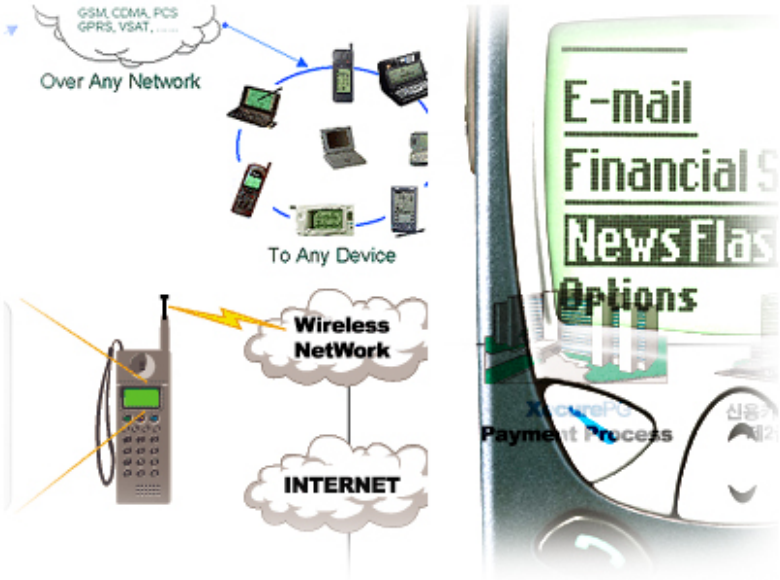
المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الاتصالات

الاتصالات المتنقلة

٢٤٤ تصل



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي؛ لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " الاتصالات المتنقلة " لمتدربي قسم" اتصالات " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الاتصالات المتنقلة

مقدمة في الاتصالات المتنقلة والنظام الشامل للاتصالات المتنقلة GSM

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الأولى : مقدمة في الاتصالات المتنقلة والنظام الشامل للاتصالات المتنقلة GSM

الهدف :

تهدف هذه الوحدة الى :

١. وضع المتدرب في إيطار تقنية الإتصالات المتنقلة .
٢. إعطاء المتدرب صورة شاملة على أنظمة الإتصالات المتنقلة .
٣. إبراز دور النظام الشامل للإتصالات المتنقلة كمرحلة حالية للإتصالات المتنقلة .

المهارات المكتسبة :

بعد دراسة هذه الوحدة سيتمكن المتدرب من المهارات التالية :

١. التمييز بين مختلف أنظمة الإتصالات المتنقلة .
٢. فهم كيفية عمل شبكات الإتصالات المتنقلة .
٣. التفريق بين مختلف أجيال أنظمة الإتصالات المتنقلة والحكم على ميزاتها .

مقدمـــــــــة Introduction

منذ بدء استخدام الاتصالات الراديوية والمتخصصون في الاتصالات اللاسلكية يحلمون بتوفير خدمة هاتفية لكل مشترك على حدة، وذلك باستخدام جهاز هاتف شخصي له رقم يخص المشترك الذي يحمله، وهذه الأجهزة تتصل بمراكز تنظيم ثابتة يتم ربطها بمراكز الهواتف داخل القطر وبالتالي بشبكة الهواتف العالمية وهذا مايطلق عليه الاتصالات الشخصية ويمثل الهاتف الخليوي الحلقة الأولى في طريق تحقيق هذا الحلم.

قبل سبعينات هذا القرن لم يكن الهاتف الخليوي ممكن التحقيق لسببين، أولهما عدم اتاحة جزء من المدى الطيفي الترددي بحيث يسمح بحيز ترددي لكل مشترك، والثاني أن الأجهزة الإلكترونية التي كان يجب أن يستخدمها المشترك لتحقيق نظام الهاتف اللاسلكي كانت ثقيلة الوزن وباهظة التكاليف.

مع بداية السبعينات والتطور المذهل في تقنية وهندسة دوائر أشباه الموصلات المتكاملة تمكنت الصناعة من إنتاج أجهزة لاسلكية صغيرة الحجم والوزن وذات أداء فائق بالاضافة إلى معقولية سعرها , وتمكنت هذه الأجهزة من استخدام عدد من القنوات اللاسلكية التي تعمل بنظام تعدد الوصولية بتقسيم التردد(Frequency Division Multiple Access FDMA) ومعنى تعدد الوصولية هو أنه يتواجد عدد كبير من المشتركين إلا أن عدداً صغيراً منهم هو الذي يستطيع الكلام في اللحظة ذاتها، وبالتالي النظام لا ينشغل بهم إلا إذا طلب أحدهم المكالمة وعندئذ يعمل نظام FDMA في البحث عن قناة غير مستخدمة أو خالية ليعطيها له ويتم هذا البحث عن طريق معالج بيانات دقيقة (microprocessor) يستخدم بروتوكول رياضي محدد لتنظيم هذه العملية.

كان هذا هو الحال بالنسبة لنظام الهاتف اللاسلكي وفيه يتم استخدام محطات إرسال ذات قدرات عالية لتمكين كل قناة من القنوات من تغطية المدينة أو المقاطعة بأكملها، وعند استخدام قناة معينة من قبل أحد المشتركين تصبح هذه القناة غير متاحة للمشتركين الآخرين داخل المدينة أو المقاطعة نفسها. ولمعالجة هذه المشكلة فقد تم تعديل هذا النظام وذلك بإشراك عدد من المشتركين في قناة واحدة في نفس الوقت باستخدام عدد من محطات الإرسال بدلاً من محطة واحدة مع تصغير المساحة التي تغطيها كل محطة ويطلق على كل مساحة اسم خلية (cell) بحيث لاتتداخل هذه المساحات ، وبالتالي يمكن إعادة استخدام المدى الطيفي الترددي للخلية ذاتها على قنوات كثيرة يقع كل منها في خلية منفصلة عن الخلايا الأخرى وهو مايسمى بنظام الهاتف الخليوي(cellular telephone system) .

هذه الوحدة تتناول بالدراسة أنظمة الهواتف المتنقلة وفيها سوف نستعرض نبذة تاريخية عن الاتصالات المتنقلة والمقاييس المستخدمة (standards) فيها ثم ندرس النظام الشامل للاتصالات المتنقلة GSM وفيه نستعرض نبذة تاريخية عن نظام GSM، مواصفات GSM ومراحل تطوره، مكونات شبكة GSM، والتركيبة الجغرافية لشبكة GSM، والمجالات الترددية المستخدمة في نظام GSM.

١ -١أنظمة الهواتف المتنقلة

١ -١ -١ تاريخ الاتصالات المتنقلة History of Mobile Communications

يتآلف أكثر الناس مع عدد من أنظمة الاتصالات الراديوية المتنقلة المستعملة في الحياة اليومية العادية والأمثلة على ذلك كثيرة ومتعددة منها أجهزة التحكم عن بعد(remote controllers) لأجهزة الترفيه المنزلية(remote controllers for home entertainment equipment)، والهواتف اللاسلكية(cordless telephones)، وأجهزة البيجر(pagers)، والهواتف الخلوية (cellular telephones)، وعلى أية حال الكلفة والتعقيد والأداء وأنواع الخدمات المعروضة بكلّ هذه الأنظمة المتنقلة مختلفة جدا.

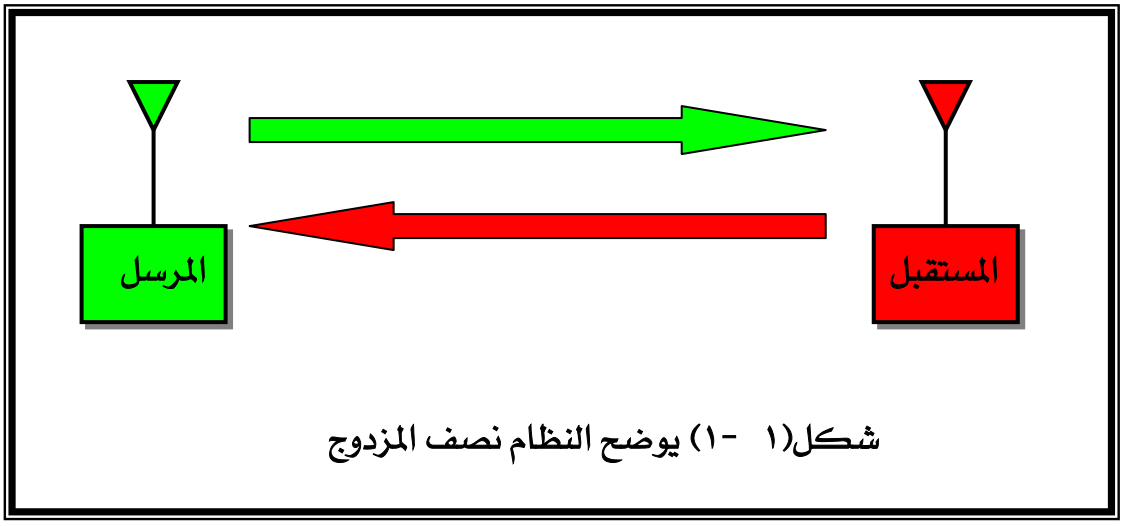
التعبير متنقل(mobile) من الناحية التاريخية يستعمل لتصنيف أيّ محطة طرفية إذاعية يمكن أن تحرّك أثناء التشغيل، و أكثر من ذلك فمؤخرا يستعمل هذا التعبير لوصف المحطة الطرفية الإذاعية التي ترتبط بمنصة متحركة عالية السرعة مثال الهاتف الخليوي في سيارة سريعة بينما المصطلح محمول(portable) يصف المحطة الطرفية الإذاعية التي يمكن أن تكون محمولة باليد ومستعملة من قبل شخص ما يمشي بسرعة.

أما التعبير مشترك(subscriber) فيستعمل في أغلب الأحيان لوصف المشترك المتحرك أو المحمول لأنه في أكثر أنظمة الاتصال المتنقلة كل مشترك يدفع أجر إشتراك لاستعمال النظام وكلّ أداة اتصال للمشترك تسمى وحدة مشترك(subscriber unit)، وعموماً المجموعة الجماعية للمشتركين في النظام اللاسلكي تسمى المشتركين أو المتحركين بالرغم من أنّ العديد من المشتركين في الحقيقة يستعملون محطات طرفية محمولةحيث تتصل الهواتف المتنقلة بالقواعد الثابتة التي توصل إلى المصدر الكهربائي التجاري و الشبكة الأساسية الثابتة.

