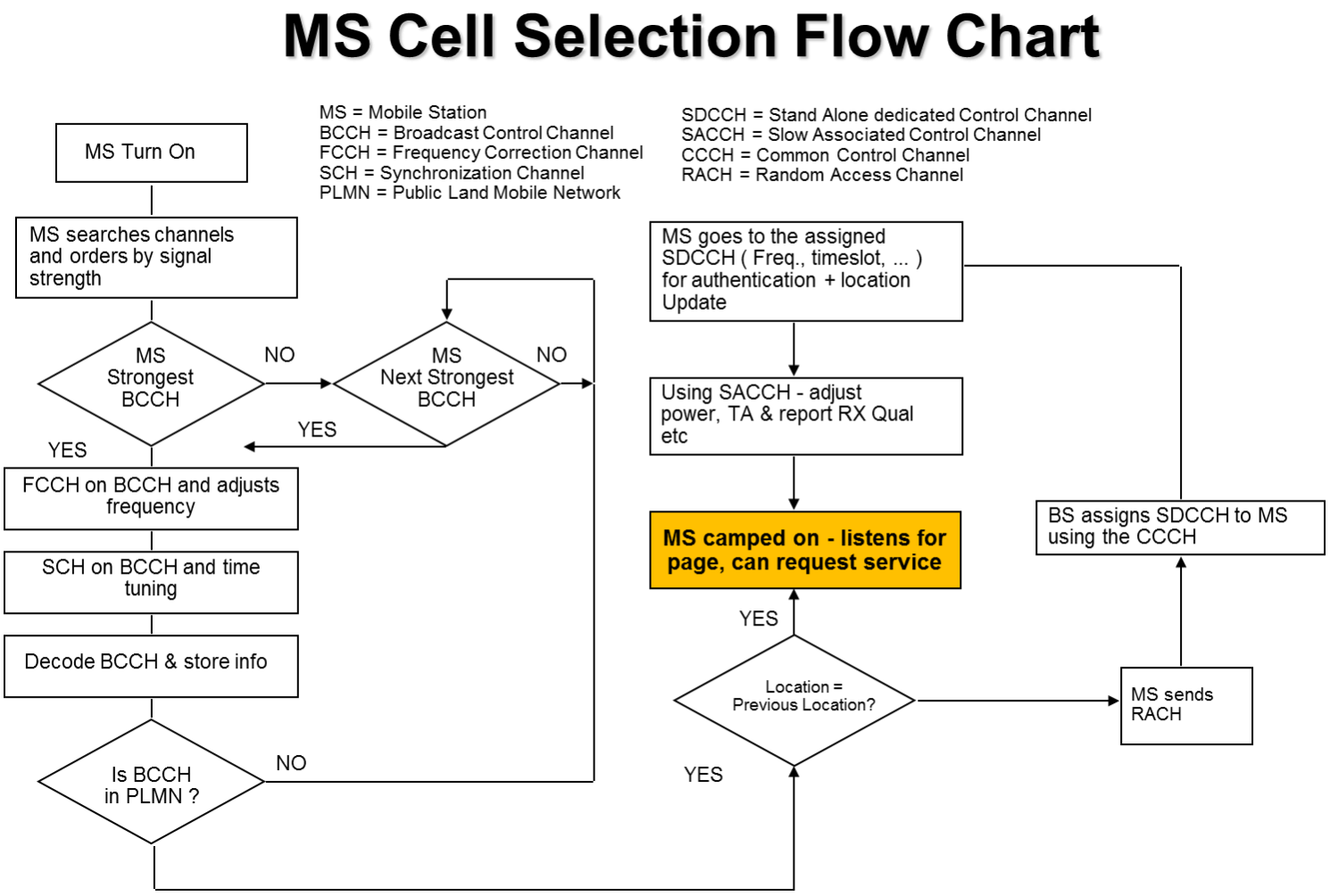
1- تبحث الوحدة المتحركة فور تشغيلها عن ترددات GSM وترتبها حسب استطاعة الإشارة.

2- تختار التردد الأعلى من حيث مستوى استطاعة الاستقبال وتفحص ما إذا كان يحمل قناة بث BCCH من خلال قراءة رشقات التوليف FCCH كما يتم عبرها تصحيح التردد.

3- تبحث الوحدة المتحركة عن رشقة التزامن SCH على نفس تردد القناة FCCH فتحصل من خلالها على رقم الإطار TDMA FN وتصبح جاهزة لقراءة رشقات القناة BCCH.

4- تقوم الوحدة المتحركة بقراءة معلومات النظام المرسلة على القناة BCCH ضمن عدة حصص زمنية.

5- يتم اختيار الخلية كخلية مخدمة في حال تمت قراءة معلومات النظام بنجاح وكانت الخلية تنتمي إلى الشبكة الخلوية المخدمة وكان C1>0 (الفرق بين استطاعة الإشارة المستقبلة والحد الأدنى المطلوب لاستطاعة الإشارة)، وإلا فتقوم الوحدة المتحركة بالتوليف على التردد التالي من حيث استطاعة الإشارة وتعيد الخطوات 2 و3 و4.



الشكل 6 – 2 – المخطط التدفقي لخوارزمية اختيار الخلية

3- إجرائية إعادة اختيار الخلية Cell Reselection:

لا تتوقف الوحدة المتحركة بعد إتمام عملية اختيار الخلية، عن محاولة إعادة اختيار خلية أخرى. حيث تستمر بمراقبة الخلايا المحيطة بها، وفي ظروف معينة تقوم بتغيير الخلية المخدمة. يتم ذلك عبر الخطوات التالية:

1- تقوم الوحدة المتحركة كل نصف دقيقة (على الأقل) بقراءة رسائل معلومات النظام عبر القناة BCCH للخلية المخدمة، وهي أربع رسائل مختلفة تضم توصيف الخلية المخدمة والخلايا المجاورة لها.

2- تقرأ الوحدة المتحركة القائمة BA1 التي تبثها الخلية المخدمة ضمن رسالة معلومات النظام الثانية، وهي قائمة معرفة مسبقاً تضم ترددات القناة BCCH لمجموعة محددة من الخلايا المجاورة التي يمكن للوحدة المتحركة مراقبتها في وضع السكون. لا تستطيع الوحدة المتحركة إعادة الاختيار لخلية من خارج القائمة BA1.

3- تقوم الوحدة المتحركة بقياس استطاعة إشارة الترددات الموجودة في القائمة BA1 وتسجل الترددات الستة ذات الاستطاعة الأعلى ضمن قائمة وتقوم بتحديث هذه القائمة باستمرار.

4- تقوم الوحدة المتحركة كل خمس دقائق (على الأقل) بقراءة معلومات النظام التي تصلها من حوامل القناة BCCH لكل خلية من خلايا قائمة الترددات الستة الأعلى استطاعةً.

5- يتم تغيير الخلية المخدمة عندما يظل معامل إعادة الاختيار لأحد الخلايا المجاورة أكبر من معامل إعادة الاختيار للخلية المخدمة لمدة تزيد عن خمس ثوانٍ.

4- إجرائية تأسيس المكالمة Call Setup:

تقسم المكالمة إلى جزأين:

أ- المكالمة الصادرة MOC: وهو الجزء من المكالمة الذي يتم بين الشبكة والوحدة المتحركة المنشئة للمكالمة.

ب-المكالمة الواردة MTC: وهو الجزء من المكالمة الذي يتم بين الشبكة والوحدة المتحركة المتلقية للمكالمة.

يتم تأسيس المكالمة عبر عدة خطوات هي:

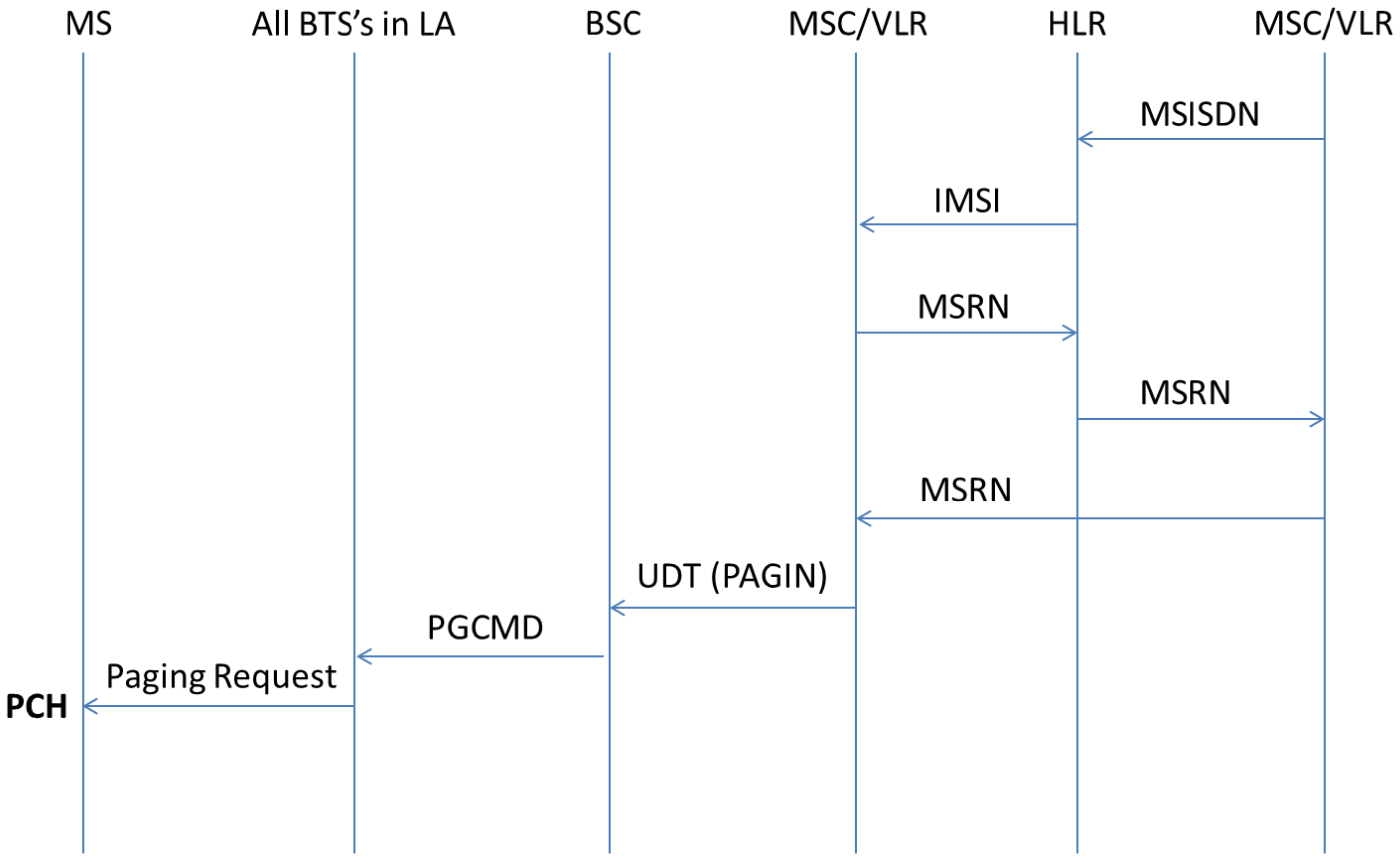
1. طلب القناة (RR Connection Establishment)
2. طلب الخدمة (Service Request)
3. التحقق (Authentication)
4. إعداد التشفير (Ciphering Mode Setting)
5. تغيير هوية المشترك المؤقتة (TMSI Reallocation)
6. فحص هوية الجهاز النقال (IMEI Check)
7. تهيئة المكالمة (Call Intiation)
8. إسناد قناة المعلومات (Assignement of Traffic Channel)
9. التنبيه وقبول المكالمة (User Alerting and Call Accepted)
10. إنهاء المكالمة (Call Release)

يتم تنفيذ جميع هذه الخطوات في كل من المكالمة الصادرة MOC والمكالمة الواردة MTC علماً أن المكالمة الواردة تسبقها عملية التوجيه التي تسمى مرحلة الاستجواب Interrogation Phase.

1.4- مرحلة الاستجواب والنداء Interrogation & Paging:

قبل تأسيس المكالمة الواردة، يقوم النظام أولاً بتحديد المكان الحالي للوحدة المتحركة المتلقية ومن ثم توجيه النداء إليها، تسمى هذه العملية بالاستجواب والنداء وتتضمن الخطوات التالية المبينة في الشكل 6 3:

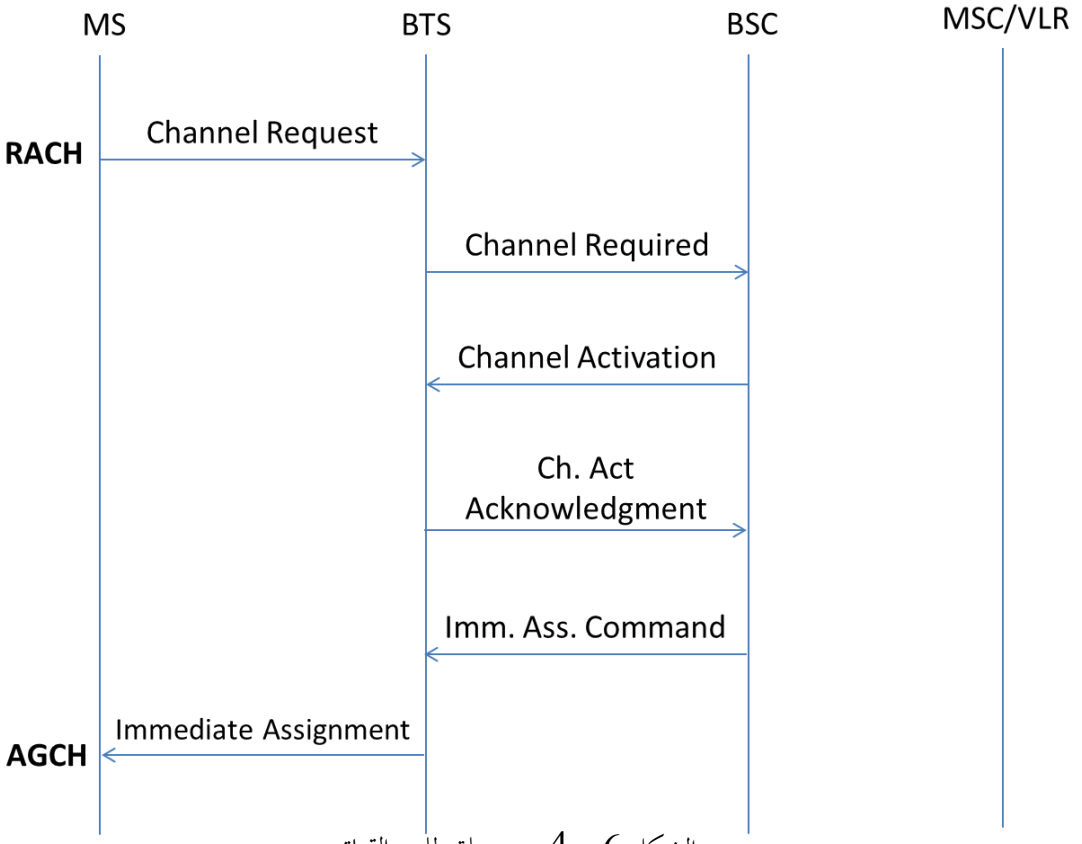
1. يطلب مركز التبديل المنشئ للمكالمة من سجل مقر الإشتراك HLR رقم هاتف المشترك المؤقت MSRN المخصص للمشترك المتلقي للمكالمة. يحتوي رقم هاتف المشترك المؤقت MSRN معلومات التوجيه الخاصة بالمشترك.
2. يوجه مركز التبديل المنشئ للمكالمة طلب الاتصال إلى مركز التبديل المتلقي للمكالمة.
3. يقوم مركز التبديل المتلقي للمكالمة بتوجيه رسالة النداء إلى وحدة التحكم BSC التي تتحكم بالمحطات الثابتة في المنطقة المحلية التي تتواجد بها الوحدة المتحركة المتلقية. تحتوي رسالة النداء على نمط رسالة النداء وهوية المشترك المتصل به الدولية IMSI أو المؤقتة TMSI.
4. تقوم وحدة التحكم بالمحطات الثابتة بإرسال أمر النداء إلى كافة المحطات الثابتة ضمن المنطقة المحلية المتلقية. يحتوي أمر النداء على هوية المشترك الدولية أو المؤقتة ومجموعة النداء. تتكون مجموعة النداء Paging Group من أربع رشقات تحمل رسالة نداء واحدة. يمكن باستخدام هوية المشترك الدولية نداء مشتركين اثنين كحد أقصى برسالة نداء واحدة، بينما يمكن نداء أربعة مشتركين كحد أقصى باستخدام هوية المشترك المؤقتة.
5. تقوم المحطات الثابتة بإرسال رسالة النداء في الهواء عبر قناة النداء PCH.
6. تكتشف الوحدة المتحركة وجود رسالة نداء موجهة إليها، لتبدأ بعدها بطلب القناة.



الشكل 6 – 3 – مرحلة الاستجواب

2.4- طلب القناة RR Connection Establishement

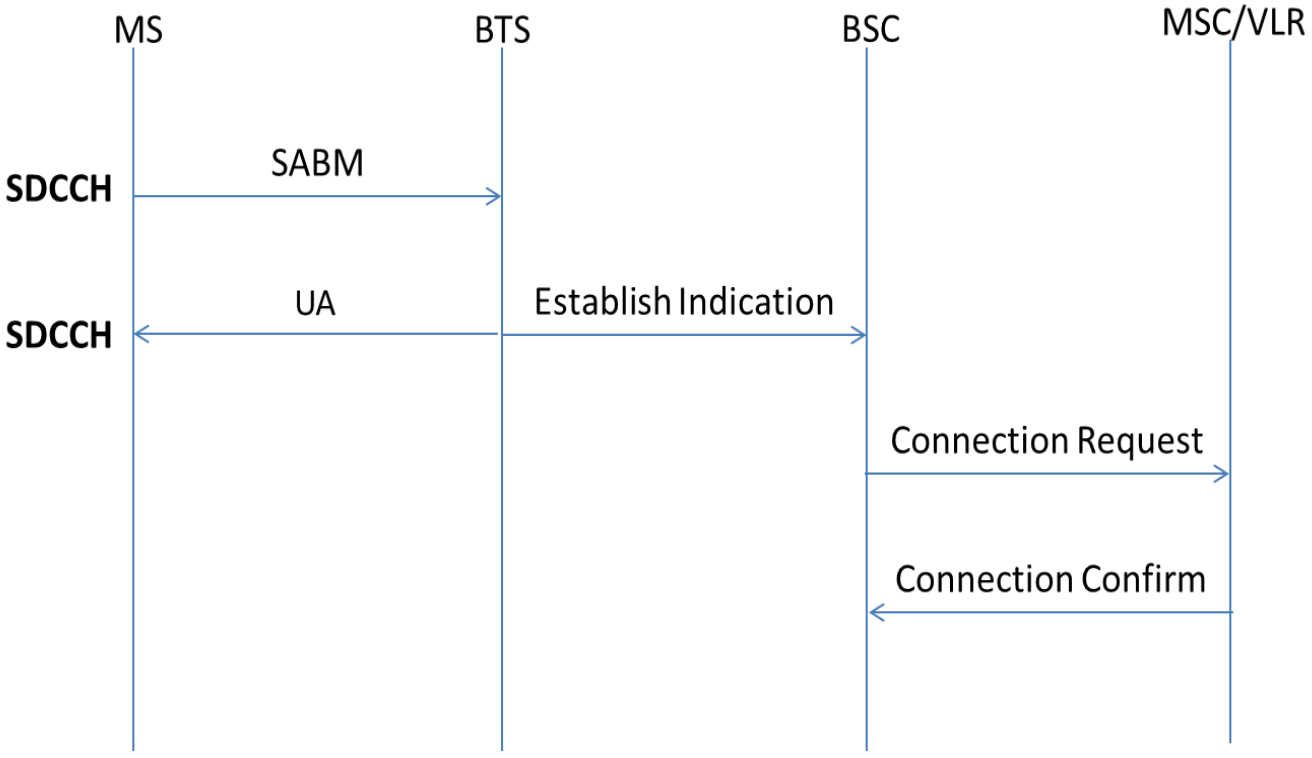
1. ترسل الوحدة المتحركة عبر القناة RACH رسالة تطلب من خلالها الحصول على قناة تحكم مستقلة كما في الشكل 6 4، تتكون هذه الرسالة من 8bits مكونة من جزأين الأول يتضمن رقم عشوائي والثاني يتضمن سبب طلب القناة. يوجد عدة أسباب لطلب القناة أهمها الرد على النداء وإنشاء مكالمة وتحديث الموقع ومكالمة الطوارئ وغيرها. يستخدم سبب طلب القناة لترتيب الطلبات حسب الأولوية، فمثلاً لمكالمات الطوارئ أولوية أعلى من الرد على النداء، بينما للرد على النداء أولوية أعلى من إنشاء المكالمة.
2. عندما تتلقى المحطة الثابتة رشقة النفاذ، ترسل إلى وحدة التحكم رسالة Channel Required لطلب منح القناة المستقلة SDCCH للوحدة المتحركة. تحتوي هذه الرسالة على التأخير الزمني لرشقة النفاذ بالإضافة إلى رسالة طلب القناة نفسها المكونة من 8bits.
3. ترسل وحدة التحكم رسالة تفعيل القناة إلى المحطة الثابتة وتتضمن توصيف القناة المستقلة المراد منحها للوحدة المتحركة بالإضافة إلى التسبيق الزمني واستطاعة الإرسال لكل من المحطة الثابتة والوحدة المتحركة.
4. تقوم المحطة الثابتة بتفعيل القناة وتأكيد ذلك بإرسال تأكيد تفعيل القناة إلى وحدة التحكم.
5. ترسل وحدة التحكم أمر الإسناد الفوري Immediate Assignment Command إلى المحطة الثابتة، الذي يتضمن توصيف القناة والرقم العشوائي لرسالة طلب القناة المتضمنة في رشقة النفاذ ورقم الإطار FN الذي أرسلت خلاله رشقة النفاذ بالإضافة إلى التسبيق الزمني للوحدة المتحركة.
6. تقوم المحطة الثابتة بإرسال الإسناد الفوري إلى الوحدة المتحركة عبر قناة منح النفاذ AGCH. تراقب الوحدة المتحركة كتل منح النفاذ AGCH Block وتقارن بين رقم الإطار FN والرقم العشوائي الموجود في الإسناد الفوري وبين رقم الإطار والرقم العشوائي الخاص برشقة النفاذ التي تقدمت بها وفي حال التطابق تبدأ مرحلة طلب الخدمة.