يمكن تصنيف نظم الإرسال الراديوية المتنقلة كما يلي:

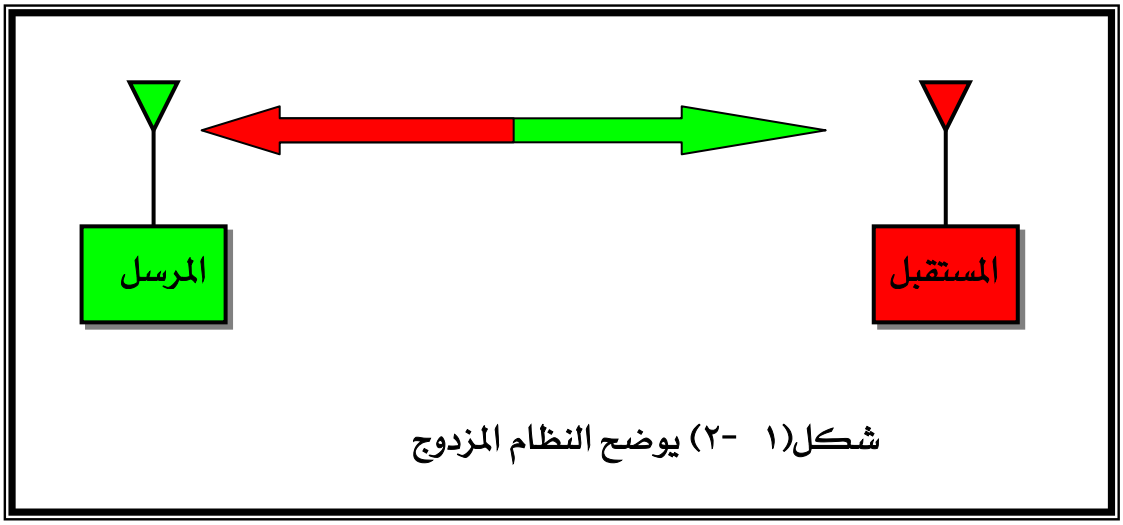
١. نظم إرسال بسيطة (Simplex) وفيها يتم الاتصال في اتجاه واحد ونظم البيجر خير مثال على ذلك حيث تستقبل الرسائل ولكن لا يتم الرد عليها.

٢. نظم إرسال نصف مزدوجة (Half-duplex) وفيها يتم الاتصال في اتجاهين وحيث إن هذه الأنظمة تستخدم قناة راديوية واحدة للإرسال والاستقبال فهذا يعني أنه في أي وقت يستطيع المشترك إما أن يرسل أو يستقبل المعلومة فالقيود مثل الدفع للكلام(push to talk) والتخلي للاستماع (release to listen) هي الميزّات الأساسية للأنظمة نصف المزدوجة ومثال ذلك طرفيات البوليس (Police terminals) ، وشكل(١ -١) يوضح هذا النظام.



شكل(١ -١) يوضح النظام نصف المزدوج

٣. نظم إرسال مزدوجة(Full-duplex) وفيها يتم الاتصال المتزامن بين المشترك والقاعدة الثابتة حيث يتم الإرسال والاستقبال في نفس الوقت باستخدام قناتين منفصلتين ولكن بينهما تزامن من وإلى المشترك ومثال ذلك نظام الاتصال المتحرك GSM والشكل (١ -٢) يبين هذا النظام.

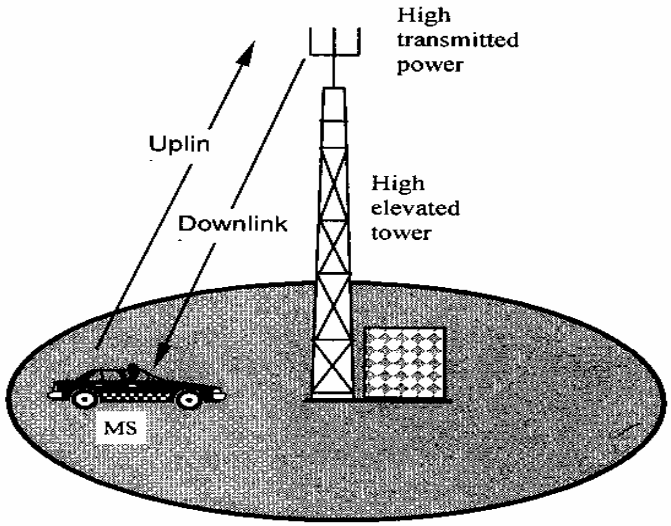


شكل(١ -٢) يوضح النظام المزدوج

وحيث إن الاتصالات الراديوية المتنقلة تلعب دوراً مهماً جدا ضمن قطاعات التجارة والسلامة العامة والعمل أي في كلّ الأجزاء الصناعية من العالم، لذلك سنتتبع تأريخ هذه التقنية في الأجزاء التالية

١ -١ -١ -١المرحلة قبل السائدة The Pre-Prevailing Stage

ظهرت النظم المتنقلة لأول مرة بعد الحرب العالمية الثالية وتمتد هذه المرحلة من الخمسينات إلى الستينات ألف وتسعمائة، وكانت التطبيقات الرئيسة الأولى للاتصالات الراديوية المتنقلة مقتصرة على الجيش وشركات الطيران وشركات صيدالسمك والشحن، الشرطة، الدفاع المدني(المطافئ)، سيارات الإسعاف، سيارات الأجرة ومختلف المشاريع التجارية وتتضمّن التطبيقات الأخرى مثل راديو ملاحة السفن والطائرات بالإضافة إلى الهاتف الراديوي المحمول لساحة المعركة، ففي هذه المرحلة المبكرة كانت أجهزة الإرسال والاستقبال ضخمة وغالية ويمكن التعبير عن هذه المرحلة من خلال النظام الموجود في شكل(١ -٣)



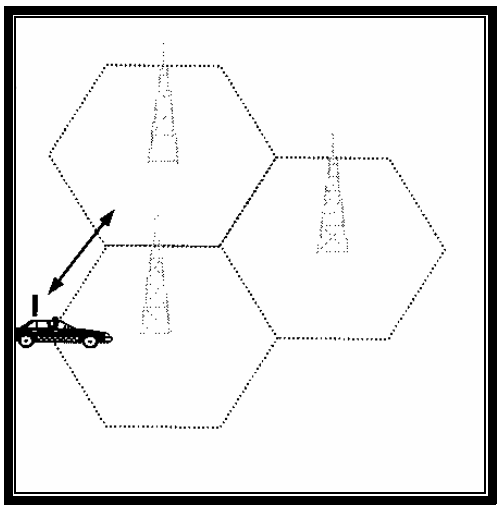
شكل(١ -٣) يوضح خلية أحادية للنظام الراديوي التقليدي

عيوب النظام الراديوي التقليدي

- خدمة هاتف السيارة الواحدة only car telephone service
- الأجهزة غالية وضخمة وثقيلة Heavy, bulky and expensive equipment
- لا توجد قابلية للمناولة أو التسليم No handover capability
- درجة الخدمة سيئة Poor grade of service
- جودة الكلام أو التخطاب منخفضة Low speech quality
- القدرة أو السعة منخفضة Low capacity.
- سوق عالي الإشباع High market saturation
- لا يوجد إعادة استخدام للترددNo frequency reuse.
- مستوى القدرة ليس آمناً (Power level is not safe (very high.
- إرسال واستقبال جائع للقدرة Power hungry transceivers.

١ -١ -١ -٢ الجيل الأول للنظم المتنقلة The First Generation Mobile Systems

على مر السنين، تزايد المطلب العام للخدمات الراديوية المتنقلة بينما ظل طيف التردد المخصص لهامحدوداً ونتيجة لهذا ظهرت تقنية جديدة لضبط هذا الوضع وهي النظم الراديوية الخليوية المتنقلة (مثال ذلك الشكل(١ -٤)) التي يمكن أن تستوعب العديد مِنْ المشتركين عندما يتم تركيب اتصال راديوي خليويِ مفروض على منطقة جغرافية حيث اعتمدت هذه النظم على التقنية التماثلية.



شكل(١ -٤) يبين النظام الخليوي

بدأت النظم الراديوية الخليوية المتنقلة تنتج نهاية السبعينات والثمانينات ألف وتسعمائة (1970's- 1980's) وازداد الطلب عليها بصورة كبيرة وسريعة وانخفض سعرها بسرعة أيضاً.

النظام The System

تبنى النظام الخليوي(Cellular system) التقنيات التالية:

- إعادة استخدام الترددFrequency reuse
- ضبط التحكم في القدرة Adaptive power control
- مقطع الخلية (Cell sectorization)
- تقسيم أو انشطار الخلية Cell splitting
- التسليم أو المناولة Handover

المقياس Standard

يمكن تلخيص ما تم في هذا الجيل من النظم المتنقلة في النقاط التالية:

- الاعتماد على التقنية التماثلية Depending on analog technology.
- نطاقات مختلفة من تردد التشغيل Different operating frequency ranges.
- نظم غير متوافقة Incompatible systems.
- معاناة من تشبع السعة أو القدرة Suffer from capacity saturation.
- محدد بالخدمة الصوتيةLimited to voice service.
- جودة الإرسال غير كافية Insufficient transmission quality.
- لا تشفير No encryption.
- استخدام التعديل الترددي Frequency modulation (FM).
- تعدد الوصول بتقسيم التردد قي تقنية الإرسال FDMA transmission technology.

النظام The system

الجدول (١ -١) يبين أهم النظم الراديوية المتنقلة من الجيل الأول في هذه الفترة

سنة التشغيل Operational year	مدى التردد(ميجا هيرتز) Frequency range (MHz)	الدولة Country	اسم النظام System
1979	800	اليابان Japan	Nippon Telephone and Telegraphy (NTT-MTS)
1979	800	الولايات المتحدة US	Advanced Mobile Phone Service (AMPS)
1981-85	450 900	اسكندنافيا Scandinavia	Nordic Mobile Telephone (NMT)
1985	900	المملكة المتحدة UK	Total Access Communi. System (TACS)
1985	450	المانيا Germany	C450
1985 1989	450 900	فرنسا France	Radiocom 2000 (NMT)
1985 1990	450 900	ايطاليا Italy	RTMS TACS

جدول(١ -١) يبين النظم الراديوية المتنقلة من الجيل الأول

١ -١ -١ -٣ الجيل الثاني للنظم المتنقلة The Second Generation Mobile Systems

مع تطور التقنية الرقمية والطلب المتزايد على خدمة الهاتف الجوال تم إنتاج تقنيات رقمية لإرسال البيانات بسرعات عالية مع جودة عالية للخدمة وتحكم مرن جدا في النظام.

تم بناء الجيل الثاني للنظم المتنقلة مع التقنية الرقمية في أواخر الثمانينات وأوائل التسعينات ألف وتسعمائة، ويمتاز هذا الجيل بسعة أو قدرة للنظام تعادل عدة مرات أعلى من النظام التماثلي كما أنه يقدم ميزات خدمية أكثر بنوعية خدمةٍ عالية الجودة وتكلفة خدمة منخفضة كما تم إنتاج الأنظمة اللاسلكية لأنماط قابلية الحركة المختلفة.

المقياس The standard

١. المعيار الخليوي الرقمي الأوروبيGSM:(The Pan-European digital cellular standard (GSM
بدأ هذا النظام العمل في كل أوروبا سنة ١٩٩١م بعرض نطاق ترددي جديد وهو ٩٠٠ ميجاهيرتز لخدمة الهاتف الخليوي، فمعيار GSM (Group Special Mobile)يكسب القبول العالمي على أنه النظام الرقمي الخليوي العالمي الأول بميزات الشبكة الحديثة التي تمتد إلى كل مستخدم للهاتف الجوال.

٢. المعيار الخليوي الأمريكي IS-54 Electronic Association interim standard (IS-54)
في آخر سنة ١٩٩١ م، وفي الناحية الأخرى، تم تركيب أجهزة نظام رقمي خليويIS-54 في معظم المدن الأمريكية حيث يسمح المعيار الخليوي الرقمي الأمريكي لمشغلي الخليوي باستبدال بعض القنوات التماثلية ذات المستعمل الوحيد بالقنواتِ الرقميةِ التي تدعم ثلاثة مستعملين في نفس عرض النطاق الترددي ٣٠كيلو هيرتز، وتمت إعادة تسمية النظام بالرقمي AMPS أو DAMPS مع استخدام تقنية تعدد الوصول بتقسيم الزمن TDMA مكان التقنية التماثلية تعدد الوصول بتقسيم التردد FDMA.