الشكل 6 4 – مرحلة طلب القناة

3.4- طلب الخدمة Service Request:

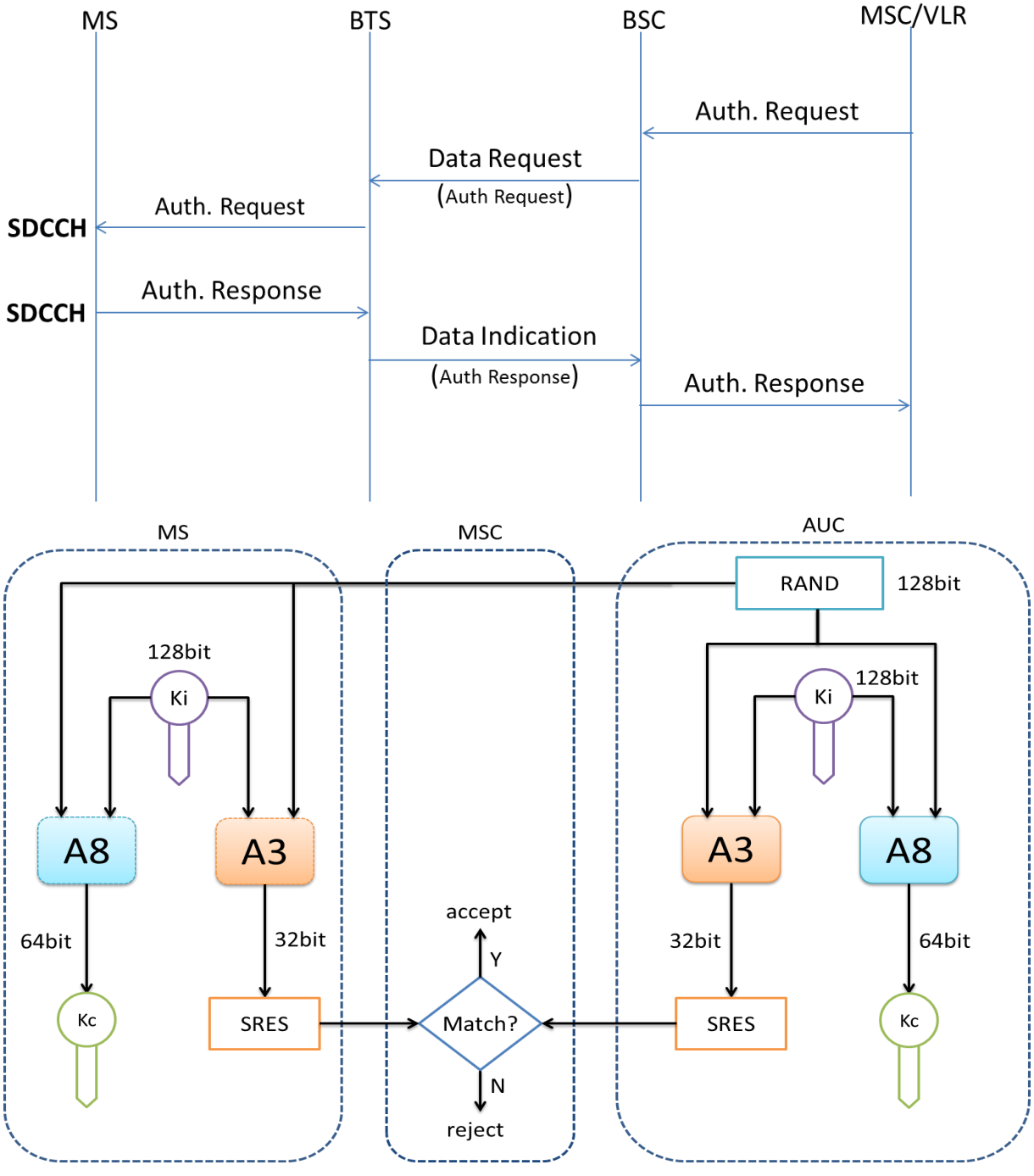
1. بعد أن تقوم الوحدة المتحركة بالتوليف على القناة المستقلة المسندة إليها ترسل رسالة تتضمن طلب الخدمة إلى المحطة الثابتة وتدعى الرسالة SABM. كما تتضمن هذه الرسالة هوية المشترك طالب الخدمة الدائمة IMSI أو المؤقتة TMSI وكذلك هوية الجهاز النقال IMEI.
2. عندما تصل الرسالة SABM إلى المحطة الثابتة تقوم بإرسال الرسالة Establish indication إلى وحدة التحكم كما هو موضح في الشكل 6 – 5. كما ترسل المحطة الثابتة الرسالة UA التي تحوي الرسالة SABM نفسها وذلك لضمان أن القناة المستقلة تستخدم من قبل وحدة متحركة واحدة فقط. حيث تقارن الوحدة المتحركة محتوى الرسالة SABM التي أرسلتها مع محتوى الرسالة UA الواصلة إليها من المحطة الثابتة وفي حال عدم التطابق تتجنب استخدام القناة المستقلة وتعاود طلب القناة Channel Request مجدداً.
3. تفعل وحدة التحكم وظيفة مراقبة جودة الاتصال الراديوي للقناة المستقلة بالإضافة إلى تهيئة خوارزمية التحكم بالاستطاعة. ويرسل رسالة طلب الاتصال Connection Request إلى مركز التبديل، يتضمن طلب الاتصال طلب الخدمة والهوية العالمية للخلية المخدمة CGI.
4. يؤكد مركز التبديل قبول طلب الاتصال عبر إرسال رسالة تأكيد الاتصال Connection Confirm إلى وحدة التحكم والتي تعني نجاح تأسيس وصلة التشوير على مستوى الواجهة A.



الشكل 6 – 5 – مرحلة طلب الخدمة

4.4- التحقق/التوثق Authentication:

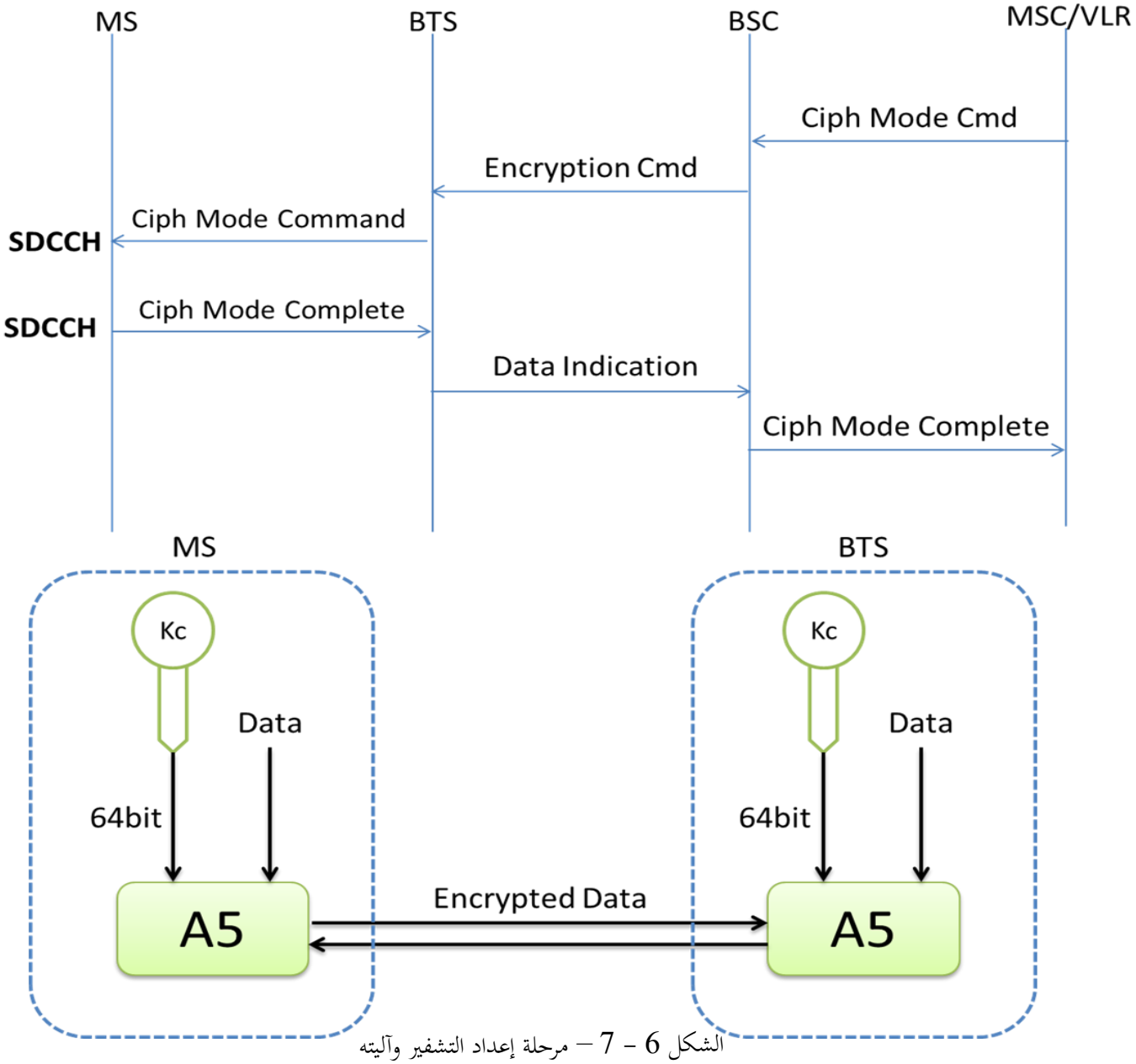
1. يرسل مركز التبديل طلب التحقق إلى وحدة التحكم التي توجهه إلى المحطة الثابتة ومنها إلى الوحدة المتحركة كما في الشكل 6 6. تحتوي رسالة طلب التحقق رقم عشوائي RAND مكون من 128bits.
2. عندما تستلم الوحدة المتحركة طلب التحقق، تستخدم الرقم العشوائي RAND مع المفتاح Ki المخزن في شريحة الإشتراك SIM لحساب التوقيع SRES (Signed Response) باستخدام الخوارزمية A3، وحساب مفتاح التشفير Kc باستخدام الخوارزمية A8. ترسل الوحدة المتحركة جواب التحقق الذي يتضمن التوقيع الرقمي SRES إلى مركز التبديل. يطابق مركز التبديل التوقيع الوارد إليه من الوحدة المتحركة مع التوقيع الوارد إليه مركز التحقق AUC كما هو موضح في الشكل 6 – 6 وفي حال التطابق تكون عملية التحقق قد تمت بنجاح وتبدأ مرحلة إعداد التشفير. فيديو – التحقق



الشكل 6 – 6 – مرحلة التحقق وآليته

5.4- إعداد التشفير Ciphering Mode Setting:

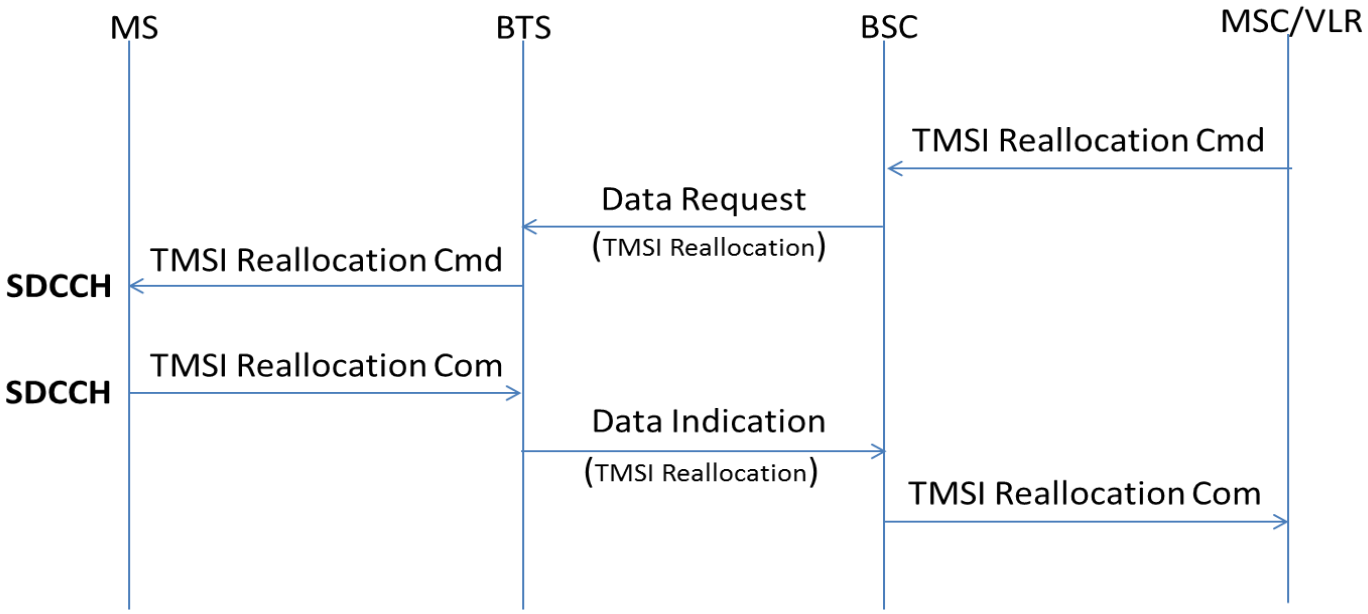
1. تبدأ مرحلة إعداد التشفير بإرسال مركز التبديل أمر الانتقال لوضع التشفير إلى وحدة التحكم كما هو مبين في الشكل 6 7. يحتوي هذا الأمر على مفتاح التشفير Kc الذي تحتاجه المحطة الثابتة لتشفير المعطيات في المسار الهابط.
2. تحول وحدة التحكم أمر التشفير المتضمن مفتاح التشفير Kc إلى المحطة الثابتة.
3. تخزن المحطة الثابتة مفتاح التشفير Kc وترسل أمر الانتقال لوضع التشفير إلى الوحدة المتحركة.
4. ترسل الوحدة المتحركة رسالة إتمام الانتقال لوضع التشفير إلى المحطة الثابتة. وهي رسالة مشفرة تخبر الوحدة المتحركة المحطة الثابتة بها أن التشفير قد بدأ.
5. تقوم المحطة الثابتة بفك تشفير هذا الرسالة وترسل رسالة إتمام الانتقال لوضع التشفير إلى وحدة التحكم ومنها إلى مركز التبديل، تخبر المحطة الثابتة بهذه الرسالة عن نجاح الإنتقال إلى وضع التشفير.



الشكل 6 - 7 – مرحلة إعداد التشفير وآليته

6.4- تغيير هوية المشترك المؤقتة (TMSI Reallocation):

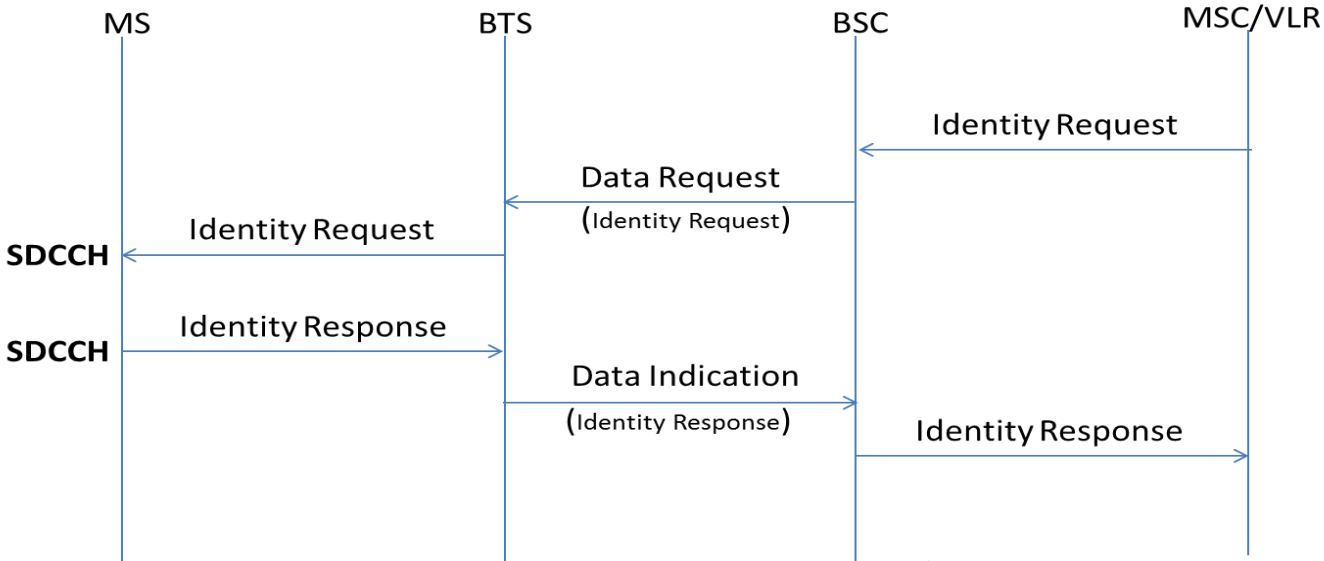
يسند مركز التبديل هوية مؤقتة TMSI مختلفة لكل هوية دولية IMSI في كل مكالمة ويقوم بإرسالها إلى الوحدة المتحركة. تخزن الوحدة المتحركة الهوية المؤقتة الجديدة في شريحة الإشتراك SIM وترسل رسالة إتمام تغيير الهوية المؤقتة كما هو مبين في الشكل 6 – 8:



الشكل 6 – 8 – مرحلة تغيير هوية المشترك المؤقتة

7.4- فحص هوية الجهاز النقال (IMEI Check):

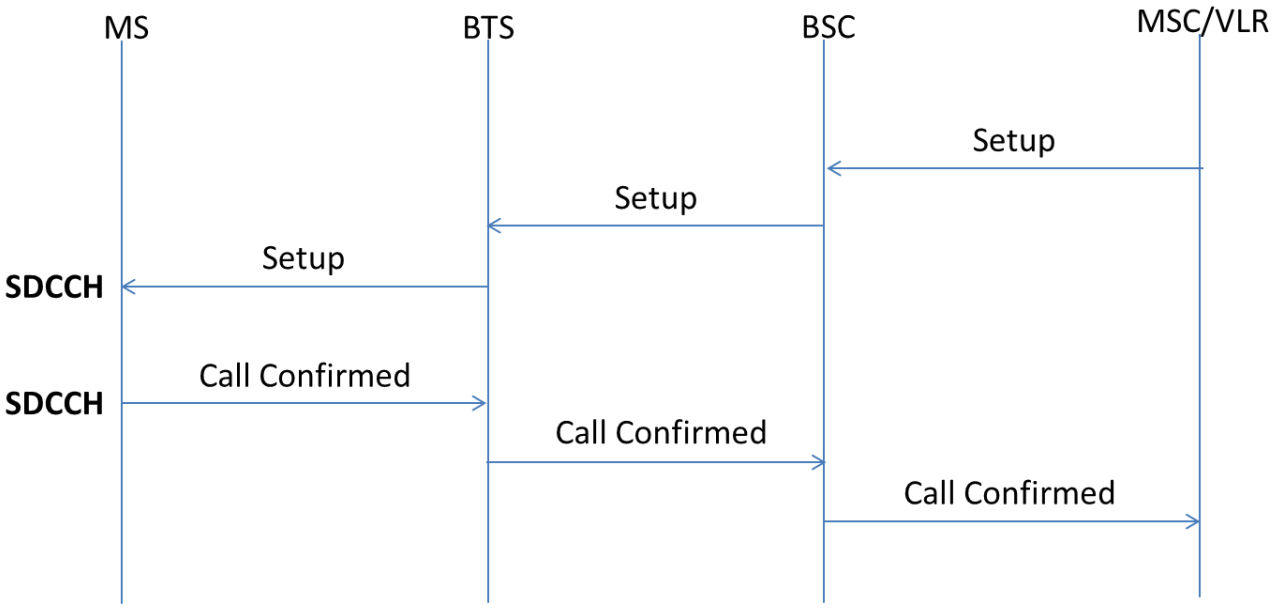
فحص هوية الجهاز النقال هي مرحلة اختيارية، يمكن تفعيلها أو إلغاؤها في الشبكة الخلوية. في هذه المرحلة يطلب مركز التبديل من الوحدة المتحركة إرسال هوية الجهاز النقال IMIE. وعند وصول هوية الجهاز النقال إلى مركز التبديل يتم فحصه في سجل أجهزة المشتركين EIR الذي يخبر ما إذا كان الجهاز النقال ينتمي إلى اللائحة البيضاء وعندئذ يسمح لـ0647 بمتابعة تأسيس المكالمة أو إلى اللائحة السوداء وعندئذ يمنع من تأسيس المكالمة. أما اللائحة الرمادية فيترك للمشغل إمكانية تقرير السماح لها أو منعها من استخدام الشبكة.



الشكل 6 – 9 – مرحلة فحص هوية الجهاز النقال (**IMEI Check**)

8.4- تهيئة المكالمة (Call Initiation)

تبدأ تهيئة المكالمة بإرسال مركز التبديل رسالة التأسيس Setup message إلى الوحدة المتحركة كما في الشكل 6 – 10 تتضمن هذه الرسالة الإمكانيات التي يلزم توفرها لدى الوحدة المتحركة لتلقي الخدمة. فإذا كانت الوحدة المتحركة تحقق متطلبات هذه الخدمة ترسل إلى مركز التبديل رسالة تأكيد المكالمة وإلا فإنها ترسل رسالة إنهاء المكالمة.

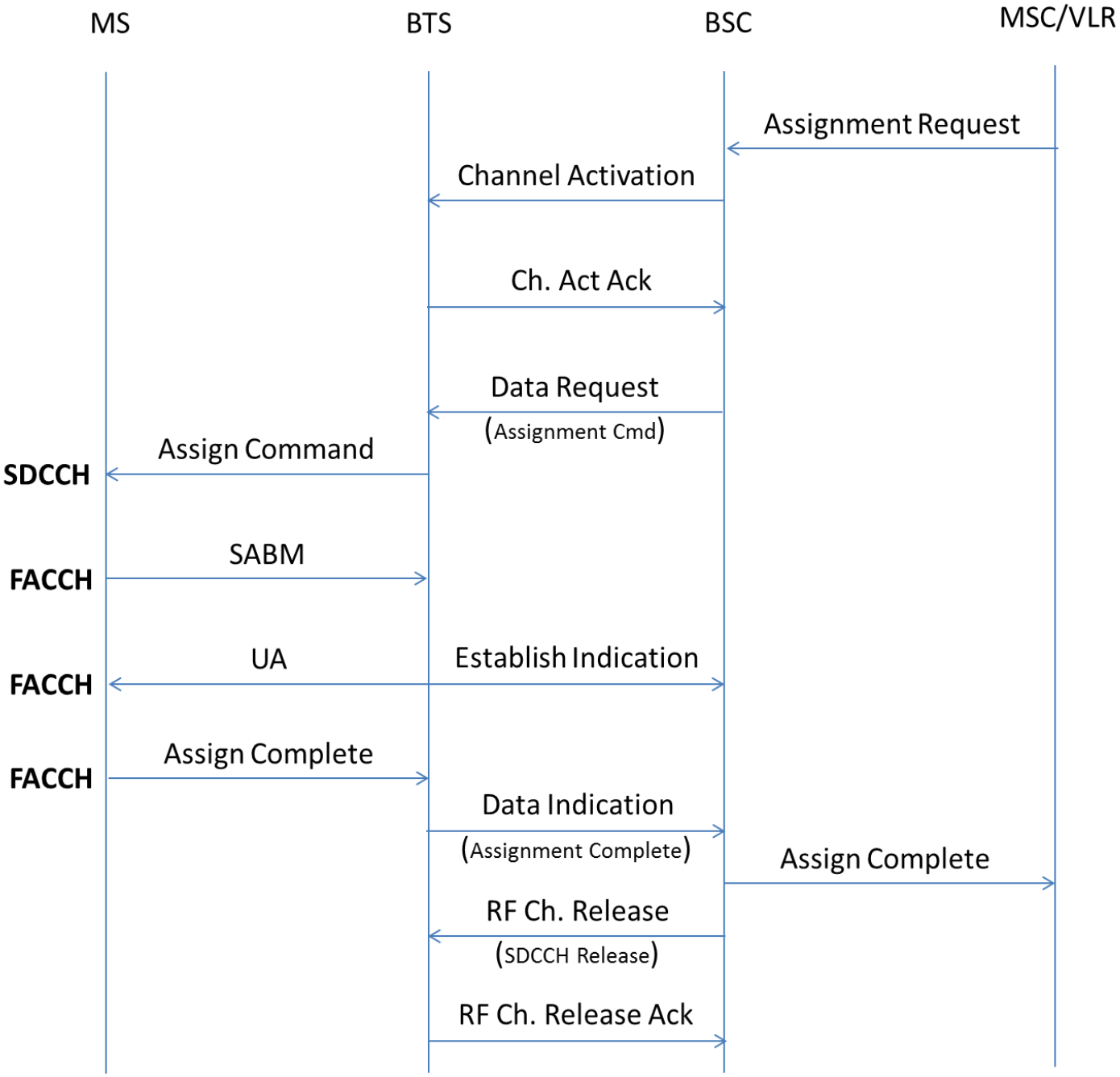


الشكل 6 – 10 – مرحلة تهيئة المكالمة

9.4- إسناد قناة المعلومات (Assignement of Traffic Channel)

1. يرسل مركز التبديل طلب الإسناد إلى وحدة التحكم كمافي الشكل 6 – 11.
2. تختار وحدة التحكم أحد قنوات المعلومات TCH الشاغرة وترسل إلى المحطة الثابتة رسالة تفعيل القناة التي تتضمن توصيف القناة الفيزيائية المراد منحها للوحدة المتحركة بالإضافة إلى مقدار التسبيق الزمني واستطاعة الإرسال لكل من المحطة الثابتة والوحدة المتحركة.
3. تؤكد المحطة الثابتة نجاح تخصيص قناة المعلومات بإرسال رسالة تأكيد تفعيل القناة.
4. ترسل وحدة التحكم أمر الإسناد إلى الوحدة المتحركة الذي يخبر الوحدة المتحركة بالانتقال إلى القناة الجديدة، يرسل هذا الأمر عبر القناة المستقلة SDCCH ويحتوي توصيف كامل لقناة المعلومات المسندة.
5. تولف الوحدة المتحركة على القناة الفيزيائية الجديدة وترسل إلى المحطة الثابتة الرسالة SABM عبر القناة FCCH للإشارة إلى أنه تمت حيازة قناة المعلومات بشكل صحيح.
6. ترسل المحطة الثابتة إلى الوحدة المتحركة الرسالة UA التي تحوي الرسالة SABM نفسها. كما تقوم بإرسال الرسالة Establish Indication إلى وحدة التحكم، لتبدأ بمراقبة جودة الاتصال الراديوي لقناة المعلومات TCH.

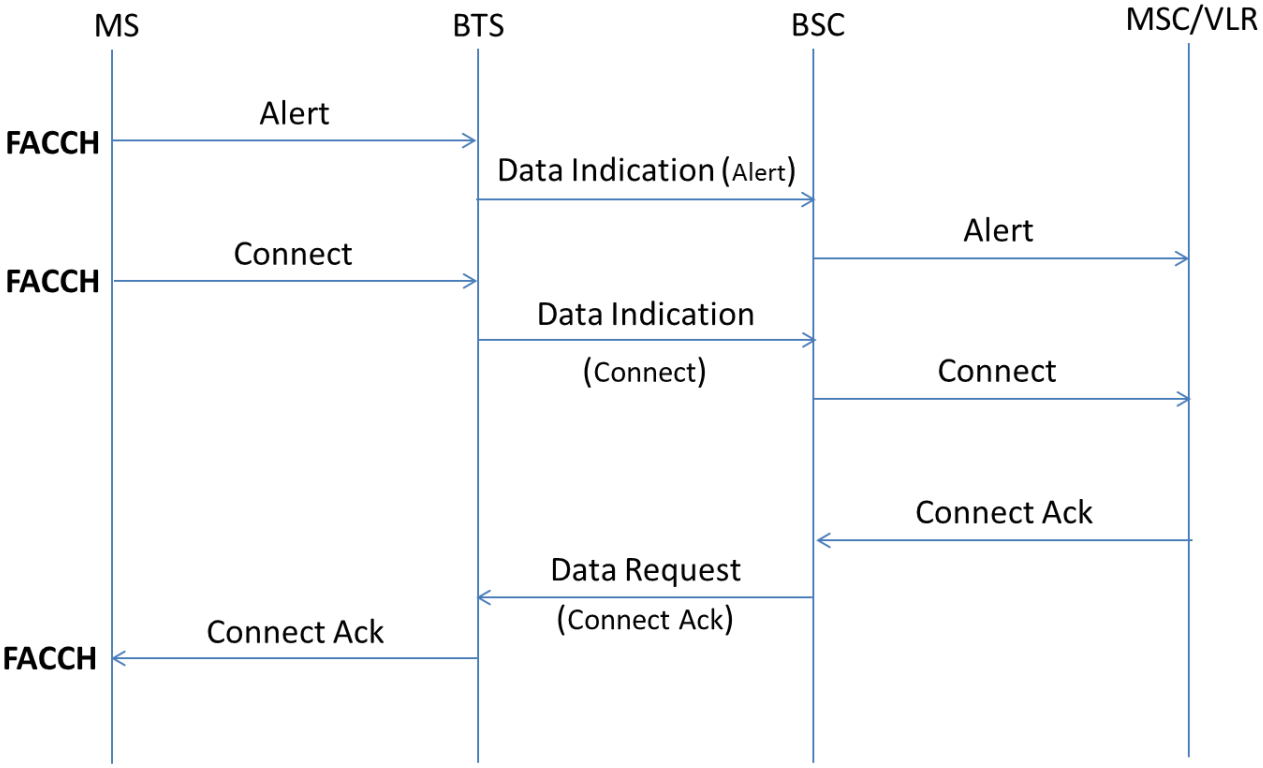
7. ترسل الوحدة المتحركة إلى مركز التبديل رسالة إتمام الإسناد لتدل على أن قناة المعلومات مفعلة ومحجوزة.
8. تخبر وحدة التحكم المحطة الثابتة بانتهاء الحاجة إلى القناة المستقلة SDCCH بإرسال رسالة تحرير القناة الراديوية. تقوم المحطة الثابتة بتحرير القناة المستقلة SDCCH وإخبار وحدة التحكم بإنهاء العملية من خلال إرسال رسالة تأكيد.



الشكل 6 11 مرحلة إسناد قناة المعلومات

10.4- التنبيه وقبول المكالمة (User Alerting and Call Accepted)

1. عندما يبدأ الجهاز النقال المتلقي للمكالمة بالرنين يرسل رسالة تنبيه إلى مركز التبديل كما هو موضح في الشكل 6 – 12. تشير هذه الرسالة إلى نغمة الرنين التي تم توليدها في الوحدة المتحركة.
2. يستقبل مركز التبديل رسالة التنبيه ويرسل رسالة Adress Complete إلى الوحدة المتحركة المنشئة للمكالمة تفيد هذه الرسالة بنجاح الوصول إلى المشترك المطلوب الاتصال به وتمام جاهزيته للرد على المكالمة وبموجب هذه الرسالة يسمع المشترك المنشئ للمكالمة نغمة الرنين المولدة في مركز التبديل.
3. عندما يرد المشترك المتلقي للمكالمة، ترسل وحدته المتحركة إلى مركز التبديل رسالة الاتصال Connect.
4. يرسل مركز التبديل إلى الوحدة المتحركة المتلقية رسال تأكيد الاتصال، كما يرسل إلى الوحدة المتحركة المنشئة للمكالمة رسالة تحوي رسالة تأكيد الرد.



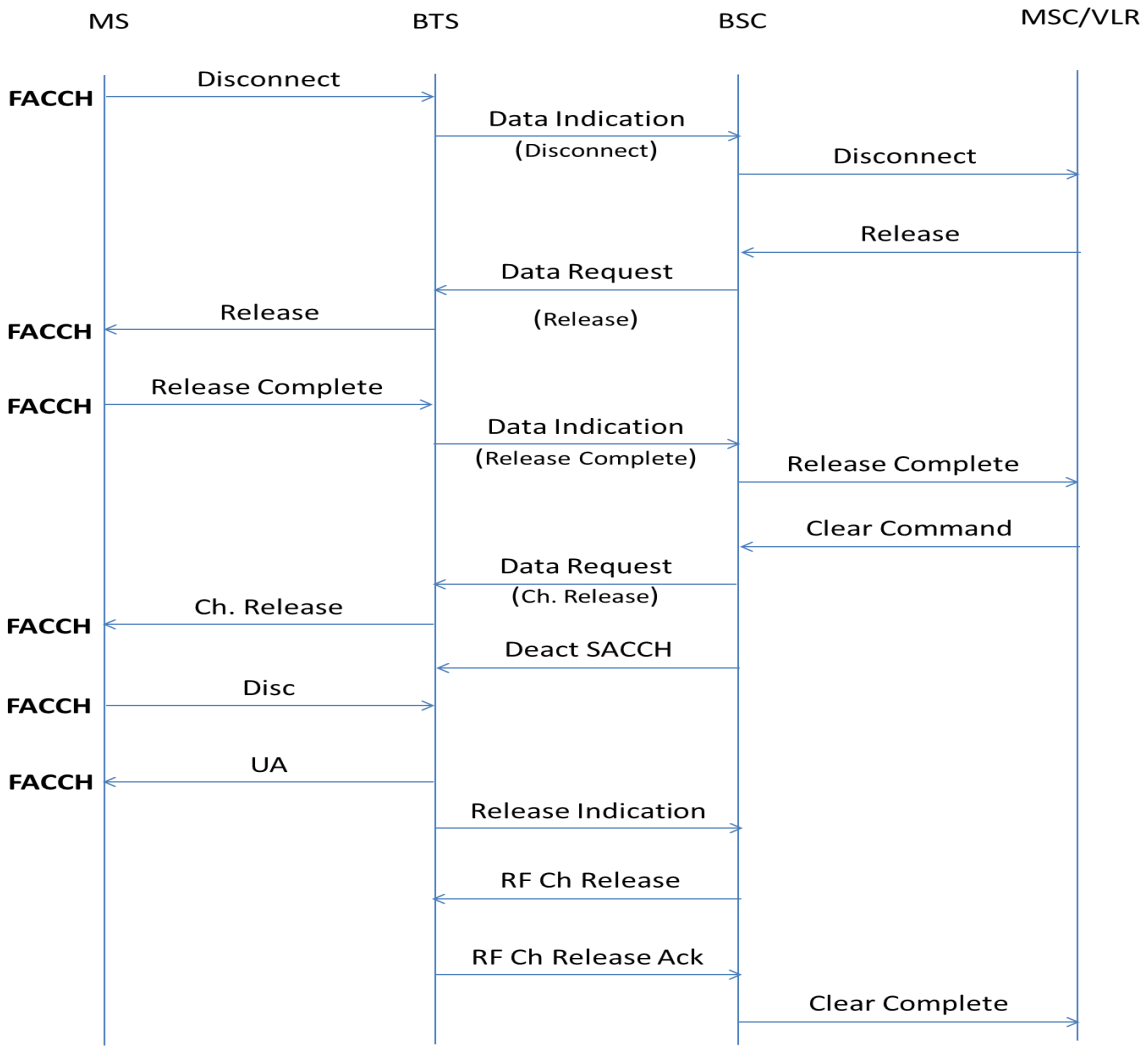
الشكل 6 – 12– مرحلة التنبيه وقبول المكالمة

11.4- إنهاء المكالمة (Call Release):

يقسم إنهاء المكالمة إلى جزأين هما تحرير الاتصال (الخطوات 1 و2 و3) وتحرير القناة (بقية الخطوات).

1. يبدأ إنهاء المكالمة عندما يغلق المشترك المكالمة، حيث ترسل الوحدة المتحركة إلى مركز التبديل رسالة قطع الاتصال كما هو مبين في الشكل 6 – 13.
2. يرسل مركز التبديل رسالة تحرير الاتصال إلى كل من الوحدة المتحركة المتلقية للمكالمة والوحدة المتحركة المنشئة لها.
3. ترسل الوحدة المتحركة إلى مركز التبديل رسالة إتمام تحرير الاتصال.

4. في حال عدم وجود اتصالات أخرى، يرسل مركز التبديل إلى وحدة التحكم أمر المسح لتحرير القنوات المحجوزة يحتوي هذا الأمر على سبب المسح أيضا.
5. تبدأ وحدة التحكم تنفيذ أمر المسح بإرسال أمر تحرير القناة إلى الوحدة المتحركة. كما ترسل إلى المحطة الثابتة أمر تعطيل القناة SACCH مخبراً إياها بإيقاف إرسال رسائل التحكم على القناة SACCH إلى الوحدة المتحركة.
6. تقوم الوحدة المتحركة بقطع الاتصال بقناة المعلومات وترسل رسالة قطع الاتصال إلى المحطة الثابتة.
7. تؤكد المحطة الثابتة قطع الاتصال بإرسال الرسالة UA إلى الوحدة المتحركة.
8. بعد قطع الوصلة الراديوية بين الوحدة المتحركة والمحطة الثابتة ترسل الأخيرة مؤشر التحرير إلى وحدة التحكم.
9. ترسل وحدة التحكم إلى المحطة الثابتة رسالة تحرير القناة الراديوية لتعطيل قناة المعلومات TCH. تؤكد المحطة الثابتة تنفيذ العملية فور توقفها عن الإرسال على القناة الراديوية.
10. ترسل وحدة التحكم إلى مركز التبديل رسالة إتمام المسح.



الشكل 6 – 13– مرحلة إنهاء المكالمة

5- إجرائية تحديث الموقع Location Update:

هناك ثلاث أنماط لتحديث الموقع متشابهة من حيث الإجرائية ومختلفة من حيث السبب وهي:

أ- النمط الطبيعي Normal: يستخدم عندما تنتقل الوحدة المتحركة إلى منطقة محلية جديدة.

ب-النمط الدوري Periodic: يستخدم للدلالة على أن الوحدة المتحركة مازالت ضمن الشبكة.

ت-نمط التسجيل Attatch: ويتم عند انتقال الوحدة المتحركة من وضع الانفصال إلى وضع السكون.

إجرائية تحديث الموقع تشبه إجرائية تأسيس المكالمة وهي تضم الخطوات التالية:

طلب القناة RR Connection Establishment:

وهي خطوة مماثلة تماماً لخطوة طلب القناة التي تطرقنا إليها في إجرائية تأسيس المكالمة وكذلك الأمر بالنسبة لخطوتي التحقق وإعداد التشفير.

طلب الخدمة Service Request:

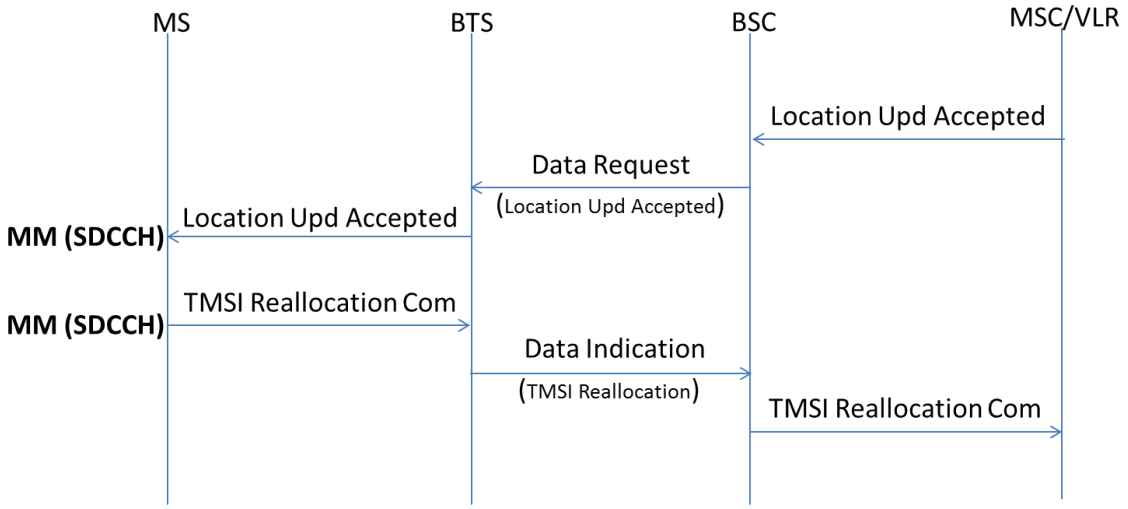
وهي خطوة مماثلة لخطوة طلب الخدمة التي تطرقنا إليها في إجرائية تأسيس المكالمة. باستثناء أن الرسالة SABM التي ترسلها الوحدة المتحركة تتضمن رسالة طلب تحديث الموقع والتي تتضمن نمط تحديث الموقع (طبيعي، دوري، تسجيل) وهوية المنطقة المحلية القديمة (المخزنة في شريحة الإشتراك) وهوية المشترك الدولية IMSI أوالمؤقتة TMSI وهوية الجهاز النقال IMEI. تخزّن الوحدة المتحركة هوية المنطقة المحلية الجديدة بدلا من القديمة.

التحقق/التوثق Authentication

إعداد التشفير Ciphering Mode Setting

قبول تحديث الموقع Location Update Accepted

يستبدل مركز التبديل هوية المنطقة المحلية القديمة الخاصة بالمشترك المخزنة في سجل المقر الحالي VLR بهوية المنطقة المحلية الجديدة ويرسل إلى الوحدة المتحركة رسالة قبول طلب تحديث الموقع كما في الشكل 6 - 14. وتتضمن هذه الرسالة هوية مؤقتة جديدة TMSI للمشترك ليتم تغيير الهوية المؤقتة TMSI Reallocation.