٣. المعيار الخليوي الأمريكي IS-95 Interim Standard
تم تطوير نظام رقمي خليوي يعتمد على تقنية تعدد الوصول بالتقسيم الشفري CDMAمن قبل شركة كوالكوم والذي اعتمد من TIA Telecommunications Industry Association كمعيار مرحلي أو مؤقت وسمي IS-95.

٤. هناك أيضاَ النظام الياباني الرقمي الخليوي JDC و كذلك نظام الهاتفِ اليدوي الشخصيِ personal handy phone system(PHS).

٥. الخدمة اللاسلكية في أوروبا DECT و CT-2.

الأهداف Objectives

يمكن تلخيص أهداف الجيل الثاني من النظم المتنقلة كما يلى:

- المقياس الموحد Common standard.
- التجول الدولي International roaming
- القدرة الضخمة Huge capacity
- تقنيات التشفير الرقمية Digital encryption techniques
- قوى الضوضاء والتداخل Noise and interference robust

- المدى المحسن للخدمات Enhanced range of services
- أجهزة بتكلفة منخفضة Low cost equipment
- الاستهلاك الكهربائي المنخفض Low power consumption
- محطات طرفية ذات وزن خفيف، متينة، بحجم الجيب Lightweight, compact, pocket size terminals
- إرسال رقمي متعدد الوصول بتقسيم الزمن TDMA digital transmission
- توافق الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات Integrated services digital network compatibility

١ -١ -١ -٣ الجيل الثالث للنظم المتنقلة The Third Generation Mobile Systems

يلعب الجيل الثالث لنظم الاتصالات المتنقلة دوراً هاماً في تزويد المستخدمين بالخدمات التي تقدمها شبكات الاتصالات اللاسلكية الآن مثل الشبكة العامة لتحويلات الهاتف PSTN وشبكة الخدمات الرقمية المتكاملةISDN. وتشمل هذه الخدمات نقل الصوت والبيانات الرقمية والصور الثابتة والمتحركة والبريد الإلكتروني.

والتوجه الآن هو التحرك نحو دمج كل تطبيقات اللاسلكي المتنقل مثل النظم الرقمية الخليوية والهواتف الممتدة لاسلكياً ونظم النداء ونظم الأقمار الصناعية للمتنقلات في نظام عالمي موحد. شكل (١ -٥) يبين تطور شبكة الاتصالات اللاسلكية الموحدة.

وتقوم الهيئات العالمية حالياً بوضع المواصفات القياسية الخاصة بتعريف الجيل الثالث حيث بدأ تطوير الجيل الثالث عندما قام الاتحاد الدولي للاتصالات بعيدة المدى فرع الاتصالات الراديوية المجموعة المهمة ١/٨ بوضع تعريف لمتطلبات الجيل الثالث للنظم الراديوية المتنقلة.

النظام The System

في البداية أطلق على هذا الجيل مسمى FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecomm-unication System) حيث أدى هذا إلى تحديد نطاقات الطيف الترددي الأساسي حول العالم وهي النطاق الأول من ١٨٨٥ إلى ٢٠٢٥ ميجاهيرتز والنطاق الثاني من ٢١١٠ إلى ٢٢٠٠ ميجاهيرتز .وبالتوازي مع هذا يعمل المعهد الأوروبي للمواصفات القياسية للاتصالات ETSI على تعريف النظام العالمي لاتصالات المتنقلات UMTS (Universal Mobile Telecommunication system) ويتوقع أن يكون النظامان

متـــوائمين أو متطـــابقين وأخـــيرا تمـــت تســـمية هـــذا الجيـــل IMT200 (International Mobile Telecommunication system in year 2000) بواسطة الاتحاد العالمي للاتصالاتITU.

الأهداف Objectives

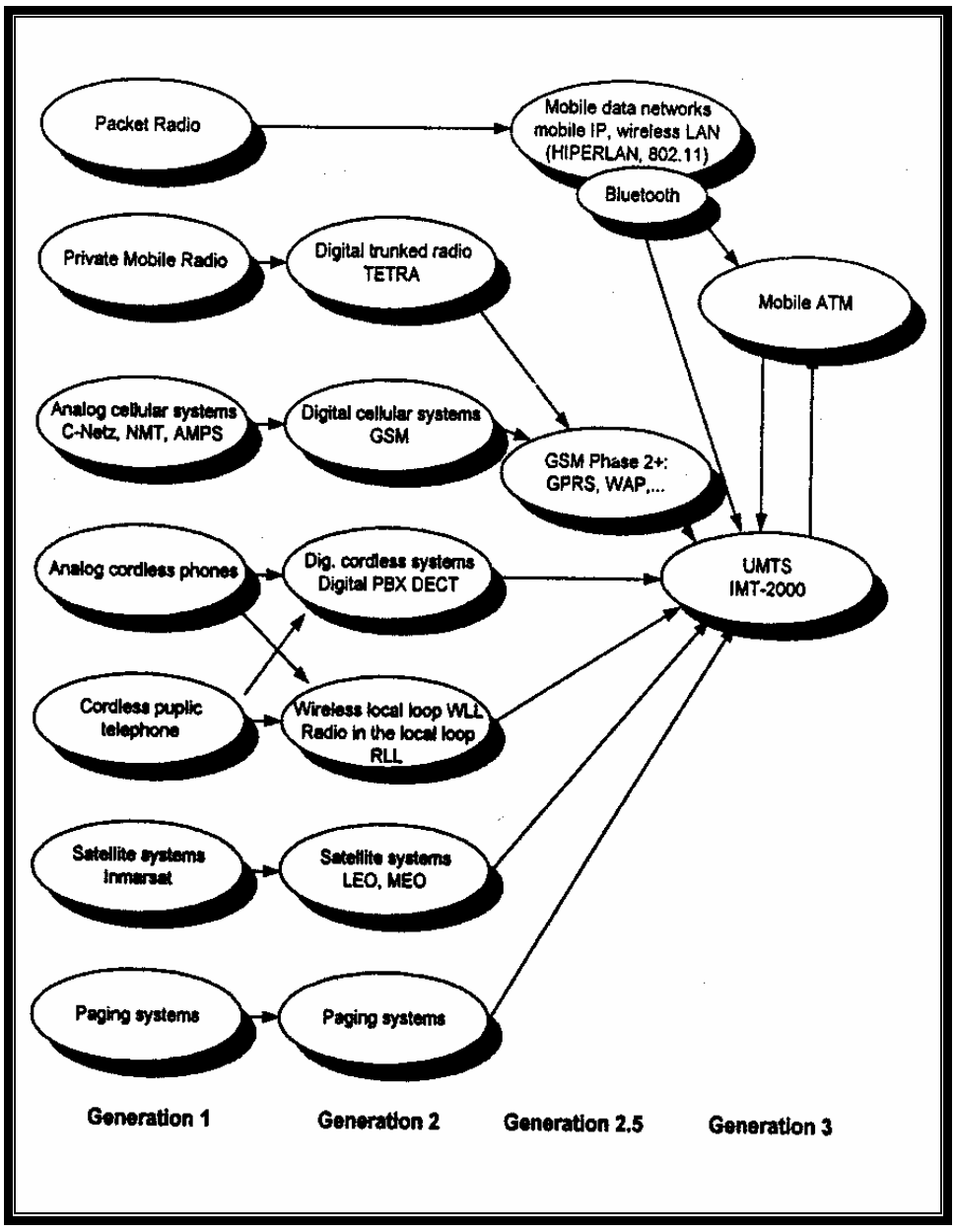
يمكن تلخيص أهداف الجيل الثالث للاتصالات المتنقلة في النقاط التالية:

- المقياس أو المعيار الموحد Global standard.
- التجوال الموحدGlobal roaming .
- خدمات الوسائط المتعددة Multimedia services.
- المجموعة اليدوية العالمية الموحدة Unique universal handset .
- البيئة المتعدّدة Multiple environment(indoor, outdoor, and vehicular scenarios).
- نمط تحويل حزم البيانات ودائرة الخدمات Circuit and packet switching mode of services.

المقياس The standard

يمكن تلخيص المقياس المستخدم مع هذا الجيل من الاتصالات المتنقلة في النقاط التالية:

- نمط التسلسل المباشر الذي يستند على تعدد الوصول العريض النطاق بالتقسيم الشفري Direct sequence mode based on wide-band code division multiple access(WCDMA)
- نمط متعدد النقل أو الحمل يستند على تعدد الوصول بالتقسيم الشفري ٢٠٠٠ Multi-carrier mode based on CDMA2000
- نمط تقسيم الزمن المزدوج يعتمد على تقسيم الزمن وتعدد الوصول بالتقسيم الشفري Time division duplex (TDD) mode based on TD-CDMA
- المجموعة اليدوية العالمية الموحدة Unique universal handset .
- البيئة المتعدّدة Multiple environment.



شكل(١ -٥) يوضح مراحل تطور شبكة الاتصالات اللاسلكية الموحدة

١ -٢ النظام الشامل للاتصالات المتنقلة GSM

١ -٢ -١ نبذة تاريخية عن نظام GSM

الجدول التالي يعطي نبذة تاريخية و يبين المعالم الرئيسة لمراحل تطور نظام GSM:

السنة Year	الحدث Event
١٩٨٢	أوصت هيئة الاتصالات والبريد الأوروبية ب 2×25MHz في ٩٠٠ميجاهرتز Committee of European Post & Telecoms (CEPT) recommended 2×25MHz in 900 MHz .
١٩٨٢	نظام المجموعة الخاصة بالهاتف المتنقل(GSM) تأسس من قبلCTEP Group special mobile (GSM) was established by the CPET
١٩٨٧	تم تحديد العناصر الضرورية للإرسال اللاسلكي Essential elements of wireless transmission are specified
١٩٨٩	أخذ معهد معايير الاتصال الأوروبي على عاتقه مسؤولية مواصفات نظام جي إس إم European Telecommunication Standards Institute took over the responsibility for GSM specifications
١٩٩٠	المرحلة ١ تم تثبيت مواصفات جي إس إم ٩٠٠ The phase 1 GSM900 specifications are frozen بدأ التكيف إلى دي سي إس ١٨٠٠ Adaptation to DCS 1800 commences
١٩٩١	تدشين أول شبكات جي إس إم First GSM networks lunched
١٩٩٢	تم تغيير اسم جي إس إم إلى النظام الموحد للاتصالات المتحركة لأسباب تسويقية GSM has changed its name to the Global System for Mobile communications for marketing reasons معظم شبكات جي إس إم الأوروبية أصبحت تجارية Most European GSM networks turn commercial أكثر من ١٣ شبكة في ٧ دول أصبحت مستعدة نهاية العام Some 13 networks in 7 countries are "on air" by the end of the year
١٩٩٣	إنجاز اتفاقيات التَجَوُّل الأولى First roaming agreements in effect بنهايةِ ١٩٩٣ ، شبكات في ١٨ دولة أصبحت جاهزة للتشغيل By the end 1993, networks in 18 countries are operational