الشكل 6 - 14- مرحلة قبول تحديث الموقع

تحرير القناة RR Connection Release:

وهي مرحلة مماثلة للخطوات (4 إلى 10) من مرحلة إنهاء المكالمة التي تطرقنا إليها في إجرائية تأسيس المكالمة.

6- إجرائية التسليم

يعتبر التسليم من أهم المهام التي يقوم بها النظام الخلوي حيث يحافظ على ديمومة المكالمة بتحويل قناة الصوت والتحكم المخصصة للمشترك من خلية إلى أخرى مما يسمح بتحرك المشترك أثناء المكالمة دون انقطاعها. ينبغي تنفيذ عملية التسليم بسرعة ودون أن يدركها المستخدم.

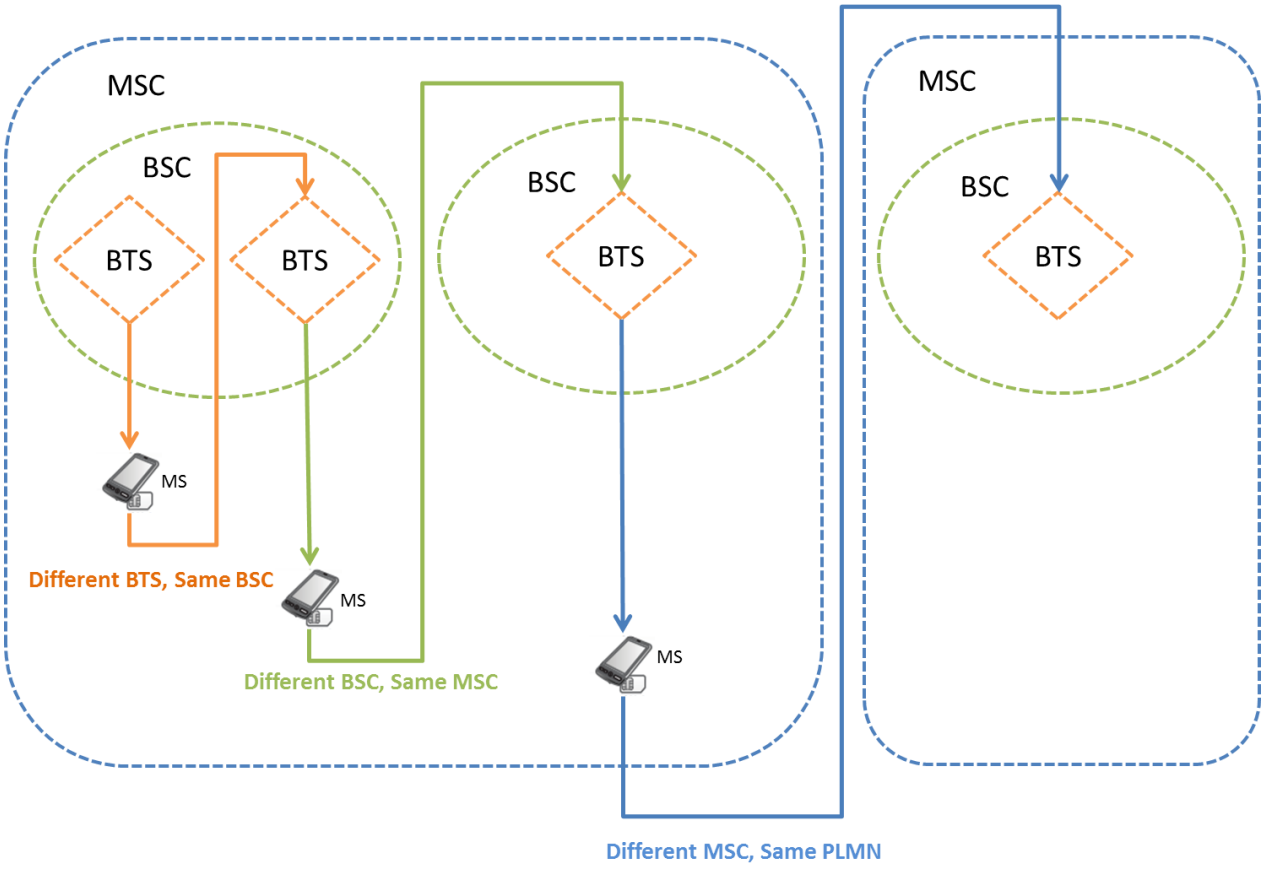
1.6- أنواع التسليم حسب مكان حدوثه

يصنف التسليم حسب مكان حدوثه إلى ثلاث أصناف:

أ- التسليم ضمن وحدة التحكم Intra BSC HandOver: ويتم بين خليتين تنتميان إلى نفس منطقة خدمة مركز التبديل ويتم التحكم بهما بنفس وحدة التحكم.

ب-التسليم بين وحدات التحكم Inter BSC HandOver: ويتم بين خليتين تنتميان إلى نفس منطقة خدمة مركز التبديل ويتم التحكم بكل منهما بوحدة تحكم مختلفة عن الأخرى.

ت-التسليم بين مراكز التبديل Inter MSC HandOver: ويتم بين خليتين تنتمي كل منهما إلى منطقة خدمة مركز تبديل مختلفة عن الأخرى ضمن منطقة خدمة الشبكة الخلوية نفسها.



ملاحظة: في حال التسليم إلى خلية تنتمي إلى منطقة محلية مختلفة يتم تحديث الموقع فور انتهاء المكالمة.

2.6- تصنيف التسليم حسب الدافع Reason Classification

1- التسليم بدافع عدم وصول تقرير قياسات المسار الهابط NO DL MR HO:

ترسل الوحدة المتحركة تقرير قياسات المسار الهابط كل 480ms (مرتين في الثانية تقريباً) عبر الجزء الصاعد من القناة SACCH. عندما تفشل المحطة الثابتة في قراءة عدد معين من تقارير القياس المتتالية الواصلة إليها من الوحدة المتحركة، يتم إرسال أمر التسليم إلى الوحدة المتحركة لإجراء التسليم إلى الخلية الجديدة.

2- التسليم بدافع التسبيق الزمني Time Advance HO:

يتم إجراء هذا التسليم عندما تتجاوز قيمة التسبيق الزمني للوحدة المتحركة قيمة معينة تحددها الشبكة. حيث أن زيادة التسبيق الزمني بمقدار واحد تقابل زيادة بمسافة الانتشار قدرها 553.5m.

3- التسليم بدافع التداخل Intereference HO:

يحدث هذا النواع من التسليم عندما يزداد التداخل في الوصلة الراديوية عن حد معين.

4- التسليم بدافع التدهور السريع لاستطاعة الإشارة المستقبلة Rx Level Drop HO:

يحدث هذا التسليم عند الانخفاض السريع في استطاعة الإشارة المستقبلة وذلك بسبب المرور خلف عائق.

5- التسليم بدافع الجودة السيئة Bad Quality HO:

تعبر الجودة عن معدل الخطأ في استقبال الرشقات، فكل قيمة للجودة تقابل مجال معين لمعدلات الخطأ. عندما يزداد معدل الخطأ عن حد معين يتم البدء بإجرائية تسليم من هذا النوع.

6- التسليم بدافع زيادة الحمل LOAD HO: يحدث هذا النوع من التسليم عندما تزداد نسبة انشغالية الخلية المخدمة عن عتبة معينة وهو يضمن موازنة الحمل بين الخلايا.

7- التسليم بدافع الوصول إلى حافة الخلية Edge HO:

عندما تنخفض استطاعة الإشارة المستقبلة تحت حد معين يتم إجراء التسليم للإنتقال إلى خلية أفضل.

8- التسليم بدافع الحركة السريعة للوحدة المتحركة MS Fast Moving HO:

نقول عن الوحدة المتحركة أنها تتحرك بسرعة إذا كانت إذا كانت المدة الفاصلة بين عمليتي تسليم متتاليتين للوحدة المتحركة أقل من فترة معينة. وعند ذلك يتم تسليمها إلى خلية مظلة Umbrella Cell. يسمى هذا النوع من التسليم أيضاً بالتسليم السريع Quick HO.

9- التسليم بدافع تفاوت الطبقات Layer HO:

تستخدم الطبقات بين الخلايا لإعطاء أفضلية التسليم فيما بينها. يتم تسليم الوحدة المتحركة إلى الخلية ذات الطبقة الأعلى إذا كانت تحقق الحد الأدنى من استطاعة الإشارة المستقبلة.

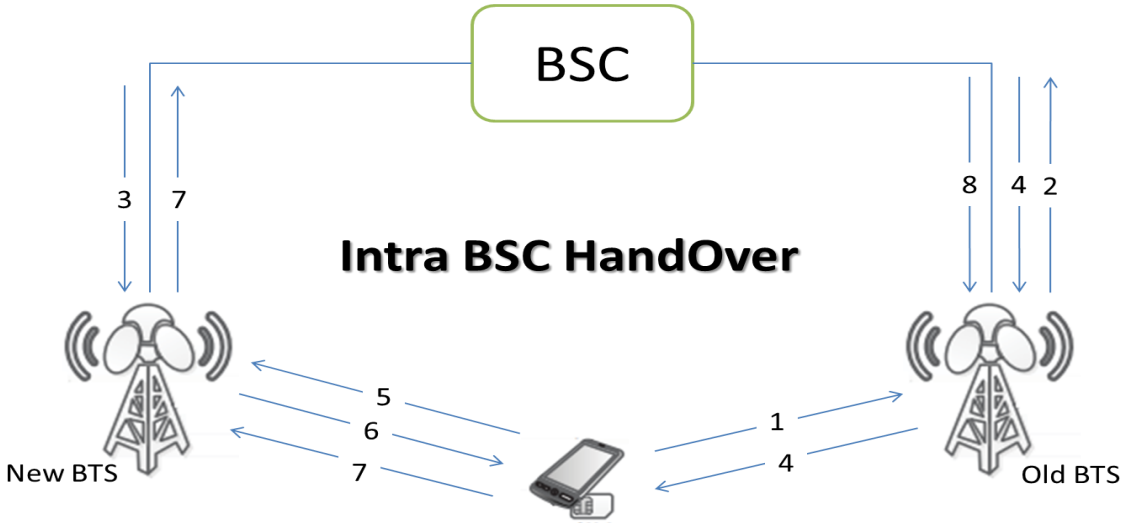
10- التسليم بدافع التفاوت في ميزانية الاستطاعة Power Budget HO: عندما يتجاوز الفرق بين فقد المسار للخلية المخدمة وفقد المسار لأحد الخلايا المجاورة حد معين يتم التسليم إلى الخلية الأقل فقداً.

تصنف الأنواع الخمسة الأولى تحت مسمى التسليم الطارئ Emergency HO وهي تضمن استمرارية المكالمة ولها أولوية أعلى من الأنواع الأربعة الأخيرة التي تصنف تحت مسمى التسليم الطبيعي Normal HO وهي تضمن زيادة جودة المكالمة وتحول دون الوصول إلى مرحلة تستدعي التسليم الطارئ.

3.6- التسليم ضمن وحدة التحكم Intra BSC HandOver:

1. تقوم الوحدة المتحركة أثناء المكالمة وبشكل مستمر بقياس قوة وجودة إشارة الجزء الهابط من قناة المعلومات TCH المخصصة لها، بالإضافة إلى قوة الإشارة على قنوات البث التحكمية BCCH للخلايا المجاورة، وترسل إلى المحطة الثابتة تقرير القياسات MR الذي يحوي نتيجة القياس بمعدل تقريرين في الثانية تقريباً.
2. من جهة أخرى تقوم المحطة الثابتة بإجراء القياسات اللازمة على الجزء الصاعد من قناة المعلومات. وعند وصول تقرير قياسات المسار الهابط DL MR إليها تضيف إليه تقرير قياسات المسار الصاعد UL MR وترسلهما إلى وحدة التحكم. تحدد خوارزميات التسليم الموجودة في وحدة التحكم ما إذا كانت هناك حاجة إلى تسليم المكالمة إلى خلية أخرى.
3. في حال الحاجة إلى التسليم تطلب وحدة التحكم تفعيل قناة معلومات من المحطة الثابتة للخلية الجديدة.
4. ترسل المحطة الثابتة الموجودة في الخلية الجديدة تأكيد التفعيل إلى وحدة التحكم، فترسل الأخيرة رسالة إلى الوحدة المتحركة عبر المحطة الثابتة القديمة تتضمن معلومات عن التردد والحصة الزمنية واستطاعة الإرسال لقناة المعلومات الجديدة.
5. تولف الوحدة المتحركة على القناة الفيزيائية الجديدة وترسل عليها رشقة التسليم وهي رشقة نفاذ AB تستخدمها القناة FACCH لطلب النفاذ بالتسليم. لا تمتلك الوحدة المتحركة أي معلومة عن التسبيق الزمني اللازم تطبيقه مع الخلية الجديدة ولهذا تستخدم للتسليم رشقة قصيرة تحتوي رسالة مكونة من 8bit.
6. عندما تستقبل المحطة الثابتة الجديدة رشقة النفاذ بالتسليم ترسل إلى الوحدة المتحركة قيمة التسبيق الزمني اللازم تطبيقه. كما تخبر المحطة الثابتة الجديدة وحدة التحكم باستلامها لرشقة النفاذ بالتسليم عبر إرسال رسالة اكتشاف التسليم HO Detection Message.
7. ترسل الوحدة المتحركة رسالة إتمام التسليم إلى وحدة التحكم عبر المحطة الثابتة الجديدة.
8. تطلب وحدة التحكم من المحطة الثابتة القديمة تحرير قناة المعلومات TCH وقناة التحكم المرافقة البطيئة SACCH.

نلاحظ أن وحدة التحكم تقود إجرائية التسليم ضمن وحدة التحكم Inter BSC HO دون أي تدخل من مركز التبديل مع العلم أن وحدة التحكم تعلم مركز التبديل بحدوث التسليم.



4.6- التسليم بين وحدات التحكم Inter BSC HandOver:

يحدث التسليم بين وحدات التحكم عندما تتحرك الوحدة المتحركة ضمن منطقة خدمة مركز التبديل نحو خلية تتبع لوحدة تحكم مختلفة عن وحدة التحكم المخدّمة وكانت هناك حاجة إلى التسليم. تحدد وحدة التحكم المخدمة ما إذا كانت هناك حاجة إلى التسليم إلى خلية تابعة لوحدة تحكم أخرى.

1- ترسل وحدة التحكم المخدمة إلى مركز التبديل رسالة الحاجة إلى التسليم وترفق معها هوية الخلية الجديدة.

2- يرسل مركز التبديل طلب التسليم إلى وحدة التحكم التي تتحكم بالمحطة الثابتة الموجودة في الخلية الجديدة.

3- تطلب وحدة التحكم الجديدة من المحطة الثابتة للخلية الجديدة تفعيل قناة معلومات.

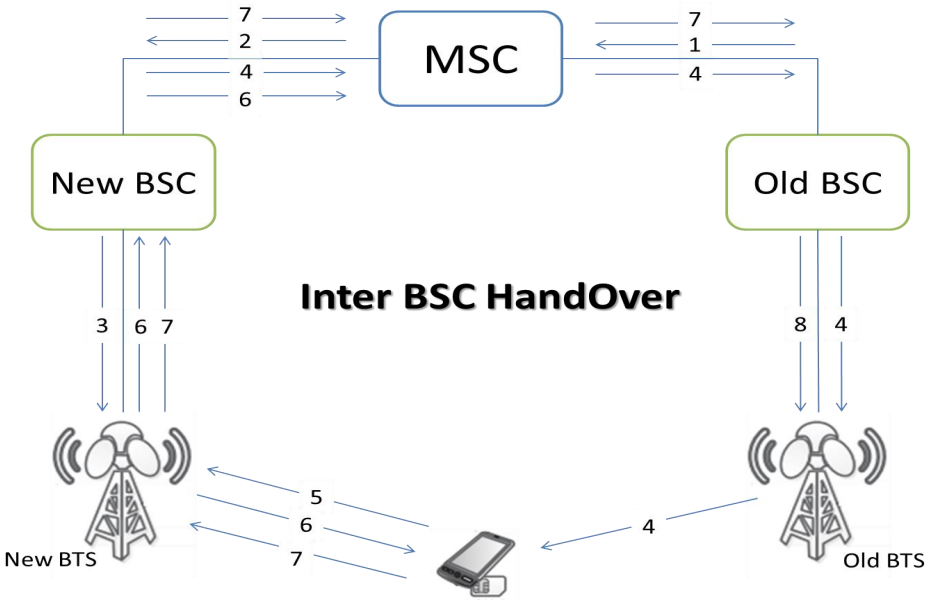
4- ترسل المحطة الثابتة الموجودة في الخلية الجديدة تأكيد التفعيل إلى وحدة التحكم الجديدة، فترسل الأخيرة إلى مركز التبديل رسالة تتضمن معلومات عن التردد والحصة الزمنية واستطاعة الإرسال لقناة المعلومات الجديدة. يمرر مركز التبديل هذه الرسالة إلى وحدة التحكم القديمة ومن ثم إلى المحطة الثابتة القديمة التي بدورها ترفق هذه الرسالة مع رسالة أمر التسليم إلى الوحدة المتحركة.

5- تولف الوحدة المتحركة على القناة الفيزيائية الجديدة وترسل رشقة التسليم عبر القناة FACCH الجديدة.

6- تستقبل المحطة الثابتة الجديدة رشقة النفاذ بالتسليم فترسل إلى الوحدة المتحركة قيمة التسبيق الزمني اللازم تطبيقه. كما ترسل المحطة الثابتة الجديدة رسالة اكتشاف التسليم إلى مركز التبديل عبر وحدة التحكم الجديدة لتخبره باستلام رشقة النفاذ بالتسليم. ليقوم مركز التبديل بتأسيس المسار الجديد للمكالمة.

7- ترسل الوحدة المتحركة رسالة إتمام التسليم إلى وحدة التحكم الجديدة عبر المحطة الثابتة الجديدة. تمرر وحدة التحكم الجديدة رسالة إتمام التسليم إلى وحدة التحكم القديمة.

8- تطلب وحدة التحكم القديمة من المحطة الثابتة القديمة تحرير قناة المعلومات TCH وقناة التحكم المرافقة البطيئة SACCH.



5.6- التسليم بين مراكز التبديل Inter MSC HandOver:

تصبح إجرائية التسليم أكثر تعقيداً إذا قررت وحدة التحكم تنفيذ التسليم إلى خلية تابعة لمنطقة خدمة مركز تبديل آخر ضمن نفس الشبكة الخلوية، نوضح فيما يلي خطوات هذه الإجرائية:

1- ترسل وحدة التحكم المخدمة إلى مركز التبديل المخدم رسالة الحاجة إلى التسليم.

2- يطلب مركز التبديل المخدم المساعدة من مركز التبديل الجديد.

3- يرسل مركز التبديل الجديد طلب التسليم إلى وحدة التحكم الجديدة.

4- تطلب وحدة التحكم الجديدة من المحطة الثابتة الجديدة تفعيل قناة معلومات.

5- ترسل المحطة الثابتة الجديدة تأكيد التفعيل إلى وحدة التحكم الجديدة، التي ترسل إلى مركز التبديل الجديد رسالة توصيف قناة المعلومات الجديدة. يمرر مركز التبديل الجديد هذه الرسالة إلى مركز التبديل القديم.

6- يتم تهيئة الوصلة بين مركز التبديل القديم ومركز التبديل الجديد لتمرير المكالمة عبرها.

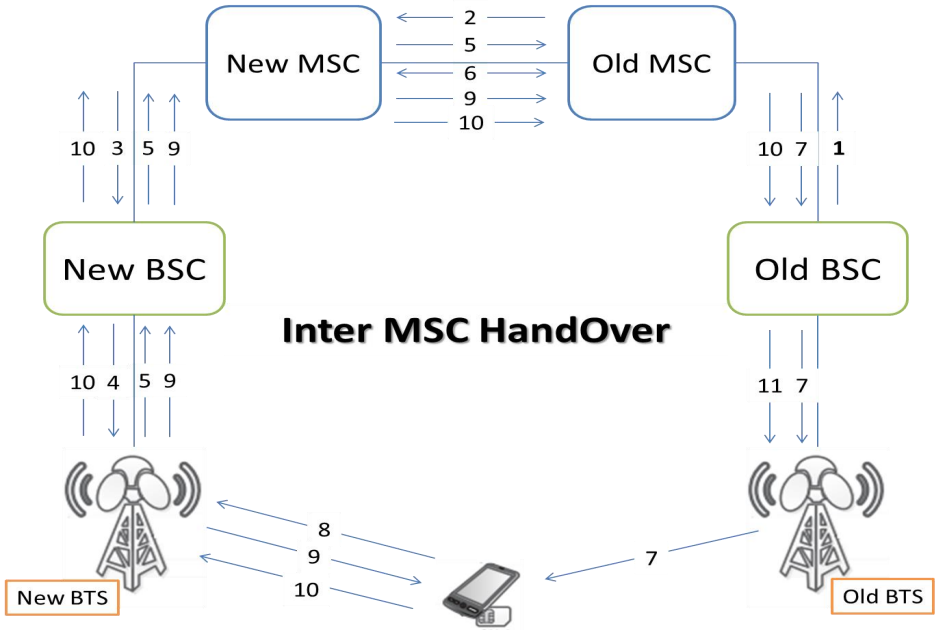
7- يرسل مركز التبديل القديم عبر وحدة التحكم القديمة والوحدة المتحركة القديمة أمر التسليم إلى الوحدة المتحركة ويرفق معه توصيف القناة الجديدة.