١٩٩٤ انطلقت نقل البيانات بكفاءة

Data transmission capabilities launched

ارتفع عدد الشبكات إلى ٦٩ في ٤٣ دولة مختلفة مع نهاية ١٩٩٤م

The number of networks rises to 69 in 43 different countries by the end of 1994

١٩٩٥ تدشين أول شبكة بي سي إس ١٩٠٠ في الولايات المتحدة الأمريكية

The first PCS 1900 is launched in The USA

بداية التجوال لكل من SMS والبيانات والفاكسميل

Facsimile, data and SMS roaming starts

تم نقل إشارات الصورة عن طريق GSM لأغراض العرض

Video signals are transmitted via GSM for demonstration purposes

٥٠٠٠٠ محطة قاعدية جي إس إم قيد الاستعمال في جميع أنحاء العالم

50 000 GSM base stations are in use all over the world

١٩٩٦ ١٣٣ شبكة في ٨١ دولة أصبحت جاهزة للتشغيل

133 networks in 81 countries operational

١٩٩٧ ٢٠٠ شبكة GSM من ١٠٩ دولة جاهزة للتشغيل مع ٤٤ مليون مشترك حول العالم

200 GSM networks from 109 countries operational with 44 million subscribers worldwide

١٩٩٨ ٣٢٠ شبكة GSM في ١١٨ دولة مع ١٣٥ مليون مشترك حول العالم

320 GSM networks in 118 countries with 135 million subscribers worldwide

١٩٩٩ نظام تطبيقٍ لاسلكي

Wireless application protocol

١٣٠دولة، ٢٦٠ مليون مشترك

130 countries, 260 million subscribers

٢٠٠٠ عدد المشتركين ٣٦٢ مليون مشترك

362 million users

خدمات الحزمة الراديوية العامة

General packet radio services(GPRS)

١ -٢ -٢ مواصفات GSM

الجدول التالي يبين مواصفات النظام الرقمي للهاتف الخليوي GSM

رقم المواصفة	المواصفة	تفصيل المواصفة
١	نطاق الإرسال من محطة الإرسال الثابتة	٩٣٥ -٩٦٠ ميجاهرتز(Downlink)
٢	نطاق الإرسال من محطة الإرسال المتنقلة	٨٩٠ -٩١٥ ميجاهرتز(uplink)
٣	أقصى قدرة إرسال	٣ -٢٠ وات
٤	عدد القنوات من النوع المزدوج(Duplex)	١٢٥ قناة
٥	عرض النطاق الترددي للقناة الواحدة	٢٠٠ كيلوهيرتز
٦	طريقة النقل	تعدد الوصول بتقسيم الزمن(TDMA)
٧	عدد المشتركين في الإطار الواحد	ثمانية لكل إطار(8/Fram)
٨	تشفير الكلمات	١٣كيلوبيت لكل ثانية(13Kbits/sec)
٩	طرق حماية الخطأ error protection methods	١ - الترك البيني Interleaving ٢ - تشفير القناة Channel coding ٣ - قفز التردد Frequency Hopping ٤ - المساواة التكيفية Adaptive equalization
١٠	طريقة التعديل أو التضمين	زحزحة التبديل الدنيا الجاوسية(GMSK)

١ -٢ -٣ الحاجة إلى GSM

نظام GSMيسمح للمستعملين بالتجوّل بين البلدان حيث يطلبون ويستلمون النداءات على هاتفهم الخاصة وبأرقامهم الخاصة. نظام GSM يجعل إمكانية خلق قابلية التجول المطلوب مَع شبكة خلوية رقمية وحيدة، من خلال التعاونِ بين المشغلين الوطنيينِ حيث إن هناك عوامل ساعدت في تطور هذا النظام منها:

- الحاجة إلى مقياس موحد
- الحاجة إلى التجوال الدولي
- الحاجة إلى قدرة أكبر أو سعة أكبر
- الحاجة إلى خدمات كثيرة
- الحاجة إلى أجهزة ومعدات منخفضة التكاليف

١ -٢ -٤ كيفية عمل GSM

GSM يشتغل على نَحو مماثل من الشبكة الإذاعية الخلوية الحالية. الاختلاف الرئيس هو أنّ مشتركي GSM سَيَحْملونَ وحدة بطاقة هويةِ مشتركٍ فريدةٍ تَحتوي على ذاكرة معالج دقيقِ لخَزْن المعلوماتِ الشخصيةِ مثل رقم الهاتف النقَّالِ، القفل والأرقام متكررة الدق. يتم تشغيل الهاتف النقَّال بإدْخال بطاقةِ وحدةِ المشتركَ التي تَعْني بأنّ المشترك يُمْكِنُ أَنْ يَجري، يَستلمُ ويَكُونُ له حساب لمكالماته على رقمه الخاصِ باستعمال أيّ هاتف GSM. يختبر GSM صلاحية بطاقةِ SIM كُلَّ مَرَّةٍ تُستَعملُ لمَنْع الكلفة الخاطئة وعند السفر ليس هناك حاجة لحمل الهواتف النقالة ولكن كل ما نحتاجه هو حمل البطاقة الذكية SIM.

١ -٢ -٥ عمارة الشبكة لنظام GSM

عمارة الشبكة تعرف وظيفية العناصر للشبكةِ، الوصلات بين هذه العناصرِ وتدفقِ المعلومات بين تلك الوصلاتِ. يتكون بناء النظام GSM من نظامين فرعيين وهما نظام التبديل ونظام محطات القاعدة.

أولا: نظام التبديل The switching system(SS)

يتكون نظام التبديل من :

- **مركز التبديل للمتنقلات** Mobile Switching Center (MSC)

يقوم بتحويل المكالمات بين المتنقلات وبعضها البعض أو بين المتنقلات وشبكة الهواتف العامة.

- **مسجل الموقع المحلي** Home Location Register(HLR)

يحتوي على جميع البيانات لجميع مشتركي المتنقلات المحليين المسجلين في منطقته.

- **مسجل موقع الزائر** Visitor Location Register

يحتوي على جميع البيانات لجميع مشتركي المتنقلات الزائرين لمركز تبديل المتنقلات في منطقته.

- **مركز التوثيق** Authentication Center (AUC)

يقوم بتخزين البيانات اللازمة لحماية المشتركين من المتطفلين مثل الشفرة الخاصة بكل منهم ويتحقق من المشترك قبل إجراء المكالمة، وهناك طريقتان لتمييز المشتركين الأولى تعرف بالهوية الدولية للمشترك المتنقل(International Mobile Subscriber Identity(IMSI)) والثانية تعرف بالهوية الدولية للجهاز المتنقل (International Mobile station Equipment Identity(IMEI)) ويستخدم لمنع استغلال الأجهزة المسروقة أو غير المرخصة ويتكون IMSI من شفرة خاصة بالبلد(Mobile Country Code(MCC)+شفرة الشبكة المتنقلة(MNC) Mobile Network Code +رقم يميز المشترك(PLMN) Public Land Mobile Network.

- **مسجل هوية المعدات** Equipment Identity register (EIR)

متصل بمركز خدمات الوحدات المتنقلة ويمنع استخدام الأجهزة المسروقة.ويحتوي على جميع بيانات الأجهزة المتنقلة.

ثانياً: نظام محطات القاعدة The Base Station System(BSS)

يتكون نظام محطات القاعدة من كيانين هما:

- **وحدة التحكم في محطات القاعدة** Base Station Controller (BSC)

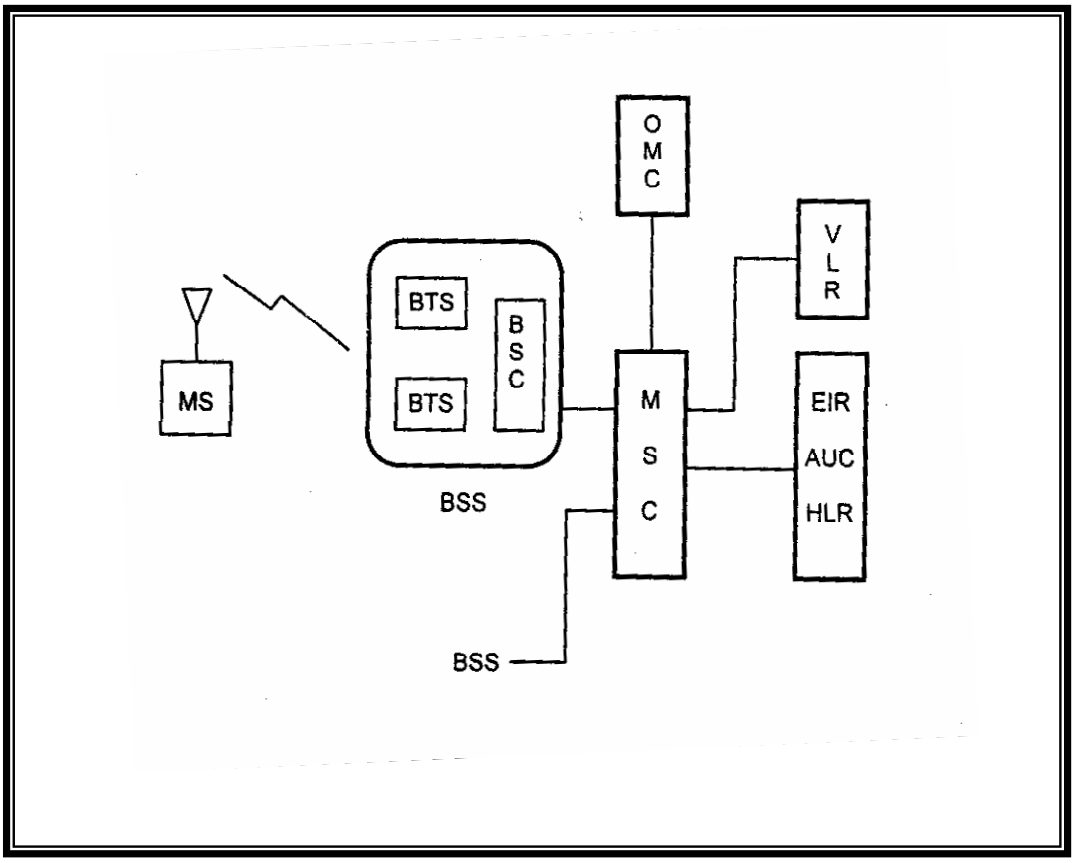
تتحكم في إعدادِ النداءِ وتشغيل المرسل والمستقبل لمحطات القاعدة.

- **نظام القاعدة للاتصال** Base Transceiver System (BTS)

يعالج الإرسال الإذاعي الفعلي من وإلى المحطةِ النقَّالةِ.

١ -٢ -٦ مكونات نظام GSM

شكل(١ -٦) يبين المكونات الأساسية لنظام GSM ، وسوف يتناول الجزء التالي وظيفة هذه المكونات.



شكل(١-٦) يوضح مكونات نظام GSM

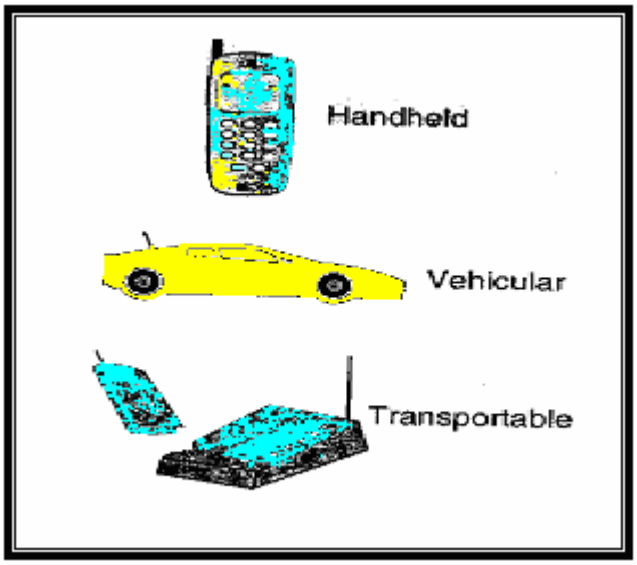
- **المحطة المتنقلة Mobile Station(MS)**

يوجد ثلاثة أنواع أساسية من المحطات المتنقلة كما هو موضح في شكل(١ -٧) وهي:

١. المحطات الخاصّة بالسيارات vehicular station .
٢. المحطات المحمولة أو النقالة portable stations.
٣. المحطات المحمولة باليد(الجوال) handheld stations.

المحطات النقَّالة هي أجهزة طبيعية تستعمل من قبل المشتركِ ليتمكن من الدخول إلى نظام GSM وتتضمن الأجهزة الإذاعية ومواجهة الماكينة الرئيسة (main machine interface)وقَدْ يُدرجُ نصٌّ للبياناتِ بالإضافة إلى اتصالات الصوتِ وكُلّ محطة نقَّالة تعرف برقم هويةِ الأجهزةِ النقالة الدولي الذي يخزن

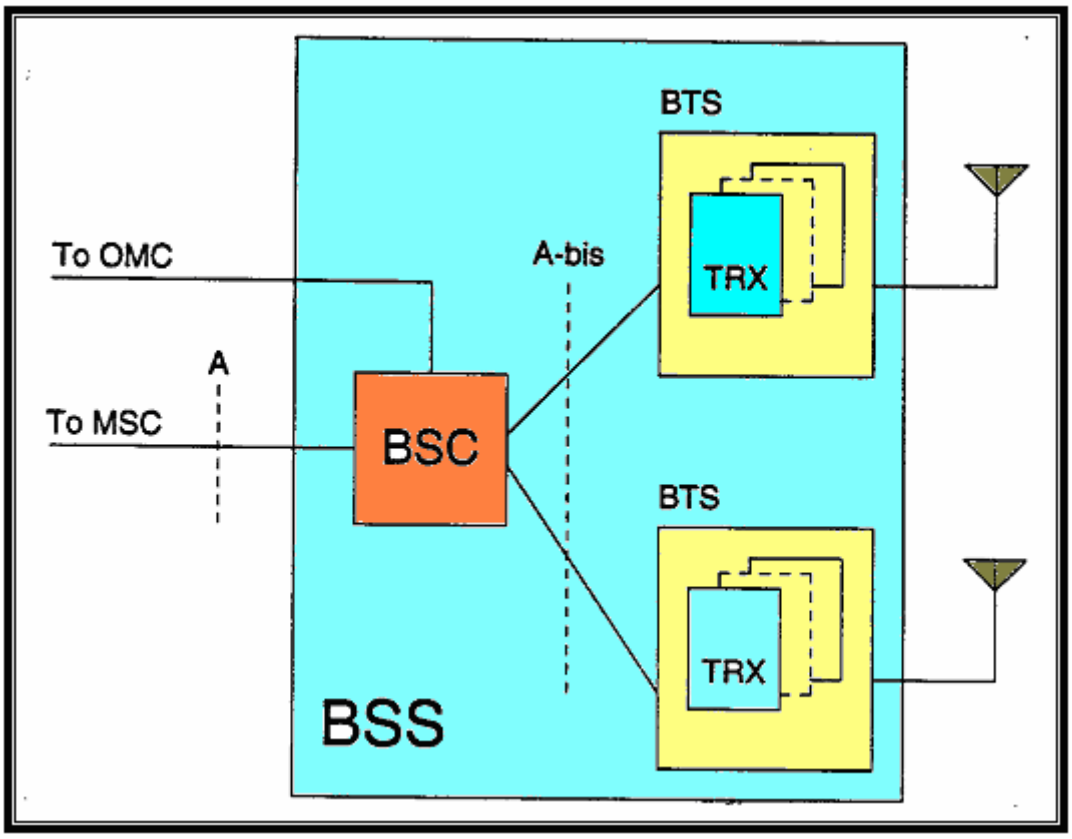
بشكل دائم، وبناءً على الطلب ترسل المحطة النقالة هذا الرقم على إشارة القناة إلى مركز التبديل أو التحويل للنقالات ويستخدم رقم هوية المشترك لتعريف أو تحديد المشترك النقَّال وليس المحطة النقالة GSM ويُمْكِنُ أَنْ يُخصّصَ رقم هويةٍ مؤقتٍ للمشترك الذي يُمكنُ أَنْ يَكُونَ متغيراً بشكل دوري لتفادي أَنْ يُميّز، وبالتَمييز بين هويةِ المشتركِ وهويةِ الأجهزةِ، يوجه GSMالمكالمات وينجز الفاتورة مستندا على هويةِ المشتركَ المخزنة على بطاقةSIM وعند إدخال بطاقة SIM في المحطة النقالة يكشف موقع المشتركِ الجديدِ ويسمح بالتوجيه الصحيحِ لوصول المكالمات.



شكل(١ -٧) يبين أنواع المحطات المتنقلة

- **نظام المحطات القاعدية Base Station System (BSS)**

نظام المحطات القاعدية عبارة عن معدات طبيعية تستخدم لتعطي تغطية إذاعية للمكالمة ووظيفياَ تنقسم إلى نظام القاعدة للاتصال (BTS) و وحدة التحكم في محطات القاعدة (BSC) كما هو موضح في شكل(١ -٨).



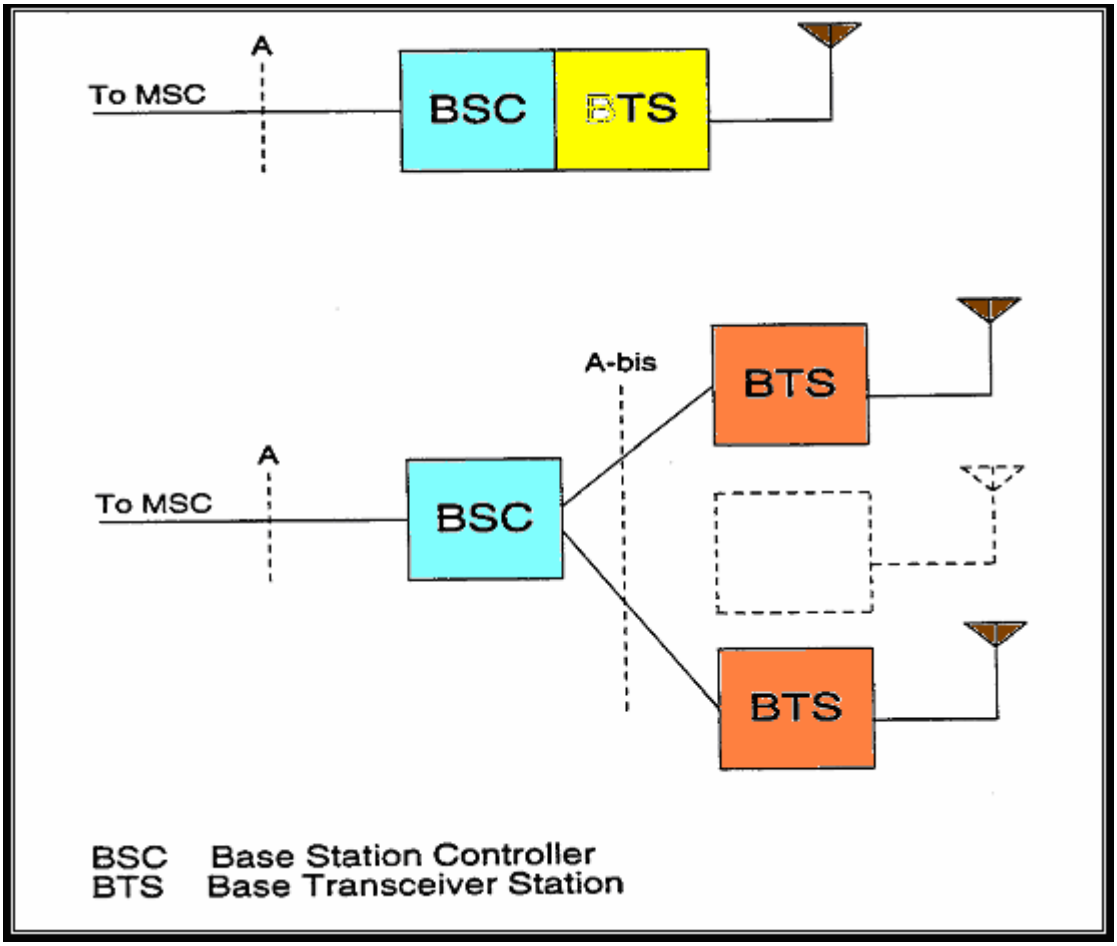
شكل(١ -٧) يوضح نظام محطات القاعدة

- **نظام محطة القاعدة للاتصال Base transceiver station (BTS)**

هو عبارة عن معدات نقل للتغطية الإذاعية لخدمة خلية واحدة من الشبكة الخليوية ويتكون من نظام اتصال أو أكثر ولَهُ رمزُ هويةِ قاعدةٍ واحد(BSIC) الذي يُعرّفُ الخليةَ محلياً بين ٦٤ خليةِ مجاورةِ كما رَأى مِن المحطةِ النقَّالةِ وله أيضا هوية خلية موحدة واحدة التي تعرف الخلية من الشبكة. نموذجياً، يوجد عِدّة نظم قاعدة اتصال في نفس الموقعِ، تُنتجُ اثنان إلى أربعة مقاطع خلايا حول برج هوائي مشتركِ.

- **وحدة التحكم في محطات القاعدة Base Station Controller (BSC)**

تتحكم في وحدة أو أكثر منBTS كما يشير شكل(١ -٨)، وعادة تتحكم في تشغيل من ٢٠ إلى ٣٠ وحدة من BTS، والوصلة من BSC إلى BTS يطلق عليها وصلة A-bis وهذه الوصلة داخلية في محطة القاعدة وتكون اختيارية لتسمح باستخدام BSCs و BTSs من مختلف المصنعين.



شكل(١ -٨) يوضح عمل وحدة التحكم لمحطات القاعدة

نظام المحطات القاعدية(BSS) يتكون من وحدة BSC ووحدة أو عدة وحدات من BTS ويتم توصيل نظام المحطات القاعدية من خلال وصلة الشبكة A وهي الوصلة الرئيسة التي يمكن من خلالها التأكد أنه يمكن التوصيل بين BSCs و MSCs من مختلف المصنعين ومحطة القاعدة هي المسئولة عن:

١. تخصيص القناة Channel allocation.
٢. جودة التوصيل Link quality.
٣. رقابة التكلفة الكهربائية Power budget control.
٤. السيطرة على الحركة والتأشير الإذاعي Signaling and broadcast traffic control.
٥. قفز التردد Frequency hopping.
٦. بدء المناولة Handover initiation.

- **مركز التبديل للمتنقلات Mobile Switching Center (MSC)**

تَتضمّنُ وظائف مركزِ التبديل للمتنقلات شكل(١ -٩) الآتي:

١. معالجة النداء التي تتحمل الطبيعة النقالة مِن المشتركين

call handling that copes with mobile nature of subscribers.

٢. إدارة قناةِ الوصلةِ الإذاعيةِ المنطقيّةِ المطلوبةِ أثناء النداءات

Management of required logical radio link channel during calls.

٣. إدارة نظام التأشير بين نظام المحطات القاعدية(BSS) ومركز التبديل للنقالات(MSC)

Management of MSC-BSS signaling protocol

٤. معالجة تسجيلِ الموقعِ والتأكد من التَفَاعُل بين MS وVLR

Handling location registration and ensure interworking between MS and VLR.