8- تولف الوحدة المتحركة على القناة الجديدة وترسل رشقة التسليم إلى الوحدة المتحركة الجديدة.

9- ترسل المحطة الثابتة الجديدة إلى الوحدة المتحركة قيمة التسبيق الزمني اللازم تطبيقه. كما ترسل رسالة اكتشاف التسليم إلى مركز التبديل القديم عبر وحدة التحكم الجديدة ومركز التبديل الجديد.

10- ترسل الوحدة المتحركة رسالة إتمام التسليم إلى المحطة الثابتة الجديدة ومن ثم إلى وحدة التحكم الجديدة ومن ثم مركز التبديل الجديد فمركز التبديل القديم ومنه إلى وحدة التحكم القديمة.

11- تطلب وحدة التحكم القديمة من المحطة الثابتة القديمة تحرير قناة المعلومات وقناة التحكم المرافقة لها.



أسئلة:

40 سؤال، علامتان ونصف لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة.

1- تستطيع المحطة المتحركة في وضع الإنفكاك Dettached mode:

أ- اختيار الخلية

ب-تحديث الموقع

ت-طلب واستقبال مكالمة

ث-ليس أياً مما سبق

2- يمكن طلب تحديث الموقع في:

أ- وضع الإنفكاك Dettached mode

ب-وضع السكون Idle Mode

ت-الوضع النشط Active mode

ث-كل ما سبق

3- يمكن إجراء التسليم Handover في:

أ- وضع الإنفكاك Dettached mode

ب-وضع السكون Idle Mode

ت-الوضع النشط Active mode

ث-كل ما سبق

4- يمكن إعادة اختيار الخلية Cell Reselection في:

أ- وضع الإنفكاك Dettached mode

ب-وضع السكون Idle Mode

ت-الوضع النشط Active mode

ث-كل ما سبق

5- يمكن للوحدة المتحركة التنقل ضمن الشبكة الخليوية أثناء المكالمة دون انقطاعها بفضل:

أ- إجرائية تحديث الموقع

ب- إجرائية التسليم

ت-إجرائية اختيار الخلية

ث-إجرائية إعادة اختيار الخلية

6- يكفي لاختيار الخلية المخدمة:

أ- أن تستطيع الوحدة المتحركة قراءة معلومات النظام

ب-أن تنتمي الخلية إلى الشبكة المخدمة

ت-أن تكون قوة الإشارة المستقبلة أكبر من الحد الأدنى المطلوب لقوة الإشارة

ث-كل ماسبق

7- لا تستطيع الوحدة المتحركة التسليم إلى خلية:

أ- من خارج القائمة BA1

ب-من خارج القائمة BA2

ت-من خارج المنطقة المحلية

ث-من خارج منطقة خدمة مركز التبديل

8- لا تستطيع الوحدة المتحركة إعادة اختيار خلية:

أ- من خارج القائمة BA1

ب-من خارج القائمة BA2

ت-من خارج المنطقة المحلية

ث-من خارج منطقة خدمة مركز التبديل

9- ترسل القائمة BA1 عبر القناة:

أ- BCCH

ب- SDCCH

ت- SACCH

ث- AGCH

10-عدد الخلايا التي يمكن للوحدة المتحركة قياسها في نفس الوقت.

أ- 5

ب- 6

ت- 7

ث- 8

11-تقوم الوحدة المتحركة بقراءة رسائل معلومات النظام للخلية المخدمة على الأقل كل:

أ- خمس ثواني

ب-نصف دقيقة

ت-دقيقة

ث-خمس دقائق

12-تقوم الوحدة المتحركة بقراءة رسائل معلومات النظام للخلايا المجاورة على الأقل كل:

أ- خمس ثواني

ب-نصف دقيقة

ت-دقيقة

ث-خمس دقائق

13-تقوم الوحدة المتحركة بقراءة رسائل معلومات النظام للخلية المخدمة على الأقل كل:

أ- خمس ثواني

ب-نصف دقيقة

ت-دقيقة

ث-خمس دقائق

14-ترسل الوحدة المتحركة رسالة طلب القناة عبر القناة:

أ- RACH

ب- TCH

ت- SDCCH

ث- AGCH

15- تنتهي مرحلة طلب القناة بمنح الوحدة المتحركة القناة:

أ- RACH

ب- TCH

ت- SDCCH

ث- AGCH

16-يتم إرسال الإسناد الفوري Immediate Assignment عبر القناة:

أ- RACH

ب- TCH

ت- SDCCH

ث- AGCH

17-لا يتضمن الإسناد الفوري:

أ- رقم الإطار FN الذي تم طلب القناة خلاله

ب-الرقم العشوائي لرسالة طلب القناة

ت-سبب طلب القناة

ث-التسبيق الزمني

18-أي العمليات التالية ليس لمركز التبديل MSC أي دور فيها:

أ- الإستجواب والنداء

ب-طلب القناة

ت-طلب الخدمة

ث-إنهاء المكالمة

19-يرسل أمر تفعيل القناة:

أ- من الوحدة المتحركة إلى لمحطة الثابتة

ب-من المحطة الثابتة إلى الوحدة المتحركة

ت-من وحدة التحكم إلى المحطة الثابتة

ث-من مركز التبديل إلى وحدة التحكم

20-يتم تأسيس وصلة التشوير على مستوى الواجهة A في:

أ- مرحلة تهيئة المكالمة

ب-مرحلة طلب القناة

ت-مرحلة طلب الخدمة

ث-مرحلة التحقق

21-الرسالة التي لا يمكن أن تتضمن هوية المشترك الدولية أو المؤقتة:

أ- رسالة النداء Paging message

ب-رسالة طلب القناة

ت-رسالة طلب الخدمة SABM

ث-الرسالة UA

22- يتضمن طلب التحقق الذي يرسله مركز التبديل إلى الوحدة المتحركة:

أ- المفتاح Ki

ب-مفتاح التشفير Kc

ت-رقم عشوائي RAND

ث-التوقيع SRES

23-يتضمن جواب التحقق الذي ترسله الوحدة المتحركة إلى مركز التبديل:

أ- المفتاح Ki

ب-مفتاح التشفير Kc

ت-رقم عشوائي RAND

ث-التوقيع SRES

24-خوارزمية التحقق في الجيل الثاني هي:

أ- A3

ب- A5

ت- A6

ث- A8

25-مرحلة من مراحل تأسيس المكالمة لا يبدأ مركز التبديل بها:

أ- إعداد التشفير

ب-تهيئة المكالمة

ت-إسناد قناة المعلومات

ث-إنهاء المكالمة

26-مرحلة من مراحل تأسيس المكالمة لا تبدأ الوحدة المتحركة بها:

أ- طلب القناة

ب-التنبيه والقبول

ت-تغيير هوية المشترك المؤقتة

ث-طلب الخدمة

27-مرحلة من مراحل تأسيس المكالمة تتم بشكل مشفر:

أ- تهيئة المكالمة

ب-التحقق

ت-طلب الخدمة

ث-طلب القناة

28- ماذا يفعل مركز التبديل بمفتاح التشفير Kc:

أ- يرسله إلى الوحدة المتحركة فقط

ب-يرسله إلى المحطة الثابتة فقط

ت-يرسله إلى كل من الوحدة المتحركة والمحطة الثابتة

ث-لا يقوم بإرساله أبداً

29-ماذا يفعل مركز التبديل بمفتاح التشفير Kc:

أ- يرسله إلى الوحدة المتحركة فقط

ب-يرسله إلى المحطة الثابتة فقط

ت-يرسله إلى كل من الوحدة المتحركة والمحطة الثابتة

ث-لا يقوم بإرساله أبداً

30-يتم تغيير الهوية المؤقتة للمشترك:

أ- مرة واحدة أثناء كل المكالمة

ب-عدة مرات أثناء كل المكالمة

ت-ليس بالضرورة في كل مكالمة

ث-في المكالمات الصادرة فقط

31-أي من المراحل التالية تضمن توفر الإمكانيات اللازمة لتلقي الخدمة في الوحدة المتحركة:

أ- طلب الخدمة

ب-تهيئة المكالمة

ت-التحقق

ث-فحص هوية الجهاز النقال

32-اختيار قناة المعلومات TCH هي من مسؤولية:

أ- مركز التبديل MSC

ب-وحدة التحكم BSC

ت-المحطة الثابتة

ث-الوحدة المتحركة

33-يصل أمر إسناد قناة المعلومات TCH إلى الوحدة المتحركة عبر:

أ- RACH

ب- FACCH

ت- SDCCH

ث- AGCH

34-نمط تحديث الموقع الذي تقوم الوحدة المتحركة به عند انتقالها إلى منطقة محلية جديدة:

أ- الطبيعي

ب-الدوري

ت-نمط التسجيل

ث-ليس أياً مما سبق

35-يهدف التسليم الطبيعي إلى:

أ- زيادة جودة المكالمة

ب-الحفاظ على استمرارية المكالمة

ت-توزيع الحمل بين الخلايا

ث-ليس أياً مما سبق

36- أي الأصناف التالية يعد تسليماً طارئاً:

أ- التسليم بدافع الوصول إلى حافة الخلية Edge HO

ب-التسليم بدافع التفاوت في ميزانية الوصلة Power Budjet HO

ت-التسليم بدافع الجودة السيئة Bad Quality HO

ث-التسليم بدافع الحركة السريعة للوحدة المتحركة MS Fast Moving HO

37-ترسل الوحدة المتحركة تقارير قياسات المسار الهابط بمعدل:

أ- مرة كل ثانيتين

ب-مرة كل الثانية

ت-مرتين كل الثانية

ث-ثلاث مرات كل الثانية

38-الطرف الذي يحدد الحاجة إلى التسليم هو:

أ- وحدة التحكم المخدمة

ب-مركز التبديل المخدم

ت-وحدة التحكم الجديدة

ث-مركز التبديل الجديد

39-التشوير الذي يحتاجه التسليم بين وحدات التحكم على مستوى الوصلة الراديوية:

أ- أقل مقارنة بالتسليم ضمن وحدة التحكم

ب-أكثر مقارنة بالتسليم بين مراكز التبديل

ت-نفسه مقارنة بالتسليم ضمن وحدة التحكم

ث-ليس أياً مما سبق

40-يتطلب التسليم بين مراكز التبديل Inter MSC HO حوالي:

أ- ضعف عدد رسائل التشوير التي يتطلبها التسليم بين وحدات التحكم

ب-العدد نفسه من رسائل التشوير التي يتطلبها التسليم بين وحدات التحكم

ت-ضعف عدد رسائل التشوير التي يتطلبها التسليم ضمن وحدة التحكم

ث-العدد نفسه من رسائل التشوير التي يتطلبها التسليم ضمن وحدة التحكم

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ث	ب	ت	ب	ب	ث	ب	أ	أ	ب	ب	ث	ب	أ	ت	ث	ت	ب	ت	ت

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ب	ت	ث	أ	ث	ت	أ	ب	ب	أ	ب	ب	ت	أ	أ	ت	ت	أ	ت	ت

الفصل السابع

نظم الاتصالات النقالة المتقدمة

ملخص:

يقدم هذا الفصل لمحة سريعة عن مراحل تطور النظم الخلوية المتعاقبة بدءاً من نظام الجيل الثاني وتطبيقاته ووصولاً إلى نظام الجيل الرابع بما في ذلك مزايا وبنية كل نظام منها.

كلمات مفتاحية:

تبديل الدارات، تبديل الرزم، نقل البيانات، نظام إرسال البيانات بتقانة تبديل الدارات عالية السرعة، وحدة التحكم بالرزم، الموجّه المخدّم، الموجّه المبوّب، النفاذ المتعدد بتمييز الرماز، التسليم اللين، المتحكم الراديوي.

أهداف تعليمية:

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1- تتعرف على تقانات التبديل المستخدمة في الاتصالات الخلوية

2- توضح مراحل تطور النظم الخلوية المتعاقبة لتقديم خدمات نقل البيانات.

3- تحدد ما يتطلبه نظام خدمة الإرسال الراديوي الرزمي من تعديلات على نظام الجيل الثاني.

4- تشرح طريقة النفاذ المتعدد في نظام الجيل الثالث

5- تتعرف على الخصائص المفتاحية لنظامي الجيلين الثالث والرابع

1- تقانات التبديل

تستخدم النظم الهاتفية تقانتين مختلفتين للتبديل "Switching" هما تبديل الدارات "Circuit Switching" (CS) وتبديل الرزم "Packet Switching" (PS). يتجلّى اختلاف التقانتين CS وPS في عدة أمور أهمها أنه في النطاق CS يتم حجز موارد الاتصال بشكل ثابت طيلة فترة الاتصال. بينما في النطاق PS يتم حجز موارد الاتصال عند الحاجة وتحريرها ومعاودة حجزها كلما أراد طرف الإرسال إرسال حزمة من البيانات وهذا ما يسمى بالحجز الديناميكي.

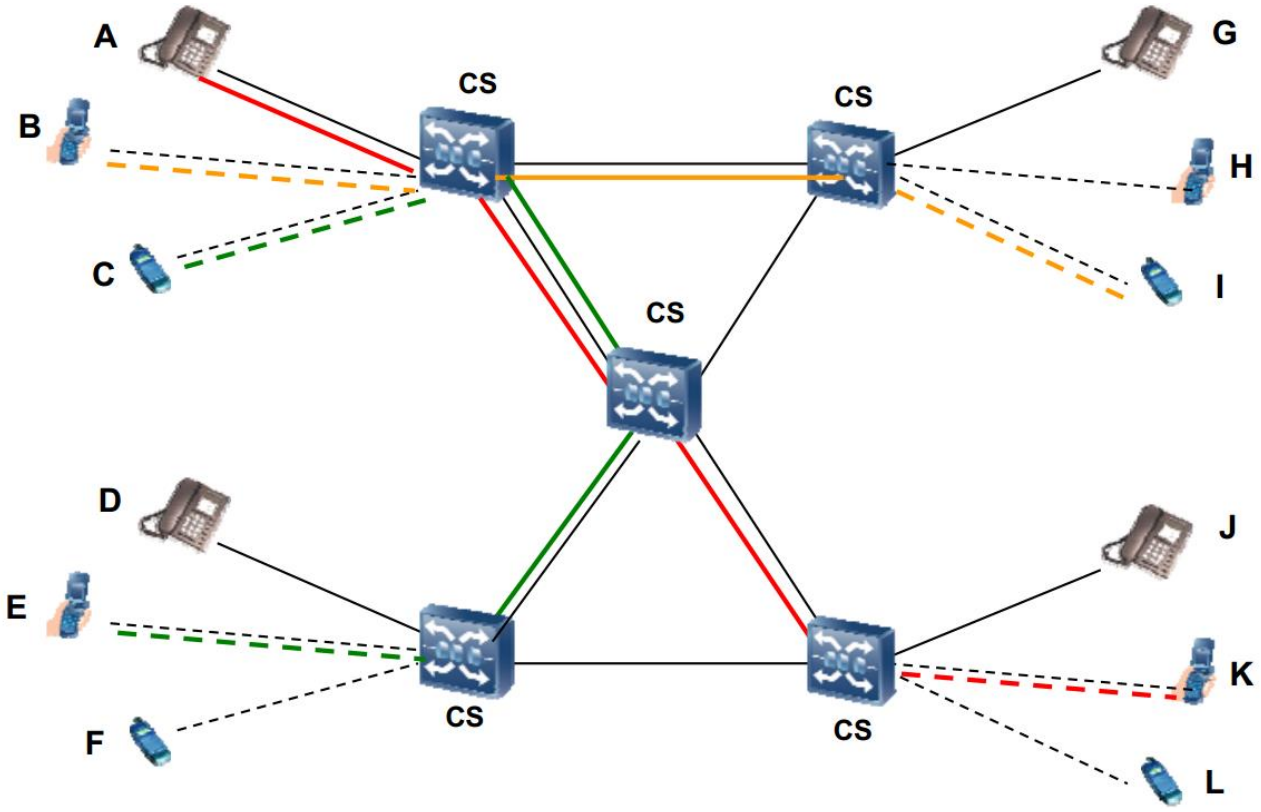
يؤدي تبديل الدارات CS إلى هدر في موارد الاتصال حيث أنها تظل محجوزة من قبل محطة نقالة واحدة فقط بينما في التبديل بالرزم PS يمكن التناوب على استخدام موارد الاتصال نفسها من قبل عدة محطات نقالة. من جهة أخرى عند استخدام التبديل بالرزم يمكن حدوث تكدس البيانات على الخرج لأن موارد الاتصال غير متاحة لنفس المستخدم بشكل دائم مما قد يتسبب بضياع بعض الرزم المرسلة.

كما يختلف تبديل الدارات والتبديل بالرزم عادةً في معيار الفوترة ففي النطاق CS تتعلق الفوترة بزمن حجز الموارد بغض النظر عن كمية البيانات المرسلة بينما تتعلق الفوترة في النطاق PS بعدد الرزم المنقولة. يلخص الجدول 7 - 1 الفروقات بين تقانتي تبديل الدارات وتبديل الرزم.

	تبديل الدارات CS	تبديل الرزم PS
حجز الموارد	ثابت1	ديناميكي
كل الرزم تتبع نفس المسار	نعم	لا
هدر في موارد الاتصال	نعم	لا
مبدأ النقل	أرسل فوراً	خزّن ثم أرسل
إمكانية حدوث الازدحام	عند تأسيس الاتصال	عند كل حزمة
معيار الفوترة	مدة الاتصال	حجم البيانات
نوعية الخدمات	حساسة للتأخير (كالمكالمات)	حساسة للخطأ (كالبريد الإلكتروني)

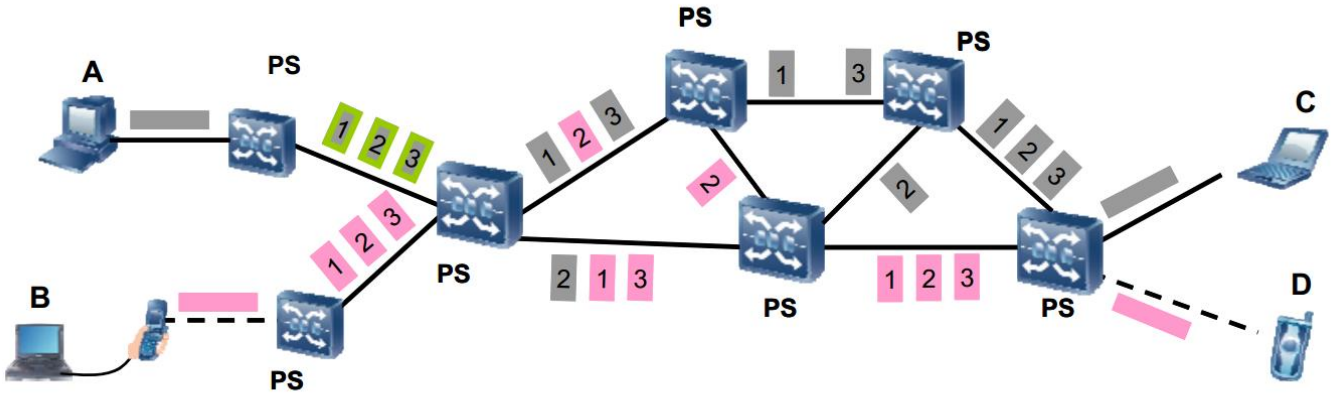
الجدول 7 – 1 – مقارنة بين تقانة تبديل الدارات وتقانة تبديل الرزم

Circuit Switching



الشكل 7- 1- الاتصال بتبديل الدارات

Packet Switching

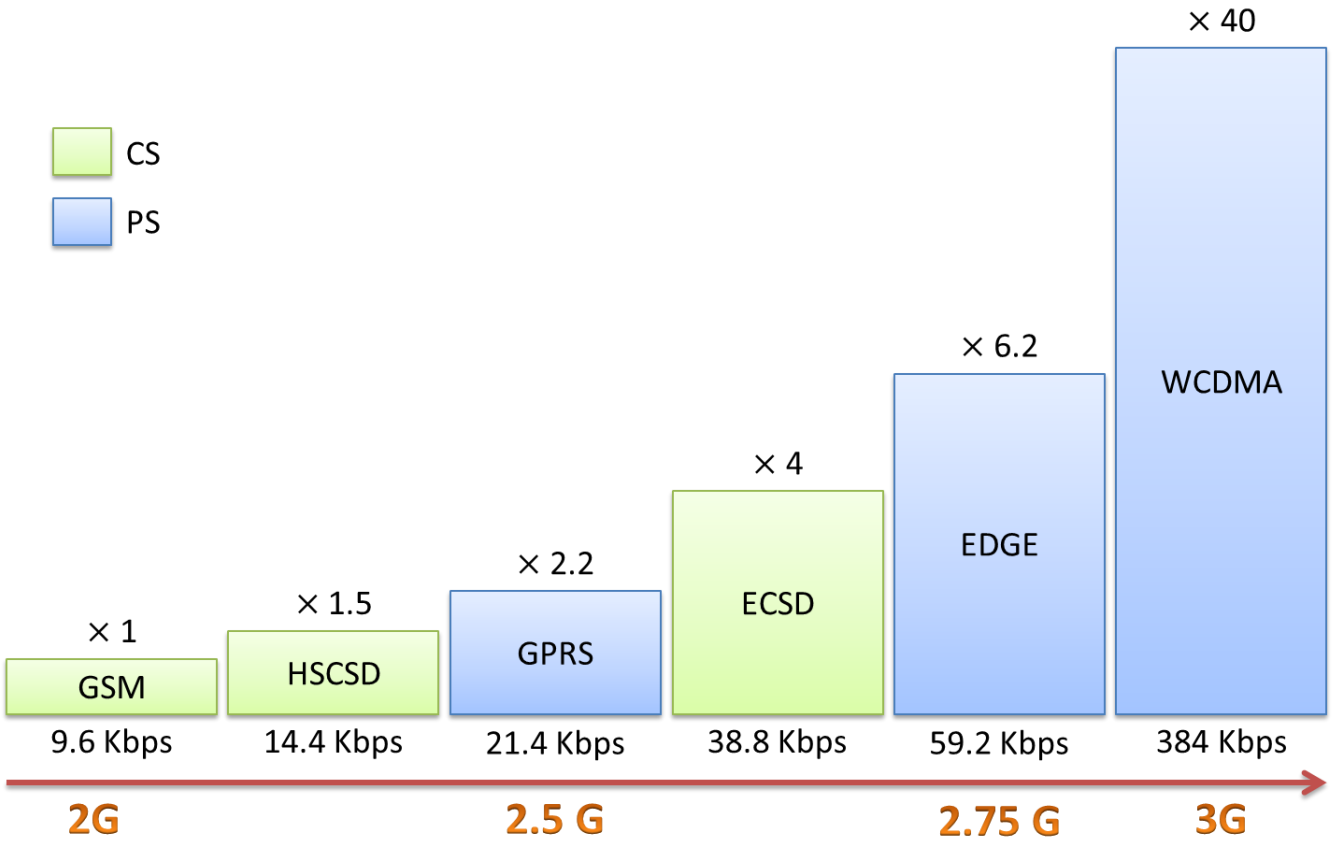


الشكل 7 – 2 الاتصال بتبديل الرزم

2- مراحل تطور نظام الجيل الثاني إلى نظام الجيل الثالث

ترافق النجاح الكبير الذي حققه النظام GSM مع الانتشار الواسع لشبكة الإنترنت، ما جعل من توظيف الشبكة الخلوية للوصول إلى شبكة الإنترنت فكرة جذّابة تتوج هذين النجاحين بإتاحة الوصول لأي مكان في العالم من أي مكان في العالم. خلقت هذه الفكرة تحديات جديدة في نظم الاتصال الخلوي أهمها زيادة معدل النقل وتخفيض التأخير.