٥. يسيطر على المناولات بين BSS

Control of inter-BSS handovers

٦. يعمل مركز تبديل بوّابةِ النقّالِ لاستجواب HLR وVLR

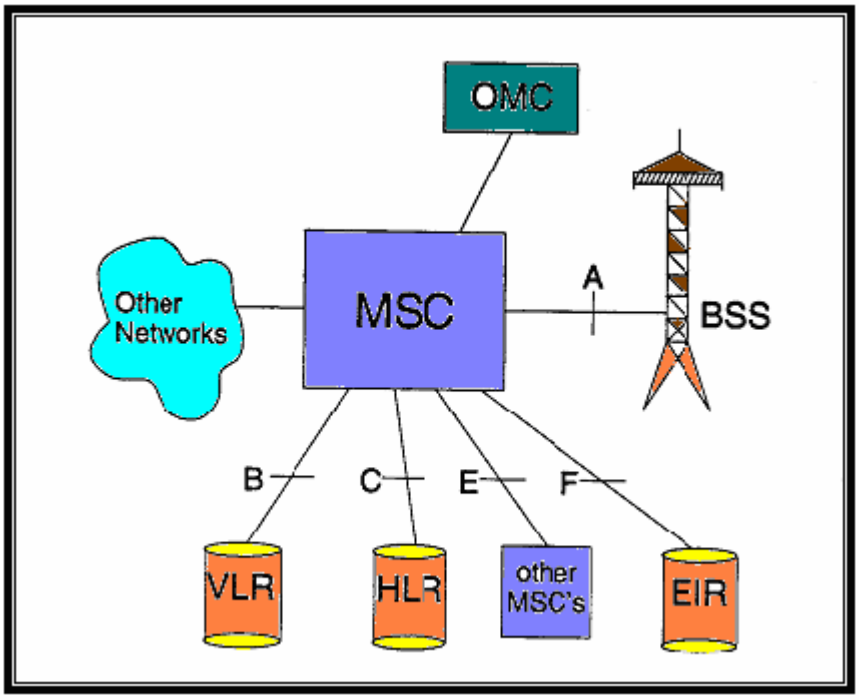
Acting as a gateway mobile switching center to interrogate the HLR and VLR.

٧. تبادل إشارة المعلوماتِ بكياناتِ النظمِ الأخرى

Exchange of signaling information with other system entities.

٨. الوظائف الطبيعية الأخرى لمفتاح تبادلٍ محلي في الشبكةِ الثابتة.

Other normal functions of a local exchange switch in the fixed network

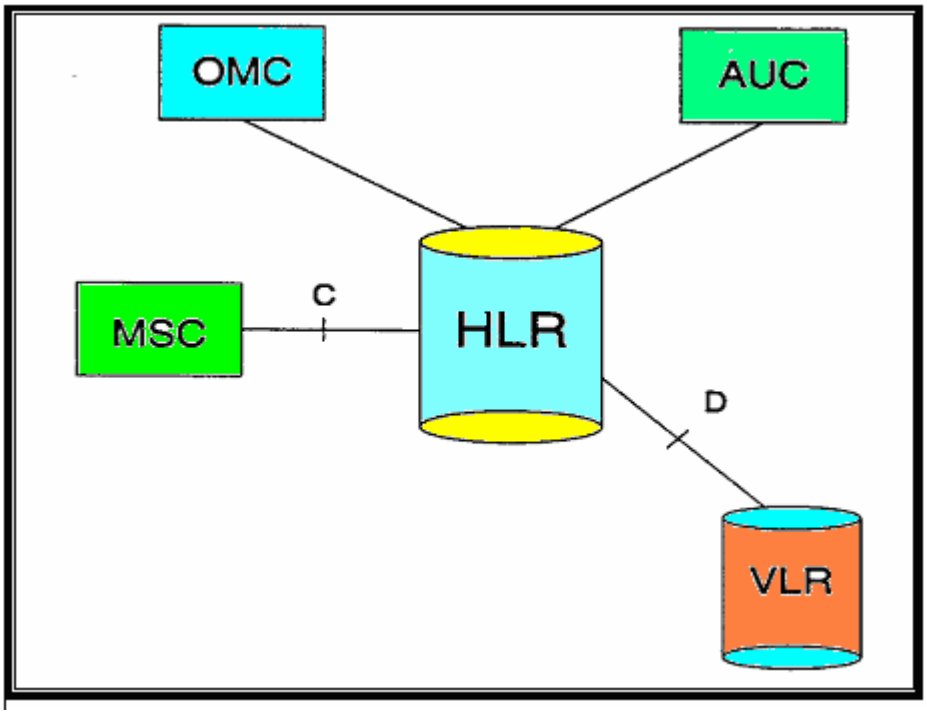


شكل(١ -٩) يبين مركز التبديل للمتنقلات

- **مسجل الموقع المحلي Home Location Register (HLR)**

يحتوي مسجل الموقع المحلي (HLR) الموضح بشكل(١ -١٠) على:

١. هوية لمشترك النقال Identity to mobile subscriber.
٢. دليلِ أرقام متنقلات الشبكة الرقمية للخدمات المتكاملةِ Integrated services digital network directory number of mobile.
٣. معلومات اشتراك على الخدمات عن بعد وحامل الخدمات Subscription information on teleservices and bearer services.
٤. قيود الخدماتِ Services restrictions.
٥. الخدمات الإضافية supplementary services.
٦. معلومات الموقعِ لتوجيه النداءِ Location information for call routing.

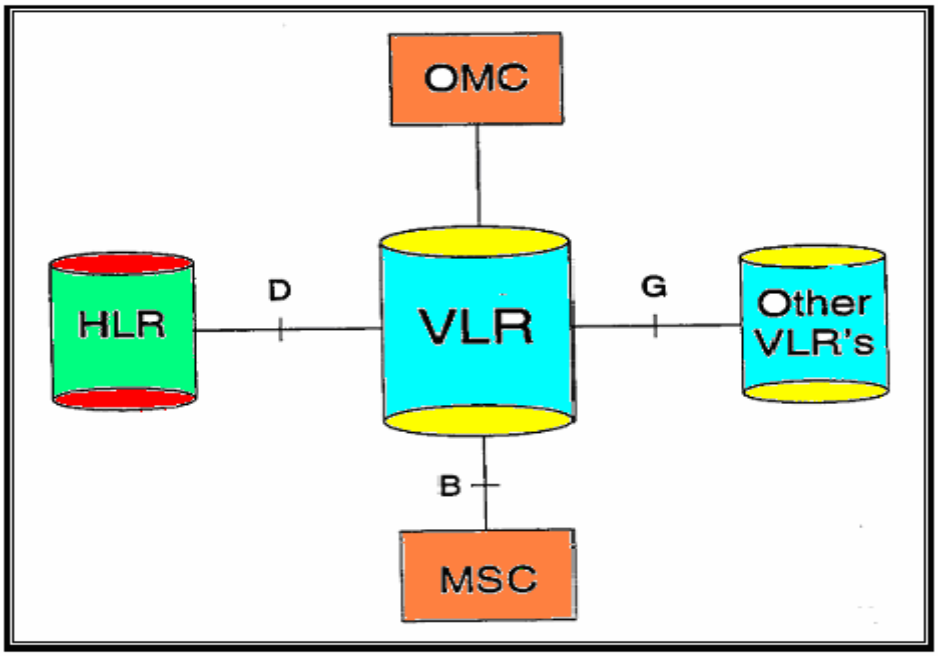


شكل(١ -١٠) يوضح مسجل الحالة المحلي

- **مسجل موقع الزائر** Visitor Location Register

يحتوي مسجل موقع الزائر (VLR) الموضح بشكل(١ -١٠) على:

١. هوية مشترك النقال Identity of mobile subscriber.
٢. أيّ هوية مؤقتة لمشترك النقال Any temporary mobile subscriber identity.
٣. رقم دليل الشبكة الرقمية المتكاملة الخدمات للنقّال ISDN directory number of mobile.
٤. رقم الدليل لتوجيه النداءات إلى محطة التجوال A directory number to route calls to a roaming station.
٥. منطقة الموقع حيث يتم تسجيل النقال Location area where mobile is registered.
٦. نسخة من بيانات المشتركين من مسجل الموقع المحلي Copy of subscriber data from HLR.



شكل(١ -١١) يوضح مسجل موقع الزائر

- **مسجل هوية المعدات** Equipment Identity register (EIR)

يحتوي مسجل هوية المعدات أو الأجهزة شكل(١ -١٢) على ما يأتي:

١. القائمة الصحيحة Valid list:

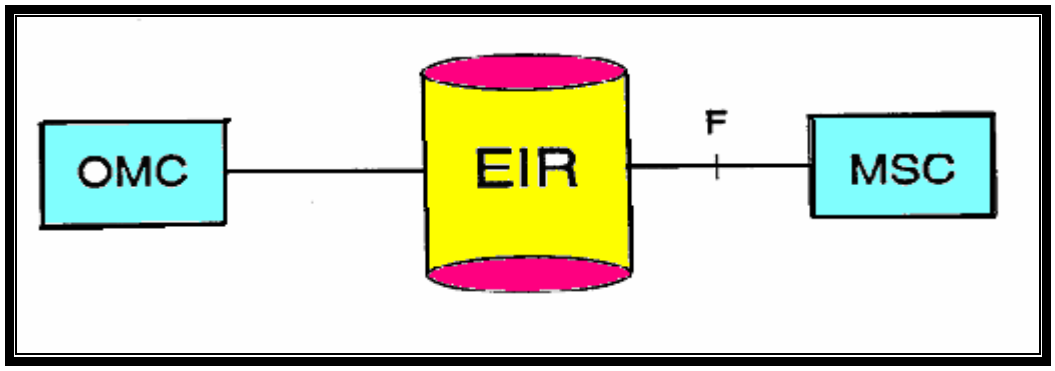
هي القائمة الصحيحة لهويات أجهزة أو معدات المحطات المتنقلة.

٢. قائمة المشبوهين Suspect list:

هي قائمة الهواتف النقالة تحت الملاحظة.

٣. القائمة المحتالة Fraudulent list:

قائمة الهواتف النقّالة لأيّ خدمة مخطّطة.

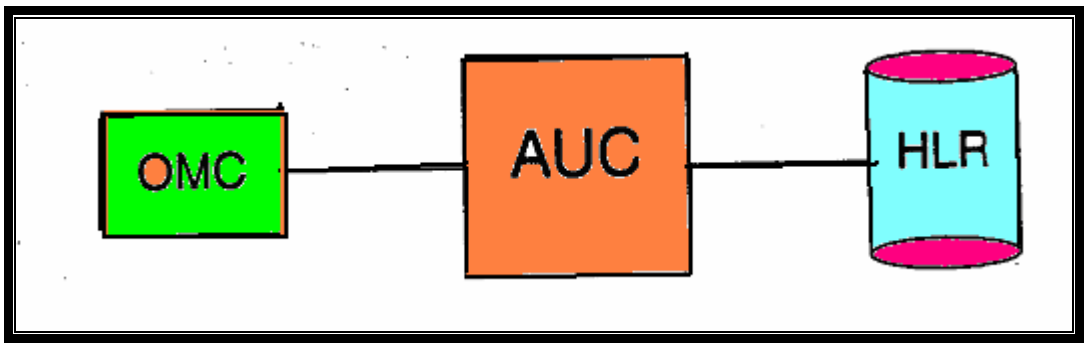


شكل(١ -١٢) مسجل هوية المعدات

- **مركز التوثيق Authentication Center (AUC)**

مركز التوثيق يرتبط عمله بكل من مسجل الموقع المحلي(HLR) ومركز التشغيل والصيانة(OMC) كما هو مبين في شكل(١ -١٣) ويمكن تلخيص عمله بما يلي:

١. يحتوي على بيانات توثيق المشترك تسمى مفاتيح التوثيق ويرمز لها Ki.
٢. توليد بارامترات الأمن ذات العلاقة المطلوبة لتخويل الخدمة باستخدام مفاتيح التوثيقKi.
٣. توليد شكل بيانات موحد يسمى مفتاح الشفرة المطلوب لتشفير كلام وبيانات المستعمل.