يقدم النظام GSM خدمة نقل البيانات بمعدل نقل 9.6kbps باستخدام تبديل الدارات CS مما يسمح بتقديم خدمة الرسائل القصيرة SMS. إلا أن النظام GSM يعجز عن تقديم الخدمات التي تتطلب معدلات نقل أعلى كالتصفح وردشات الإنترنت وتبادل الملفات مما دفع إلى تطوير نظم خلوية تواكب النهم المتزايد على معدلات النقل بشكل متسارع. يوضح الشكل 7- 3 هذا التطور ونسبة الزيادة في معدل نقل البيانات بدءاً من النظام GSM وتطبيقاته HSCSD, GPRS, ECSD, EDGE وانتهاءً بنظام الجيل الثالث WCDMA.



الشكل 7- 3 – مراحل تطور نظام الجيل الثاني إلى نظام الجيل الثالث

1.2- تطبيق إرسال البيانات بتقانة تبديل الدارات عالية السرعة HSCSD

يعتبر تطبيق إرسال البيانات بتقانة تبديل الدارات عالية السرعة "High Speed Circuit Switched Data" الخطوة الأولى في تحديث وتطوير النظام الخلوي للوصول إلى معدلات نقل أعلى مما هي عليه في النظام GSM باستخدام تبديل الدارات CS. تعتمد هذه التقانة على تخصيص عدة قنوات معلومات TCH لمستخدم واحد تصل إلى أربع قنوات مما يسمح بمعدلات نقل تصل إلى 57.6kbps للمستخدم الواحد.

مزايا التطبيق HSCSD:

- لا حاجة لإضافة أو تغيير معدات في الشبكة وإنما تتطلب فقط تطوير برمجيات خاصة بنقل البيانات.
- معدلات نقل أكبر مقارنة بالنظام GSM.

مساوئ التطبيق HSCSD:

- الوحدات المتحركة لاتدعم هذه التقانة لذلك اقتصر استخدامها على الحواسيب المحمولة بربطها بوحدة بيانات Data Unit.
- الحاجة إلى حجز قنوات المعلومات طيلة فترة الاتصال وغالباً ما تبقى هذه القنوات مشغولة بدون استخدام أثناء تصفح الإنترنت مما يسبب هدر في الموارد.
- تكلفة عالية حيث تتناسب التكلفة مع فترة حجز القنوات وكذلك لا يمكن لأي مشترك آخر أن يستخدم هذه القنوات أثناء حجزها حتى ولو لم تكن مشغولة بنقل البيانات.

2.2- تطبيق الإرسال الراديوي الرزمي GPRS

تطبيق الإرسال الراديوي الرزمي "General Packet Radio Service" واختصاراً GPRS هو أول تطبيق يتيحه نظام خلوي لنقل البيانات Data-Communication بتقانة تبديل الرزم PS بالاعتماد على شبكة النظام GSM. يقدم التطبيق GPRS معدل نقل قدره 21.4Kbps باستخدام حصة زمنية واحدة وحامل ترددي بعرض حزمة 200KHz أما معدل النقل الأعظمي الذي يقدمه الحامل فهو ثمانية أضعاف هذا المقدار أي 171.2kbps. يعد التطبيق GPRS توسعة لخدمات شبكة الجيل الثاني من النظم الخلوية حيث يتيح للمشتركين إمكانية الوصول إلى الإنترنت وغيرها من شبكات تبادل المعطيات الخارجية باستخدام وحدات متحركة تعتمد تبديل الرزم PS. يحقق ذلك استثمار شبكة الجيل الثاني GSM الموجودة بشكل أفضل وبتكلفة منخفضة وربح سريع ما يجعلها جذّابة بالنسبة للعديد من مشغلي الشبكة GSM.

ميزات الGPRS:

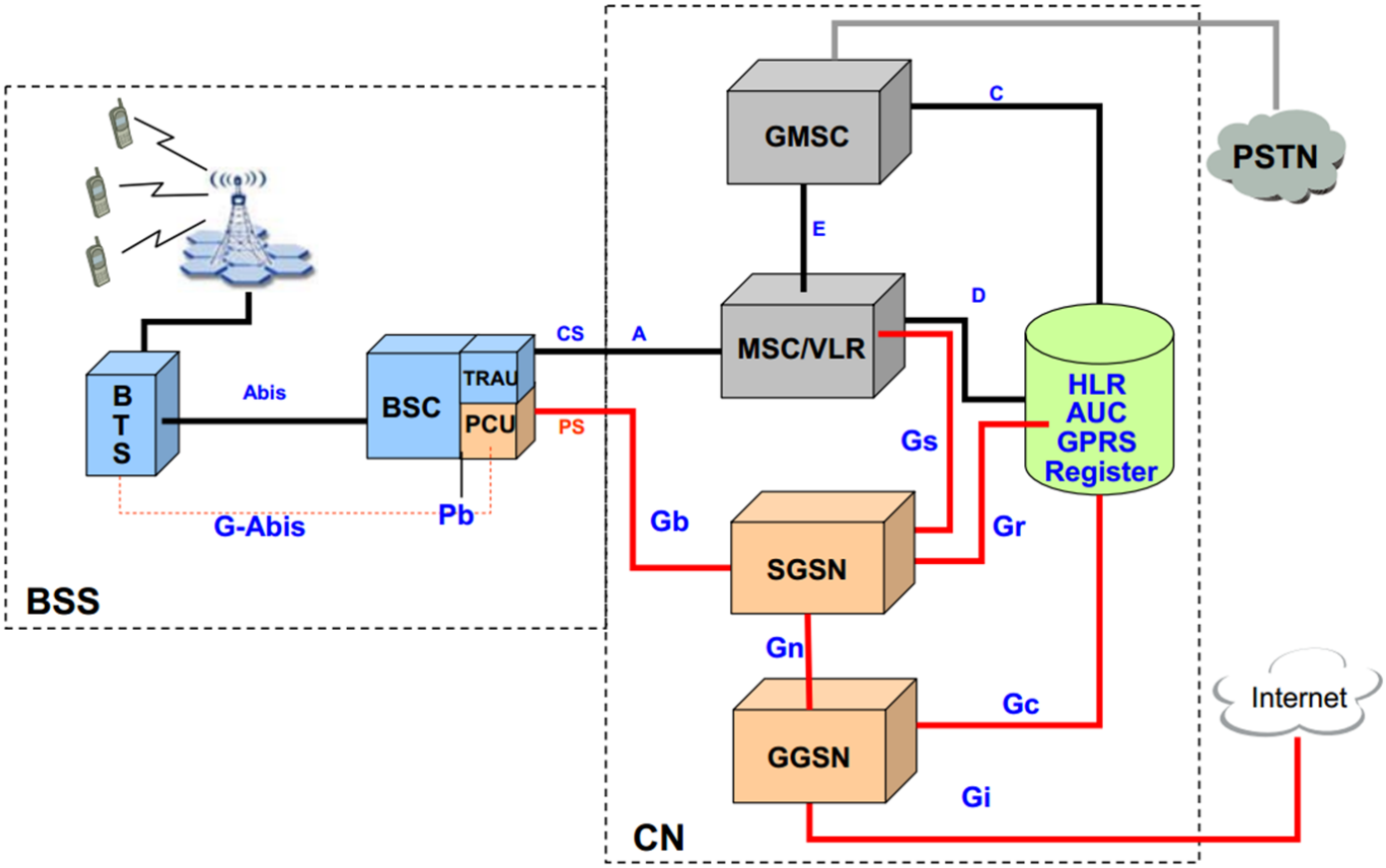
1- تشارك الموارد مع نظام الجيل الثاني GSM
2- استغلال الموارد بشكل أفضل مقارنة بالـ HSCSD وهذا بفضل تبديل الرزم PS
3- معدلات نقل أعلى بأكثر من ضعف معدلات النقل في النظام GSM
4- تكلفة أقل مقارنة بالHSCSD

مساوئ الGPRS:

1- معدل النقل أبطأ بكثير من معدلات النقل في النظم السلكية

البنية الفيزيائية للتطبيق GPRS:

لا يسبب التطبيق GPRS تغييراً كبيراً في شبكة الجيل الثاني GSM فهو يحتاج فقط إلى إضافة ثلاثة عناصر على التوازي إلى الشبكة الخلوية كما هو مبين في الشكل 7- 4 وهي:



الشكل 7- 4 – بنية نظام الجيل الثاني الذي يدعم خدمة الإرسال الراديوي الرزمي

1– وحدة التحكم بالرزم Packet Control Unit (PCU):

وهي وحدة تحكم ضمن شبكة النفاذ الراديوية مسؤولة عن إدارة الموارد الراديوية المخصصة للتطبيق GPRS وتتصل مع المحطة الثابتة عبر الواجهة البينية G-Abis Interface كما تتصل مع الشبكة النواة عبر الواجهة البينية PS.

2– الموجّه المخدّم Serving GPRS Support Node(SGSN):

وهو عبارة عن موجه رزم Packet Router يقوم بالمهام التالية:

- تجميع الرزم الواردة من المشتركين عبر شبكة النفاذ الراديوي وتوجيهها إلى الموجه المبوّب GGSN.
- استقبال المعطيات الواردة من الموجّه المبوّب وتوجيهها نحو المشترك الصحيح.
- إدارة الجلسة Session Management والتنسيق بين الاتصالات الرزمية المختلفة للمشترك، فقد يرغب المشترك باستخدام عدة تطبيقات في نفس الوقت.
- التحقق والتشفير وجمع معلومات الفوترة كحجم المعطيات التي تم تبادلها مع المشترك.
- إدارة التنقل (تحديث الموقع).

3– الموجه المبوّب (Gateway GPRS Support Node (GGSN:

وهو عبارة عن موجه رزم من وإلى الموجهات المخدمة SGSN وشبكات رزم البيانات الخارجية يقوم بـ:

- استقبال رزم البيانات من الموجّه المخدم وتوجيهها إلى الموجّه المخدم المناسب أو شبكة تبادل المعطيات الخارجية المناسبة.
- استقبال رزم البيانات من شبكة تبادل المعطيات وتوجيهها نحو الموجّه المخدّم المناسب.
- تأمين واجهة الاتصال بين التطبيق GPRS والشبكات الخارجية.
- تخصيص العناوين IP للمشتركين (بسبب محدودية العناوين IP يخصص لكل مشترك عنوان IP مؤقت)
- جمع معلومات الفوترة

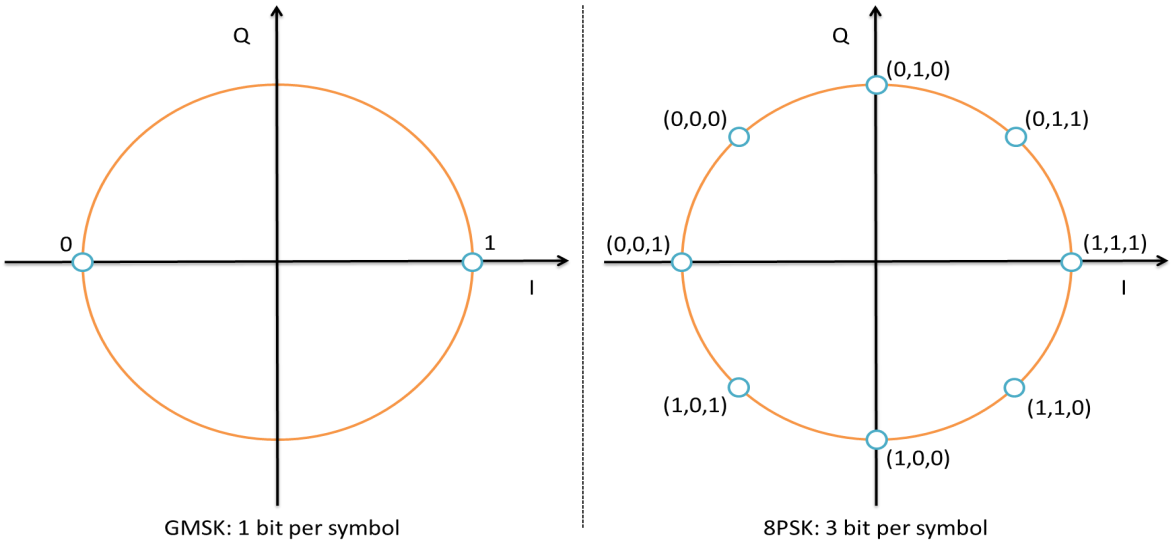
3.2- تطبيق نقل البيانات بتبديل الدارات المحسن ECSD

تطبيق نقل البيانات بتبديل الدارات المحسن "Enhanced Circuit Switched Data" واختصاراً ECSD هو ثالث تطبيق يعتمد على شبكة الجيل الثاني لنقل البيانات باستخدام تبديل الدارات CS. وفيه تم تطوير التطبيق HSCSD ليدعم نمط تعديل ذو رتبة أعلى وهو 8PSK وترميز القناة المصحح الخطأ متكيف حسب جودة الوصلة الراديوية وهذا يسمح بزيادة معدل النقل إلى 38.8kbps في الحصة الزمنية الواحدة.

4.2- تطبيق معدلات النقل المحسنة لنظام الجيل الثاني EDGE

النظام Enhanced Data rates for GSM Evolution واختصاراً EDGE هو ثاني تطبيق يعتمد على شبكة الجيل الثاني لنقل البيانات بتبديل الرزم PS ويسمى أيضا "التطبيق GPRS المحسن" EGPRS.

إن الفكرة الرئيسية في التطبيق EDGE هو إمكانية زيادة معدل النقل باستخدام نمط تعديل ذور رتبة أعلى مقارنة بنمط التعديل GMSK وهو نمط التعديل 8PSK الموضح في الشكل 7– 5. يتيح استخدام نمط التعديل 8PSK إرسال ثلاثة بتات في شكل موجي واحد بينما لا يحمل الشكل الموجي في نمط التعديل GMSK المستخدم في GPRS سوى بت واحد. يتيح ذلك زيادة معدل النقل في EDGE إلى 59.2kbps ما يعادل ثلاثة أضعاف معدل النقل في GPRS.



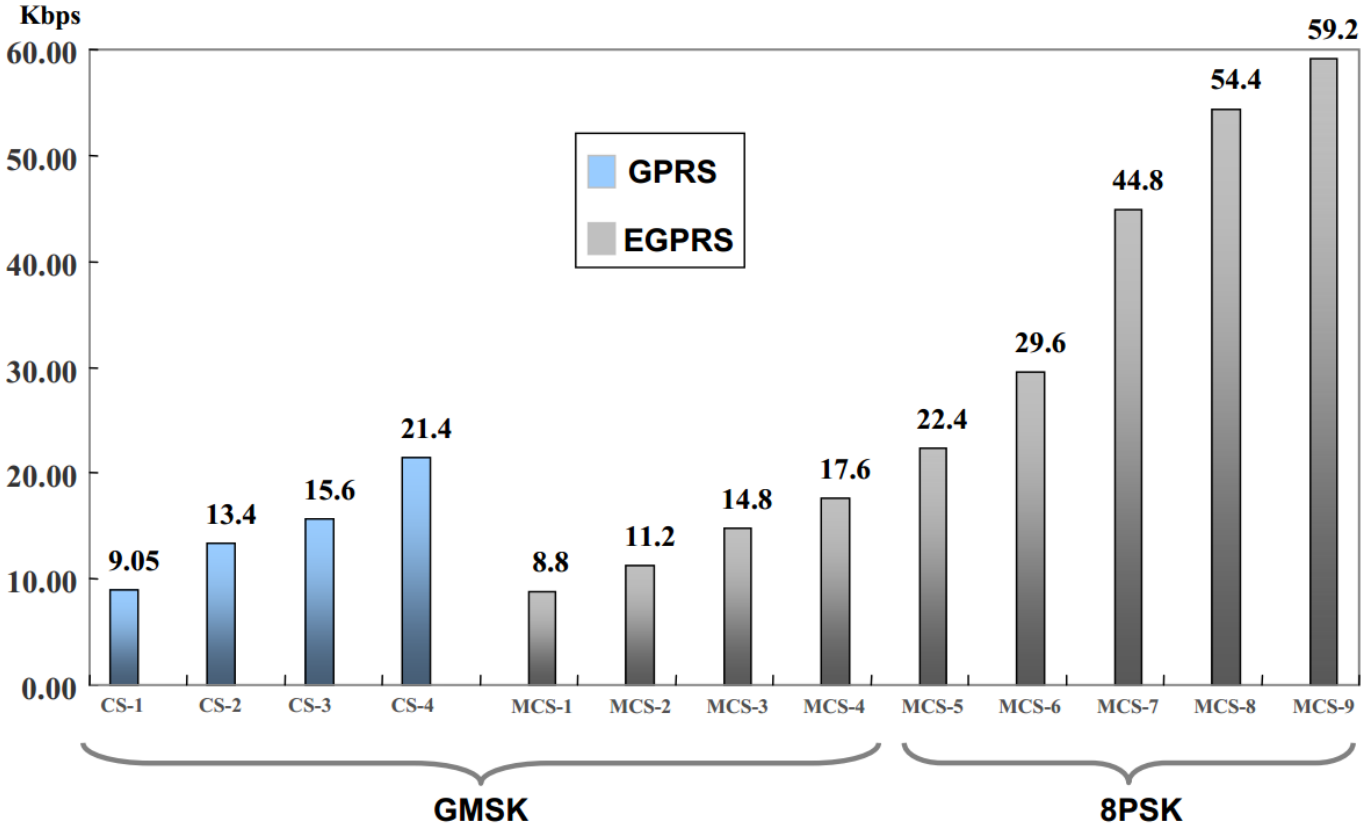
الشكل 7– 5 – نمطي التعديل GMSK و8PSK

مزايا الEDGE:

1- تشارك الموارد مع النظام GSM والتطبيق GPRS

2- لا يحتاج إلى أي تغيير في الشبكة النواة والتغيير فقط على مستوى شبكة النفاذ الراديوي

3- ترميز القناة متكيف بمعدل ترميز Coding Rate يناسب حالة القناة ففي الظروف الجيدة للقناة يتم زيادة معدل الترميز بينما في الظروف السيئة للقناة يتم تخفيض معدل الترميز. ونتيجة لذلك يتراوح معدل النقل في الحصة الزمنية ما بين 8.8kbps في أسوأ ظروف الانتشار اللاسلكي و59.2kbps في أفضلها كما هو مبين في الشكل 7- 6. تحتاج معدلات النقل الأعلى من 17.6kbps إلى نمط التعديل 8PSK بينما يمكن تأمين معدلات النقل الأخفض بنمط التعديل GMSK.



الشكل 7- 6 – معدلات النقل من أجل أنماط التعديل والترميز المختلفة المستخدمة في الـ **GPRS** والـ**EGPRS**

5.2- نظام الجيل الثالث 3G

1.5.2- الخصائص المفتاحية لنظام الجيل الثالث

تعتمد جميع امتدادات الجيل الثاني على شبكة النظام GSM الذي صمم في الأساس لتقديم الخدمات الهاتفية وليس لنقل البيانات. ونظراً لعدم قدرة نظام الجيل الثاني وتطبيقاته على مواكبة الطلب المتزايد على معدلات النقل في الشبكات الخلوية، كان لابد من التفكير بنظام خلوي مختلف يصمم بهدف نقل البيانات بمعدلات نقل عالية. حدد الاتحاد الدولي للاتصالات ITU عام 1985م المواصفات العامة لهذا النظام تحت مسمى نظام الاتصالات المتنقل 2000 واختصاراً IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000)، وبشكل عام يهدف الجيل الثالث إلى:

1- استخدام حزمة ترددية موحدة

2- تحقيق فعالية طيفية عالية

3- تقديم الخدمة بجودة عالية وأمان تام ووثوقية كبيرة

4- الانتقال السلس من الجيل الثاني إلى الجيل الثالث والتوافق بين النظامين

5- تقديم خدمات الوسائط المتعددة بمعدلات نقل: 144Kbps للمحطة النقالة المتحركة بسرعة المركبات و384Kbps للمحطات النقالة المتحركة بسرعة المشاة و2Mbps للمحطة النقالة الثابتة.