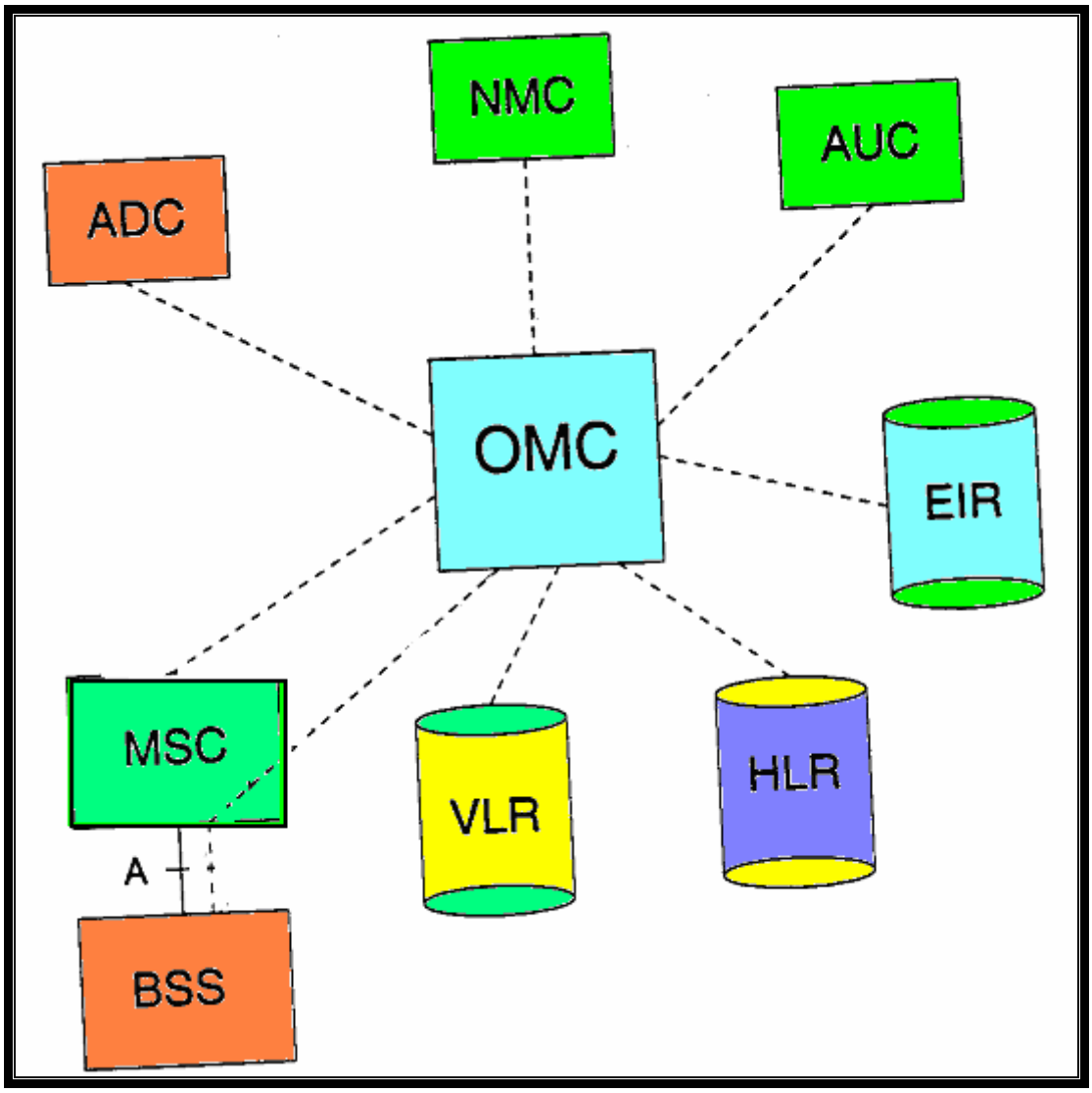
شكل(١ -١٣) يبين مركز التوثيق

- **مركز التشغيل والصيانة Operation and maintenance center (MOC)**

هو العنصر المركزي للسيطرة والمراقبة على عناصر الشبكة الأخرى ويتضمن ذلك نوعية الخدمة المقدمة بالشبكة كما هو موضح في شكل(١ -١٤)، فكل من عناصر الشبكة الأخرى يمكن أن تتم السيطرة عليها عن بعد بواسطة مركز التشغيل والصيانة.

مركز الصيانة والتشغيل ينقسم إلى منطقتين وظيفيتين رئيستين هما:

١. مركز الصيانة والتشغيل جزء التحويل Operation and maintenance center switching part(OMC-S)
يقوم بإدارة وظائف التحويل أو التبديل في الشبكة.
٢. مركز الصيانة والتشغيل جزء الراديوي Operation and maintenance center radio part(OMC-R)
يقوم بإدارة وظائف نظام المحطات القاعدية للشبكة.



شكل(١ -١٥) يوضح مركز التشغيل والصيانة

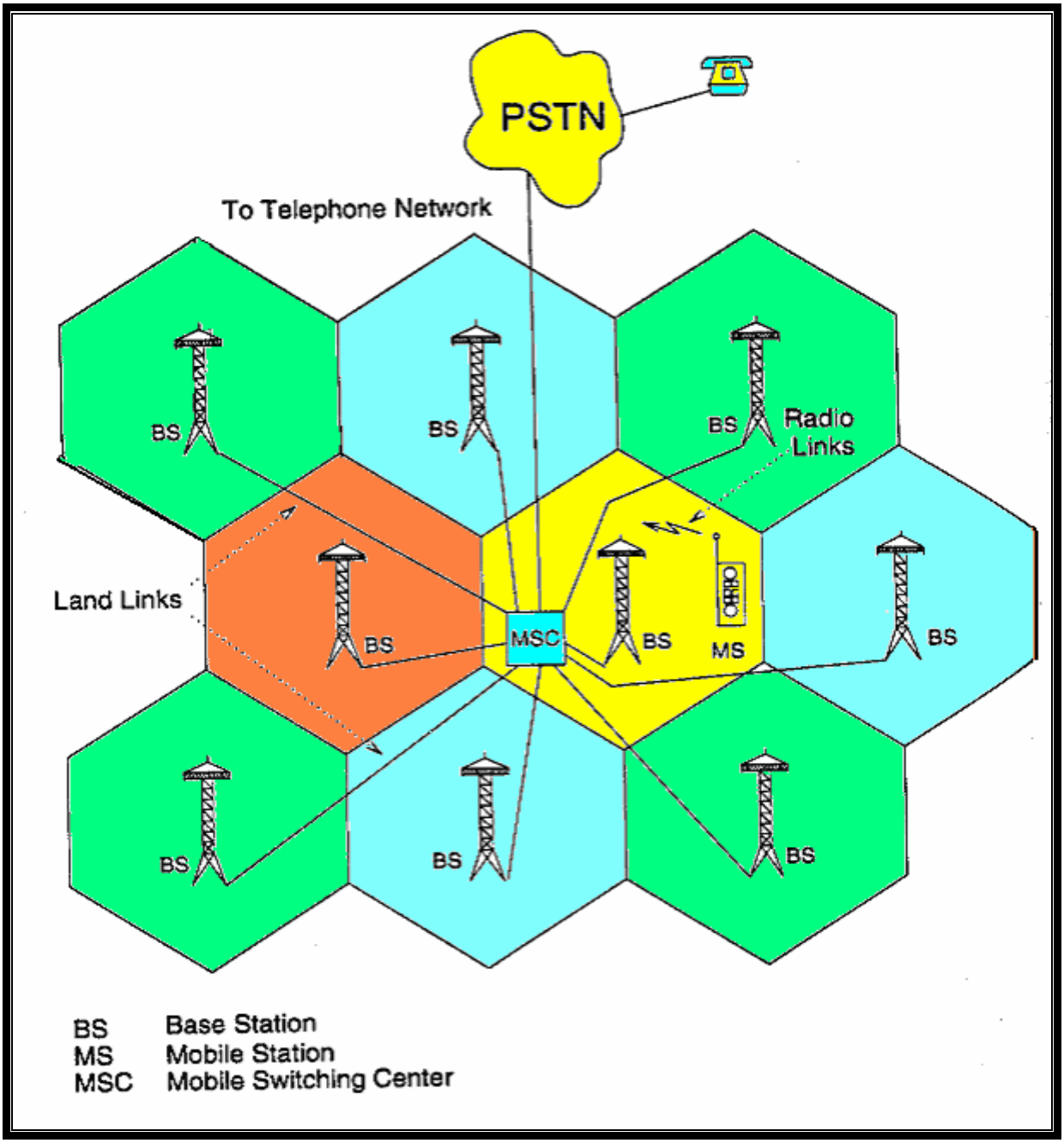
١ -٣ التركيبة الجغرافية لشبكة GSM

كل الشبكات تحتاج إلى بناء محدد ومعلوم لتوجيه النداءات, وفي شبكات الجوال يستخدم البناء لمراقبة موقع المحطةِ النقَّالةِ.

١ -٣ -١ التركيب الخليوي The Cellular Structure

يتركب النظام الخليوي من ثلاثة مكونات رئيسة وهي مركز تبديل المتنقلات والمحطة القاعدية والمحطة المتنقلة وفي النظام الخليوي الحقيقي يقوم مركز التبديل للمتنقلات بخدمة عدد من محطات

القاعدة وكل محطة تخدم منطقة تغطية تعرف بالخلية. مركز تبديل المتنقلات يقوم بتوصيل شبكة الخليوي مع الشبكة الأرضية. وحينما يسافر الجوال من خلية إلى خلية سيقوم مركز التبديل للمتنقلات بتحويل النداء من محطة قاعدة إلى أخرى وهو ما يطلق عليه المناولة(handover).وتستطيع محطة قاعدة واحدة أن تخدم عدة محطات متنقلة تقع في نفس مساحة الخلية في آن واحد. الشكل(١ -١٦) يوضح تركيب النظام الخليوي.



شكل(١ -١٦) يوضح تركيب النظام الخليوي

١ -٣ -٢ المفاهيم الخلوية الأساسية Basic cellular concepts

المبادئ الأساسية للنظام الخليوي يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

- التخصيصُ الطيفيُ الثابتُ يحدد عدد القنواتِ المشاركة التي يُمْكِنُ أَنْ تستَعملَ.
- القنوات يجب أنْ يعاد استعمالها في كافة أنحاء منطقةِ الخدمة لتدعيم طلب الخدمة.
- اضمحلال الإشارة مع المسافةِ يَسْمحُ بإعادة استعمال القناة.