أخذت منظمة 3GPP على عاتقها تحقيق مواصفات النظام IMT-2000 بنظام موحد هو النظام UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) أو WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) وأهم مميزاته:

- يعتمد النفاذ المتعدد بتمييز الرماز CDMA (Code Division Multiple Access).
- الحزمة الترددية المشغلة 1920-1980MHz للمسار الصاعد و 2110-2170MHz للمسار الهابط.
- عرض حزمة القناة 5MHz ويتم إعادة استخدامها بالكامل في كل خلية حيث نسبة الطيف المعاد استخدامه في الخلية هو 100% من كامل الحزمة.
- يعتمد الازدواجية الترددية FDD (كما قامت الصين بتطويره ليدعم الازدواجية الزمنية TDD).
- متوافق مع نظام الجيل الثاني فهو يقدم خدمات الجيل الثاني ببنية جديدة للشبكة متوافقة مع شبكات الجيل الثاني الموجودة مسبقاً ولا تؤثر على أدائها.
- تقلل التأخير إلى حوالي 10ms مما سمح بتقديم خدمات تعمل بالزمن الحقيقي كالمكالمات الفيديوية.
- نمط التعديل QPSK على المسارين الصاعد والهابط.
- يدعم نوع جديد من التسليم وهو التسليم الليّن Soft HO بالإضافة إلى التسليم التقليدي الذي يسمى التسليم القاسي Hard HO. على عكس التسليم القاسي، لا يشترط التسليم اللين على الوحدة المتحركة التخلي عن جميع الوصلات الراديوية التي تستخدمها قبل الانضمام إلى الوصلة الجديدة. حيث يمكن في نظام الجيل الثالث تخديم الوحدة المتحركة بعدة خلايا في نفس الوقت يمكن أن يصل عددها إلى ثلاث خلايا.

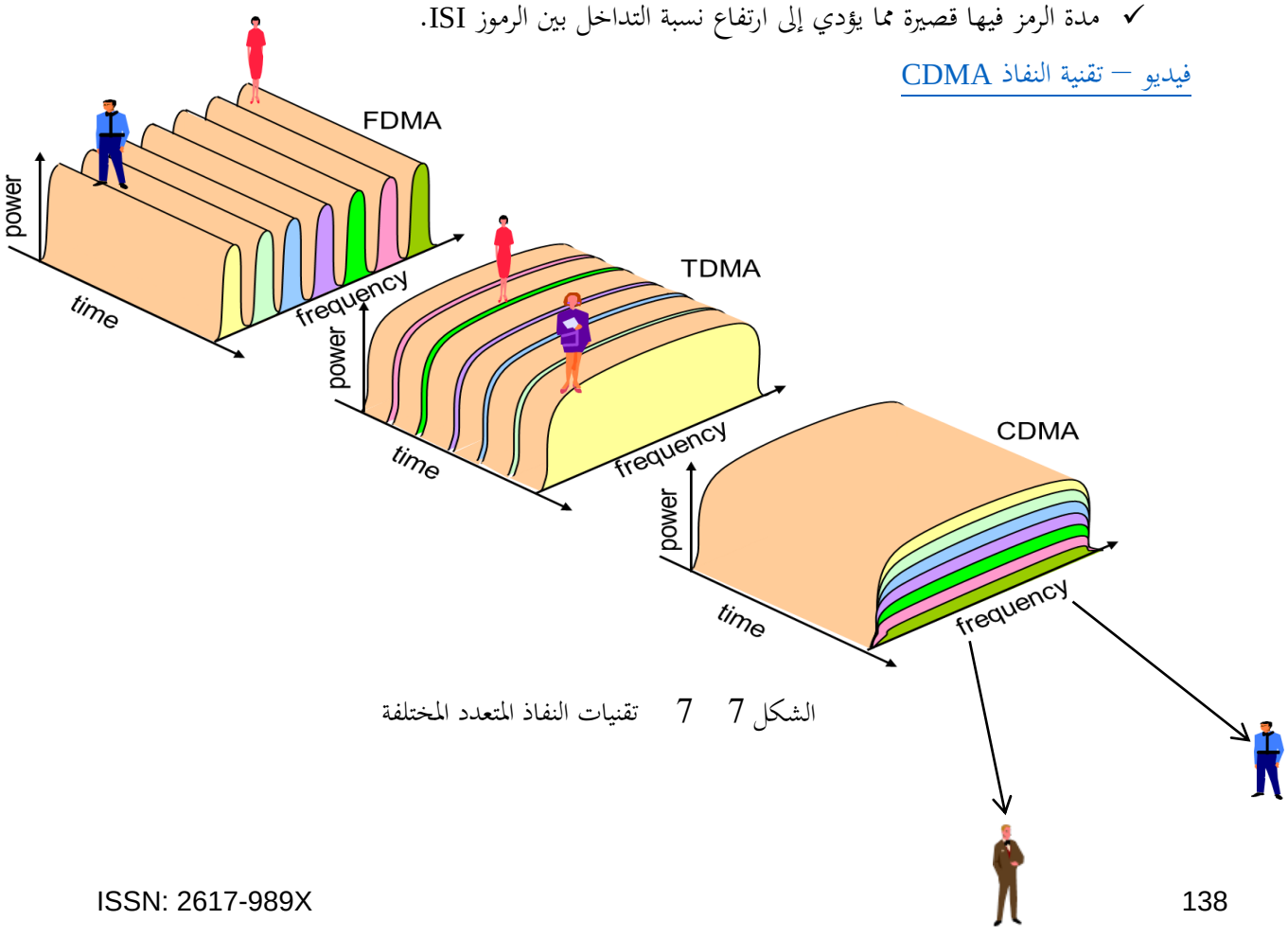
2.5.2- النفاذ المتعدد بتمييز الرماز CDMA

تستعمل تقنية النفاذ CDMA نثر الطيف بالسلسلة المباشرة DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). ولاستخراج المعطيات من إشارة الطيف المنثور يلزم معرفة رماز النثر الصحيح ويتم رفض جميع المعطيات من المصادر التي تستخدم رمازات متعامدة أخرى. حيث يتم ضرب المعطيات الخاصة بكل مشترك قبل إرسالها برماز code خاص به يميزه عن بقية المستخدمين ضمن الخلية كما في الشكل 7- 7. ويتطلب ذلك معرفة الترميز في طرف الاستقبال.

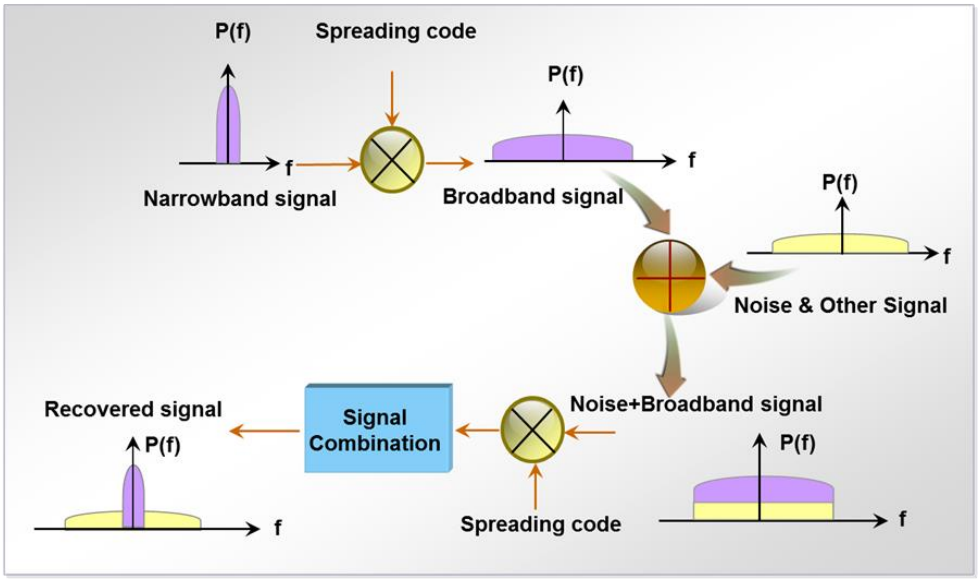
تشبه تقنية النفاذ CDMA غرفة مليئة بأشخاص جميعهم يتحدثون بلغات مختلفة، على الرغم من الضجيج المرتفع في الغرفة فإنه من الممكن فهم الشخص الذي يتكلم بلغتك. فبوجود عدة إشارات مرسلة من عدة مشتركين على المسار الصاعد، يمكن للمحطة الثابتة استقبال الإشارة الواردة من مشترك معين بشكل ناجح بفضل تقنية النفاذ CDMA وفق الآلية المبينة في الشكل 7- 8. حيث تخصص المحطة الثابتة رمازات مختلفة للمشتركين ويتم في طرف الإرسال ضرب المعطيات الخاصة بكل مشترك قبل إرسالها برماز خاص به يميزه عن بقية المستخدمين ضمن الخلية. أما في طرف الاستقبال فيتم استخراج الإشارة الخاصة بالمشترك باستخدام الرماز الخاص به تتم هذه العملية في كل من المسارين الصاعد والهابط كما هو موضح في الشكل 7- 9 والشكل 7- 10 (شاهد الفيديو المرفق). وبهذه الطريقة يمكن لعدة مستخدمين التشارك في استعمال القناة العريضة الحزمة في نفس الوقت. ومن أهم خصائص تقنية النفاذ CDMA:

- ✓ بخلاف تقنية النفاذ FDMA وتقنية النفاذ TDMA يعتبر عدد المستخدمين في تقنية النفاذ CDMA غير محدود نظرياً. إلا أن أداء الخلية فيها من حيث التغطية والسعة ينخفض مع زيادة عدد المشتركين.
- ✓ مدة الرمز فيها قصيرة مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة التداخل بين الرموز ISI.

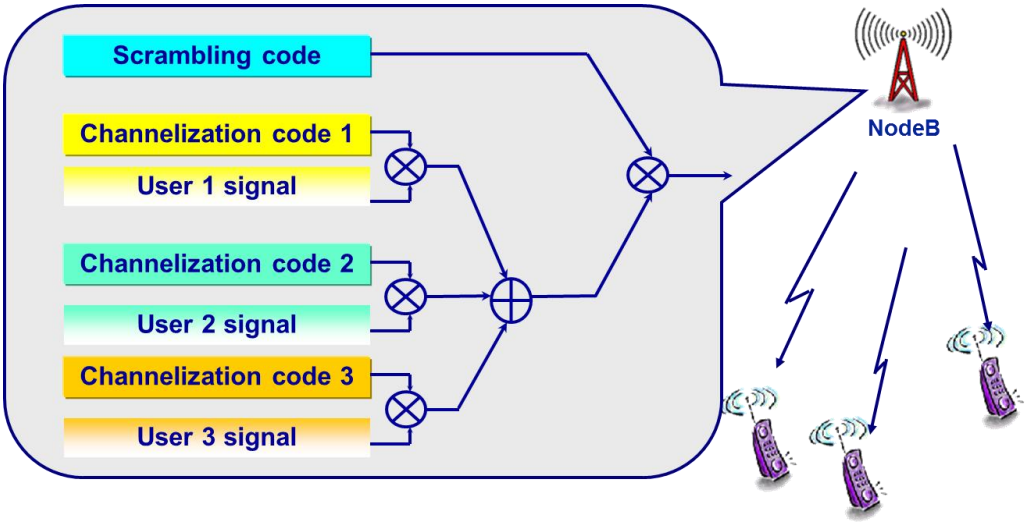
فيديو – تقنية النفاذ CDMA



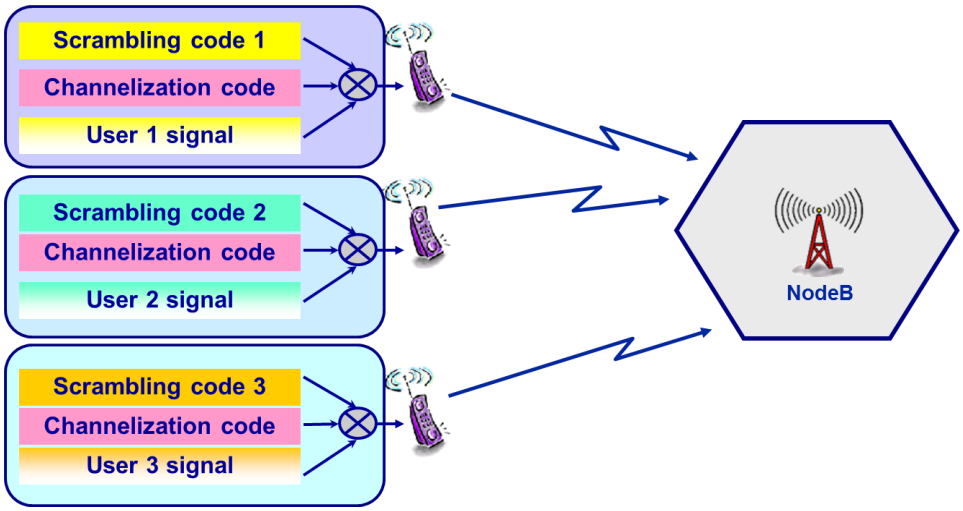
الشكل 7 7 تقنيات النفاذ المتعدد المختلفة



الشكل 7- 10 - النشر وفك النشر وتأثيره على طيف الإشارة



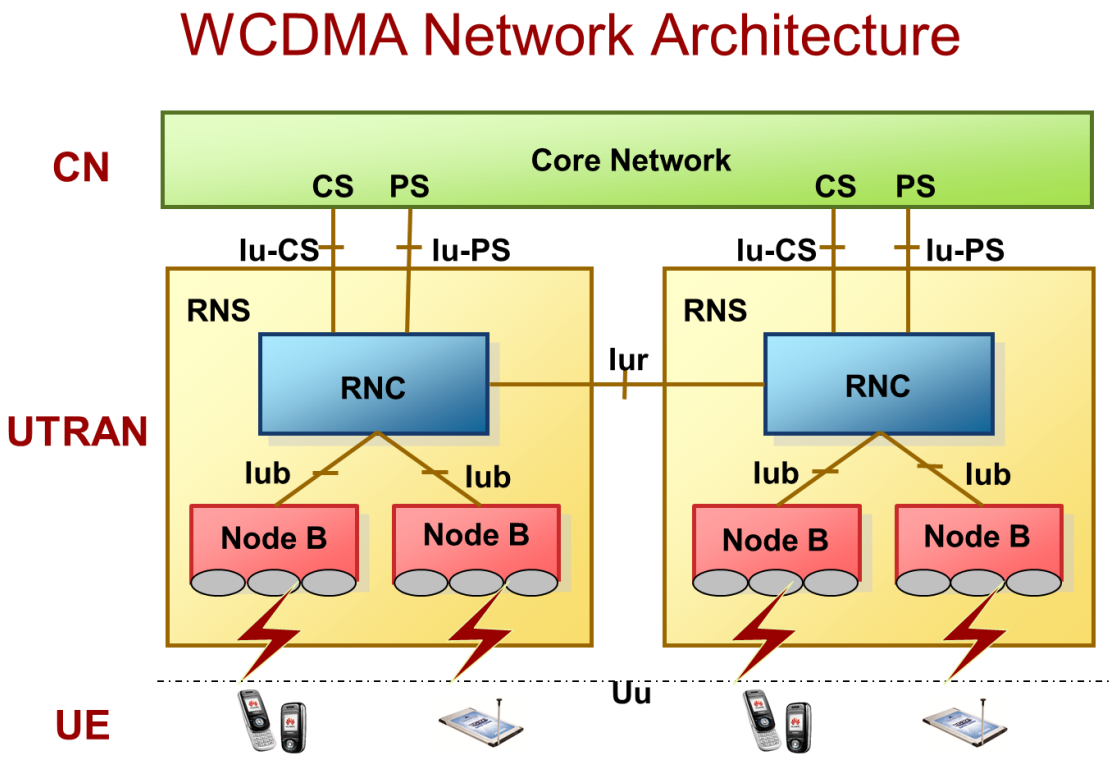
الشكل 7- 10 – الإرسال بتقنية النفاذ CDMA في المسار الهابط على مستوى الخلية



الشكل 7- 10 – الإرسال بتقنية النفاذ CDMA في المسار الصاعد على مستوى الخلية

3.5.2- بنية نظام الجيل الثالث

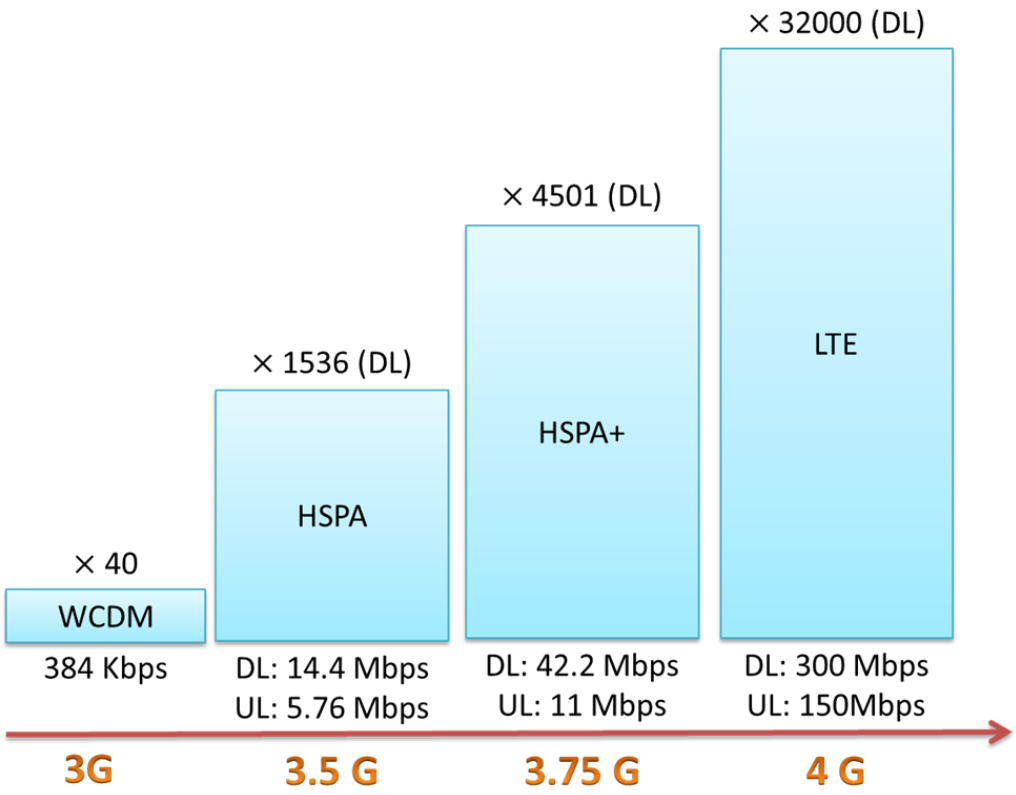
يبين الشكل 7- 11 البنية الفيزيائية لنظام الجيل الثالث WCDMA، وتتألف من الوحدة المتحركة أو جهاز المستخدم UE، المحطة الثابتة NodeB، المتحكم الراديوي RNC، والشبكة النواة CN.



الشكل 7- 11- بنية نظام الجيل الثالث

3- مراحل تطور نظام الجيل الثالث إلى نظام الجيل الرابع

يبين الشكل 7- 12 مراحل تطور نظام الجيل الثالث بدءاً من النظام WCDMA وتطبيقاته HSPA (High Speed Packet Access) و HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) ومن ثم إلى نظام الجيل الرابع المسمى بنظام التطور طويل الأمد LTE (Long Term Evolution).



الشكل 7- 12- مراحل تطور نظام الجيل الثالث إلى نظام الجيل الرابع

1.3- تطبيق النفاذ الرزمي عالي السرعة HSPA

- يدعم أنماط التعديل QPSK، 16QAM على المسار الهابط مع دعم نمط تعديل وترميز متكيف AMC، أما في المسار الصاعد فيدعم نمط التعديل Dual-BPSK فقط.
- يمنح المشترك على المسار الهابط مجموعة من الرمازات Codes تشكل مايسمى القناة السريعة لنقل المعطيات على المسار الهابط، حيث يمكن أن يصل عدد هذه الرمازات إلى 15Codes وهذا يكافئ 15 قناة من قنوات نقل المعطيات في النظام WCDMA.
- أما على المسار الصاعد فيخصص للمشترك 4 رمازات تشكل قناة نقل المعطيات المحسنة EDCH.
- إمكانية تخفيض التأخير من 10ms إلى 2ms وذلك بفضل خوارزمية الجدولة السريعة لإسناد قناة نقل المعطيات كل 2ms لأفضل مستخدم من حيث ظروف القناة الراديوية.
- يدعم طلب إعادة الإرسال الهجينة HARQ والتي تسمح للمستقبل بالحصول على كتلة المعطيات الصحيحة بالاعتماد على معالجة كتلتي معطيات غير صحيحتين أو أكثر.
- معدل النقل الأعظمي هو 14.4Mbps على المسار الهابط و5.7Mbps على المسار الصاعد.

2.3- تطبيق النفاذ الرزمي عالي السرعة المطور HSPA+

يتميز التطبيق HSPA+ بتطويرات على التطبيق HSPA أهمها:

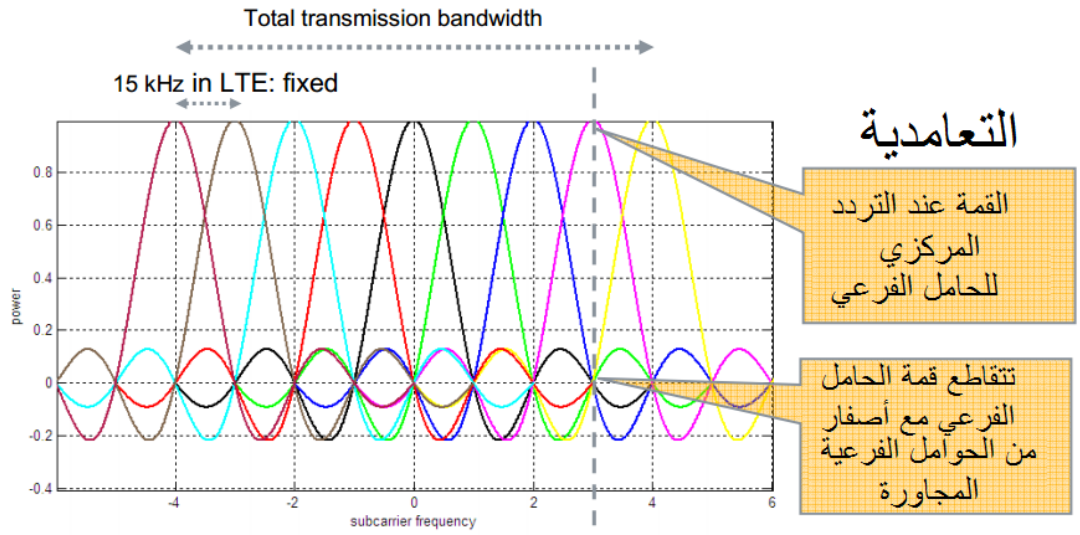
- يدعم نمط التعديل 64QAM على المسار الهابط بالإضافة إلى النمطين 16QAM وQPSK، مما يزيد معدل النقل الأعظمي على المسار الهابط إلى 21Mbps.
- تدعم نمط التعديل 16QAM على المسار الصاعد بالإضافة إلى النمط QPSK مما يزيد معدل النقل الأعظمي على المسار الصاعد إلى 11.5Mbps.
- دعم الحوامل المتعددة Multiple Carrier كالحامل المزدوج Dual Carrier أي تجميع حاملين ترددين مختلفين كل منهما بعرض 5MHz لتشكيل خلية مركبة من خليتين جزئيتين. تضاعف الحوامل المتعدد معدل النقل بعدد الحوامل المستخدمة، فمثلاً باستخدام الحامل المزدوج DC ونمط التعديل 64QAM على المسار الهابط يتضاعف معدل النقل في الخلية المزدوجة إلى 42Mbps، أما باستخدام DC+16QAM على المسار الصاعد فيصل معدل النقل الأعظمي إلى 23Mbps.
- دعم تقانة التضميم المكاني Spatial Multiplexing 2x2 في تعدد الهوائيات على المسار الهابط، والتي تؤدي إلى زيادة معدل النقل الأعظمي على المسار الهابط إلى 28Mbps وذلك باستخدام نمط التعديل 16QAM أما باستخدام MIMO+64QAM فيصل معدل النقل الأعظمي إلى 42Mbps.

3.3- نظام الجيل الرابع LTE

يلعب نظام الجيل الرابع LTE دوراً هاماً في مواكبة النهم المتزايد على معدلات النقل في النظم الخلوية الحالية. حيث أن الانتشار الواسع للإنترنت والتطور المتسارع لأجهزة الهاتف النقال كما ونوعا، جعل الشبكات الخلوية في يومنا هذا تقوم بوظيفة نقل البيانات أكثر بكثير من القيام بوظيفتها الرئيسية في نقل الصوت. تبين الإحصائيات التزايد المستمر لكمية البيانات المتبادلة على الشبكات الخلوية في العالم حتى أصبحت تشكل 91% من كمية المعلومات المتبادلة على الشبكات الخلوية في نهاية العام 2013 بينما وصلت كمية المعلومات المتبادلة الناتجة عن المكالمات الصوتية الخلوية حد الإشباع في معظم الشبكات الخلوية ولم تعد تشكل سوى 9% من كمية المعلومات المتبادلة الكلية وذلك وفقاً لما جاء في تقرير إيريكسون الصادر في فبراير 2014.

1.3.3- الخصائص المفتاحية في نظام الجيل الرابع LTE

1- يستخدم النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي المتعامد OFDMA في المسار الهابط كما في الشكل 7- 13.



الشكل 7- 13- النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي المتعامد

2- يستخدم تقنية النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي وحيد الحامل SC-FDMA في المسار الصاعد.

3- التخلي تماماً عن النطاق CS واستبداله بالنطاق PS.

4- معدل النقل الأعظمي على المسار الهابط 300Mbps أما على المسار الصاعد فيصل إلى 75Mbps.

5- تقليل التأخير إلى 1ms مما يتيح إمكانية إضافة خدمات جديدة تعمل بالزمن الحقيقي.

6- إتاحة مرونة في اختيار عرض الحزمة الترددية بما يناسب حاجة وإمكانيات مشغل الشبكة. حيث يمكن للمشغل استثمار عرض حزمة {1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz} لتشغيل شبكة الجيل الرابع.

7- يدعم التنسيق بين الخلايا لتخفيض التداخل Inter Cell Interference Coordination.

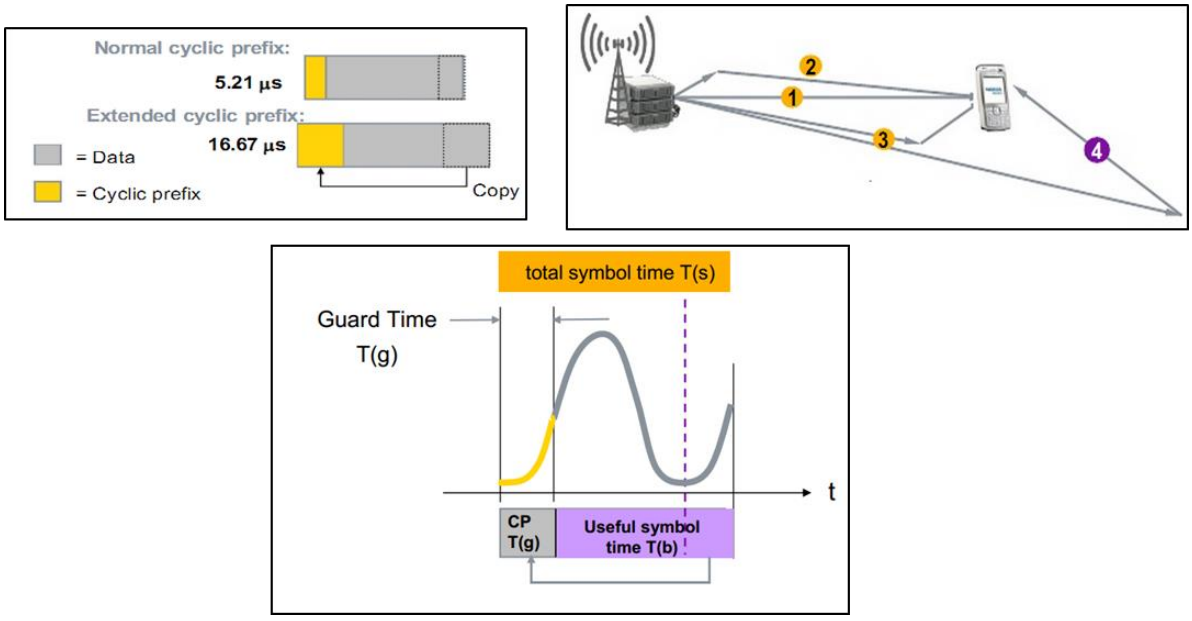
8- إمكانية إعادة استخدام 100% من عرض الحزمة الترددية المستثمر في كل خلية.

9- أنماط التعديل QPSK, 16QAM, 64QAM ودعم نمط التعديل والترميز المتكيف.

10- يدعم الحزم الترددية المستخدمة في شبكات الجيلين الثاني والثالث. بوجود 19 حزمة ترددية FDD و12 حزمة TDD.

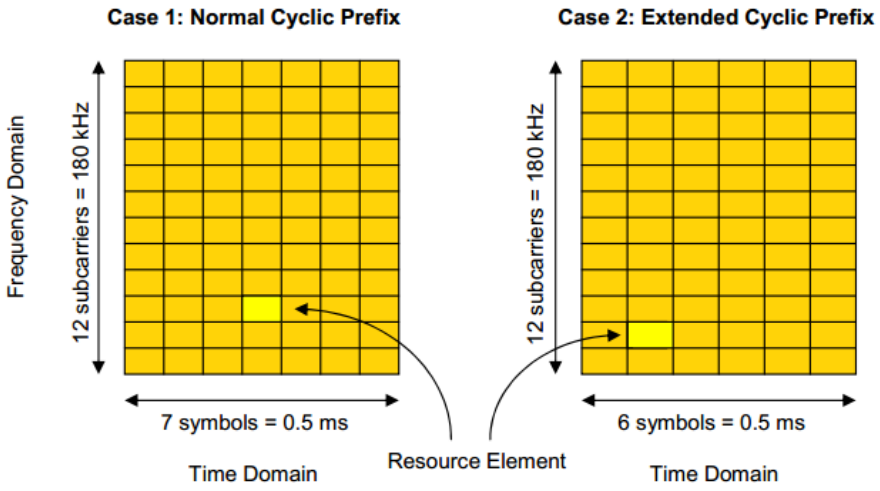
11- تطبيق تقانات جديدة في تعدد الهوائيات كالتنوع المكاني Antenna Diversity لتخفيض الخفوت والتضميم المكاني Spatial Multiplexing لزيادة معدل النقل وتشكيل حزمة الإشعاع Beamforming لتوجيه الإشارة نحو طرف الاستقبال.

12- زيادة طول الرمز المرسل مما يقلل من أثر التداخل بين الرموز ISI إذ أن مدة التداخل تكون أقل بكثير من مدة الرمز. بالإضافة إلى ذلك تستخدم فترة حماية بين الرموز لامتصاص أثر المسارات المتعددة ومنع التداخل بين الرموز الناتج عنها. يتم ذلك باستخدام البادئة الدورية Cyclic Prefix وهي نسخة مكررة من الجزء الأخير للرمز يتم إضافتها قبل الرمز كما هو مبين في الشكل 7- 14. تحمي البادئة الدورية المعطيات من التداخل مع الرموز الأخرى حيث تصل النسخ المتأخرة ضمنها كما تفيد في تحسين التزامن.



الشكل 7- 14 – البادئة الدورية في نظام الجيل الرابع

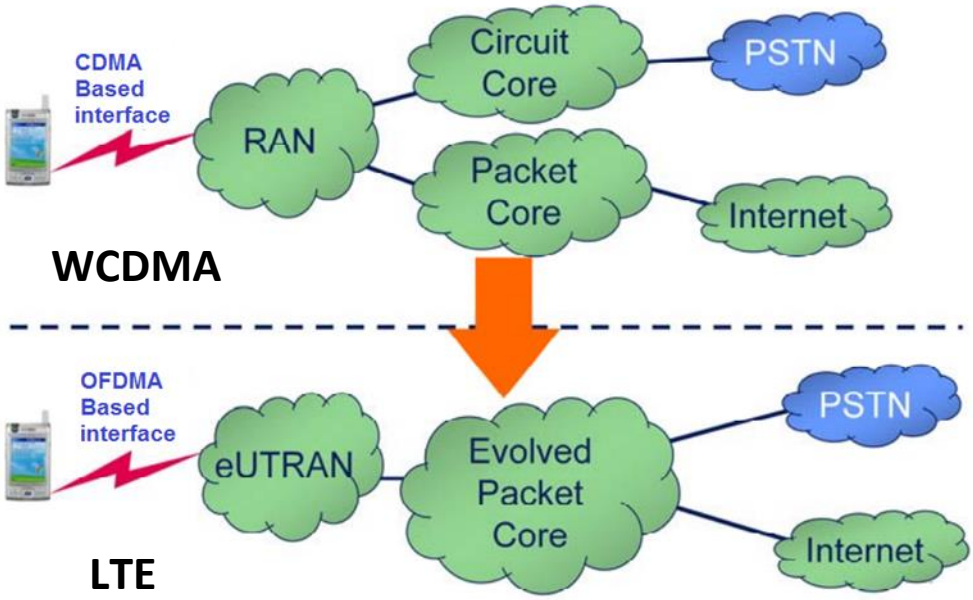
13- مرونة في تخصيص الموارد الراديوية من خلال تقسيمها إلى كتل موارد Resource Blocks، كتلة الموارد هي أصغر جزء من المورد الترددي الزمني يمكن إعطاؤه لمستخدم واحد دفعة واحدة. تتألف كتلة الموارد من 12 حاملاً فرعياً أي تشغل امتداد ترددي عرضه 180KHz. أما في المجال الزمني فتشغل كتلة الموارد 0.5ms مدة حصة زمنية واحدة TS كما في الشكل 7- 15. تقسم الحصة الزمنية إلى سبعة رموز مدة كل منها 66.7µs في حالة البادئة الدورية الطبيعية. نسمى عنصر الموارد RE الجزء من الموارد الترددية الزمنية الذي يشغل في المجال الترددي عرض حامل فرعي واحد ومدة رمز OFDM واحد أي 66.7µs. يحوي كل عنصر موارد على رمز واحد معدّل بـ QPSK أو 16QAM أو 64QAM. وبالتالي هناك 84 عنصر موارد ضمن كتلة الموارد في حالة البادئة الدورية الطبيعية.



الشكل 7 15 كتلة الموارد في نظام الجيل الرابع

2.3.3- بنية نظام الجيل الرابع LTE

تعتمد بنية الجيل الرابع بشكل كلي على البروتوكول IP سواء في الشبكة النواة أو في شبكة النفاذ الراديوي. يبين الشكل 7- 16 شكلاً مبسطاً لبينة LTE. وقد وصفت منظمة 3GPP شبكة الـ LTE بأنها نظام رزم بيانات مطور (Evolved Packet System) EPS يؤمن اتصال IP بين الوحدة المتحركة UE وشبكة رزم بيانات خارجية. ويتألف النظام EPS من نواة رزم البيانات المطورة (Evolved Packet Core) EPC وشبكة الوصول الراديوي المطورة (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access) EUTRAN والتي بدورها تتألف من المحطات الثابتة المطورة eNodeB والوحدات المتحركة UE. يظهر من الشكل التالي أن النظام LTE ذو بنية راديوية مسطحة Flat Architechture حيث لا وجود للمتحكم الراديوي BSC أو RNC كما هو الحال في نظم الجيلين الثاني والثالث، وإنما تحتوي كل محطة ثابتة في الجيل الرابع على متحكم راديوي خاص بها يسمى RRM. وهذا يقلل التأخير ويزيد الفعالية ويخفض التكلفة ويقلل تعقيد المتحكم كما يجنب النظام من مشكلة الفشل الكلي بفشل المتحكم المركزي.



الشكل 7- 16- بنية نظام الجيل الرابع بالمقارنة مع بنية نظام الجيل الثالث

أسئلة:

25 سؤال، أربع علامات لكل سؤال، علامة النجاح 60 من مئة.

1- نقل البيانات بتبديل الرزم:

أ- يتطلب حجز موارد الاتصال طيلة فترة الاتصال

ب-يسبب هدر في موارد الاتصال

ت-يستخدم للخدمات الحساسة للخطأ

ث-يستخدم مدة الاتصال كمعيار للفوترة

2- عند نقل البيانات بتبديل الدارات:

أ- تسلك جميع الرزم نفس المسار ومبدأ النقل "أرسل فوراً"

ب-لا تسلك جميع الرزم نفس المسار ومبدأ النقل "أرسل فوراً"

ت-تسلك جميع الرزم نفس المسار ومبدأ النقل "خزّن ثم أرسل"

ث-لا تسلك جميع الرزم نفس المسار ومبدأ النقل "خزّن ثم أرسل"

3- يتم نقل البيانات بالتبديل بالدارات في:

أ- GSM

ب- HSCSD

ت- EDGE

ث- ECSD

4- بالمقارنة مع النظام GPRS يتيح النظام EDGE معدلات نقل أعلى بحوالي:

أ- مرتين

ب-ثلاث مرات

ت-أربع مرات

ث-ست مرات

5- يصل عدد القنوات التي يمكن تخصيصها للمشترك في النظام HSCSD إلى:

أ- قناتين

ب-ثلاث قنوات

ت-أربع قنوات

ث-ست قنوات

6- أول نظام خلوي يؤمن نقل البيانات بتبديل الرزم هو:

أ- GPRS

ب- GSM

ت- EDGE

ث- WCDMA

7- يعتمد النظام GSM:

أ- تبديل الرزم فقط

ب-تبديل الدارات فقط

ت-كل ما سبق

ث-ليس أياً مماسبق

8- يعتمد النظام WCDMA:

أ- تبديل الرزم فقط

ب-تبديل الدارات فقط

ت-كل ما سبق

ث-ليس أياً مماسبق

9- يعتمد النظام LTE:

أ- تبديل الرزم فقط

ب-تبديل الدارات فقط

ت-كل ما سبق

ث-ليس أياً مماسبق

10- ليست من مزايا نظام خدمة الإرسال الراديوي الرزمي GPRS:

أ- تشارك الموارد مع النظام GSM

ب-استغلال الموارد بشكل أفضل مقارنة بالنظام HSCSD

ت-معدلات نقل أعلى من معدلات النقل في النظام ECSD

ث-تكلفة أقل مقارنة بالنظام HSCSD

11- إدارة الجلسة Session Management في النظام GPRS تتم في:

أ- وحدة التحكم بالرزم PCU

ب-وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC

ت-الموجه المخدّم SGSN

ث-الموجّه المبوب GGSN

12- إدارة الجلسة Session Management في النظام GPRS من وظائف:

أ- وحدة التحكم بالرزم PCU

ب-وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC

ت-الموجه المخدّم SGSN

ث-الموجّه المبوب GGSN

13- إدارة الموارد الراديوية في النظام GPRS من وظائف:

أ- وحدة التحكم بالرزم PCU

ب-وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC

ت-الموجه المخدّم SGSN

ث-الموجّه المبوب GGSN

14- تخصيص العناوين IP في النظام GPRS من وظائف:

أ- وحدة التحكم بالرزم PCU

ب-مركز التبديل MSC

ت-الموجه المخدّم SGSN

ث-الموجّه المبوب GGSN

15- إدارة التنقل Mobility Management في النظام GPRS من وظائف:

أ- وحدة التحكم بالرزم PCU

ب-مركز التبديل MSC

ت-الموجه المخدّم SGSN

ث-الموجّه المبوب GGSN

16- دعم الEDGE في شبكة خلوية تدعم الGPRS:

أ- يتطلب إجراء تعديلات في شبكة النفاذ الراديوي RAN فقط

ب-يتطلب إجراء تعديلات في الشبكة النواة فقط

ت-يتطلب إجرء تعديلات في شبكة النفاذ الراديوي والشبكة النواة.

ث-لا يتطلب أي تعديلات في الشبكة

17- نمط التعديل المستخدم في WCDMA:

أ- QPSK

ب- 8PSK

ت- 16QAM

ث- 64QAM

18- يتميز النظام EDGE عن النظام GPRS:

أ- دعم الخلايا المركبة من حوامل المتعددة Multi Carrier

ب-تطوير تقنيات النفاذ المتعدد Multiple Access

ت-تطوير نمط التعديل

ث-تطوير تقانات تعدد الهوائيات

19- النظامين HSPA و+HSPA متماثلان في:

أ- دعم الخلايا المركبة من حوامل المتعددة Multi Carrier

ب-تقينات النفاذ المتعدد Multiple Access

ت-أنماط التعديل

ث-تقانات تعدد الهوائيات

20- عرض حزمة القناة في نظام الجيل الثالث هي:

أ- 200KHz

ب- 5MHz

ت- 10MHz

ث- 20MHz

21- الحد الأقصى لعدد الخلايا التي يمكنها تخديم الوحدة المتحركة في نفس الوقت في نظام الجيل الثالث:

أ- 1

ب- 2

ت- 3

ث- 4

22- يمكن للقناة السريعة لنقل المعطيات في المسار الهابط في النظام +HSPA أن تكافئ ..... قناة لنقل المعطيات في النظام WCDMA:

أ- 5

ب- 10

ت- 15

ث- 20

23- يمكن تقليل التأخير في النظام +HSPA إلى:

أ- 100ms

ب- 10ms

ت- 2ms

ث- 1ms

24- تقنية النفاذ المتعدد على المسار الصاعد في نظام التطور طويل الأمد LTE:

أ- TDMA

ب- SC-FDMA

ت- CDMA

ث- OFDMA

25-من مكونات شبكة نظام التطور طويل الأمد LTE:

أ- وحدة التحكم بالرزم PCU

ب-وحدة التحكم بالمحطات الثابتة BSC

ت-المتحكم الراديوي RNC

ث-ليس أياً مما سبق

الأجوبة:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ت	أ	ت	ب	ت	أ	ب	ت	أ	ت	ت	ت	أ	ث	ت	أ	أ	ت	ب	ب	ت	ت	ت	ب	ث