عندما يَنْظرُ إلى الشبكةِ الخليويةِ، يجب أن يتم فهم عدد مِن المبادئِ الرئيسة المهمة حيث إن الطيفَ المخصص للشبكة الخلوية محدد.وكنتيجة لذلك فعددِ القنواتِ الذي يمكن أَنْ يُستعمل محدود والشبكة الخلوية يُمْكِنُ فقط أَنْ تُقدّم خدمة إلى عدد كبير مِن المشتركين، إذا تم إعادة استعمال القنوات المخصصة.

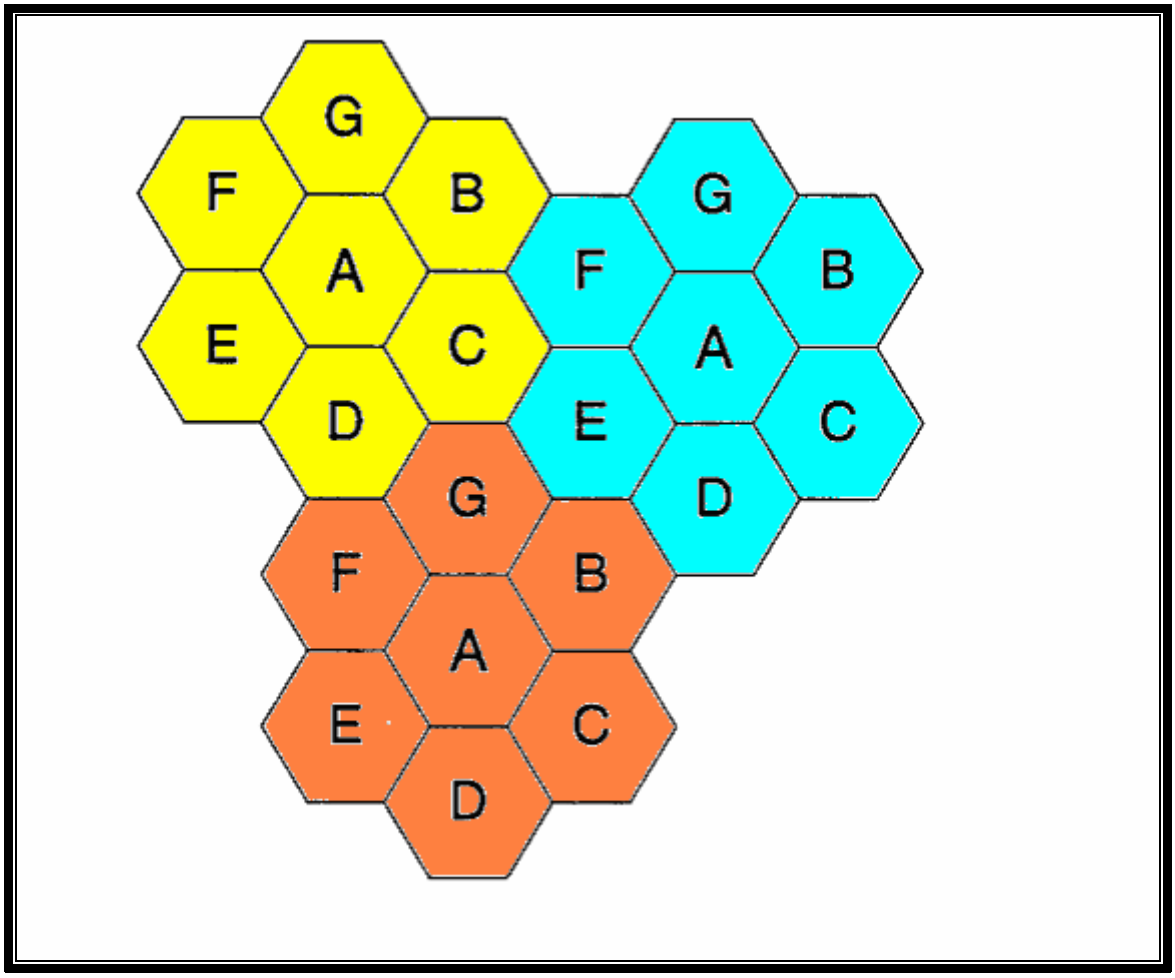
إعادة استعمال القناة يتم تنفيذه باستعمال نفس القنواتَ ضمن المنطقةِ، المسمّاة بالخلايا والمحددة في المواقعِ المختلفة في منطقةِ خدمة الشبكةِ الخليوية. فإعادة استعمال القناة يكون ممكنا كنتيجة لاضمحلال الإشارة مع المسافةِ إلى المحطة القاعدية. فعندما تصبح المسافة بين الخلايا التي تستعمل نفس القناة صغيرة جداً قد يحدث تداخل على نفس القناة ويُؤدّي إلى إعاقة للخدمة أو نوعية غير مقبولةِ مِن الخدمة.وفي الحقيقة، عند هندسة الشبكة الخليوية، المبادلة الأكثر أهميةً هي المواءمة بين القدرةِ وأداءِ النداءِ حيث تزداد قدرة النداءِ مع زيادة إعادة استعمال القناة بينما ينقص الأداء كنتيجة للتداخل المكبر على نفس القناة.

في هذا الجزء سوف يتم شرح قضايا إعادة استعمال القناة واضمحلال الإشارة وتجمع الخلية وعلاقتِها ببعض. سيتم أيضاً توضيح تأثيرات هذه القضايا على مبادلة القدرة والأداء.

- **إعادة استعمال القناة Channel reuse**

يمكن إعادة استعمال القنوات الراديوية شرط أن يكون الفاصل بين الخلايا التي تَحتوي نفس مجموعةِ القناةِ كافية جداً لكي يبقى التداخل على نفس الخلية تحت مستويات القبول أغلب الوقت. الشكل(١ -١٧) يوضح ثلاث تجمعات خلايا كل تجمع يتكون من ٧ خلايا ويوجد ٧ مجموعات قناة من A إلى G.

تستخدم كل مجموعات القناة في تجمع من خلايا متجاورة وحيث إنه يوجد ٧ مجموعات قناة لذا يمكن أن تقسم شبكة المتنقلات الأرضية العامة إلى تجمعات وكل تجمع يتكون من ٧ خلايا. الشكل(١ - ١٧) يشير إلى ثلاثة تجمعات عناقيد.



شكل(١ -١٧) يوضح إعادة استعمال القناة

عدد مجموعات القناة يطلق عليه K وفي شكل(١ -١٧) K=7 ويمكن إيجاد القيم الحقيقية لعدد مجموعات القناة K عن طريق المعادلة التالية:

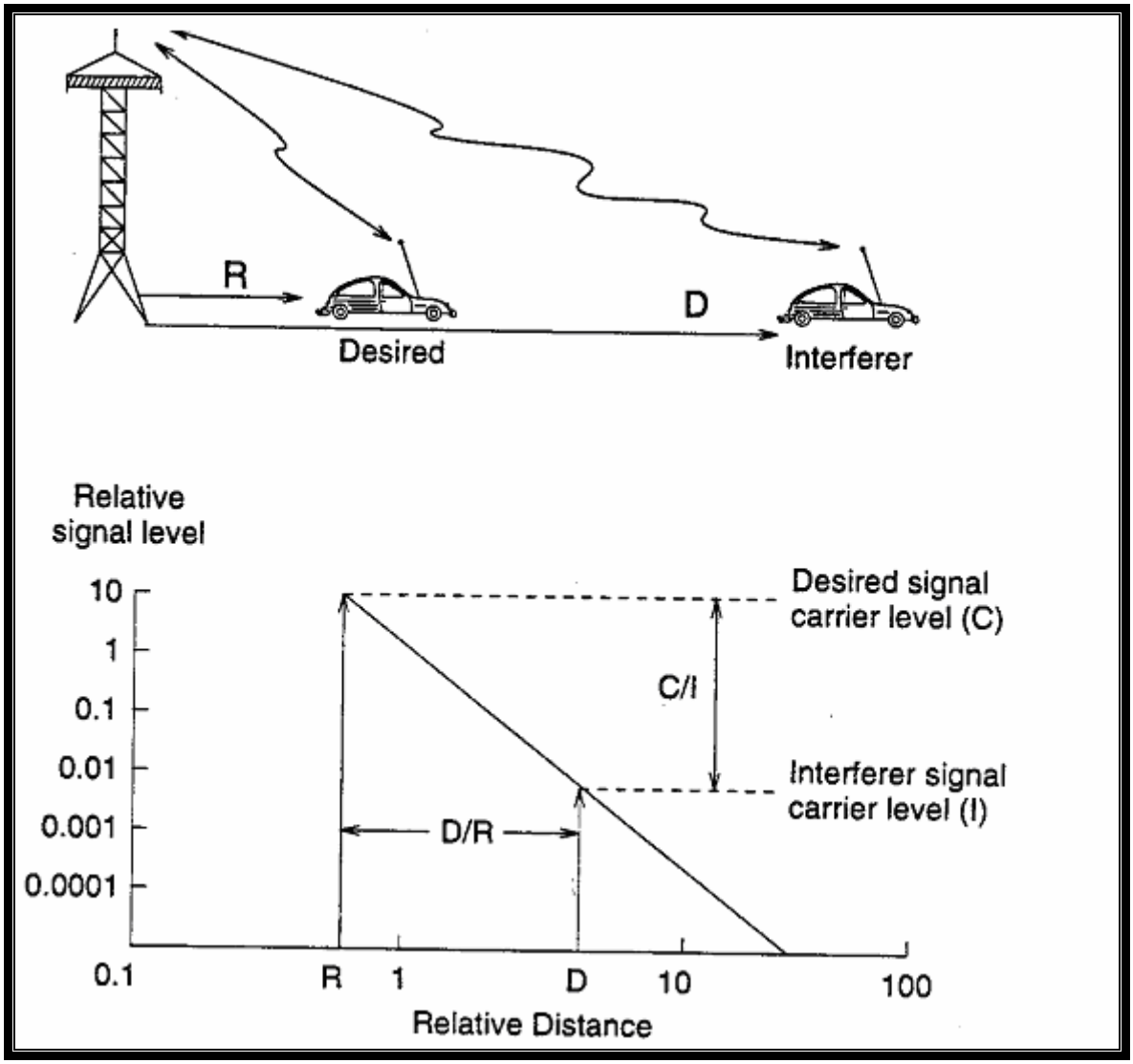
$$K = i^2 + j^2 + ij \qquad \text{where i and j are integers}$$

- **اضمحلال الإشارة مع المسافة Signal attenuation with distance**

يمكن إعادة استعمال الترددات في كافة أنحاء منطقة الخدمة لأن إشارات الراديو تضمحل نموذجياً مع المسافة. طالما كانت نسبة إعادة استعمال المسافة (D) إلى نصفِ قطر الخليةِ(R) أكبر مِنْ بَعْض القيمةِ المحدّدةِ، نسبة الاستقبال المطلوب لقدرة الحامل الإذاعي(C) إلى قدرة استقبال التداخل للحامل الإذاعي (I)ستكون أكبر مِنْ بعض الكمية المعطاة لأحجام الخلية الصغيرة بالإضافة إلى الكبيرةِ عندما ترسل كُلّ الإشارات في نفس مستوى القدرة الكهربائية. شكل(١ -١٨) يوضح علاقة

اضمحلال الإشارة مع المسافة. في محطة القاعدةِ كلتا الإشارات مِن المشتركين ضمن الخليةِ التي تغطي هذه القاعدةِ والإشاراتِ مِن المشتركين بالخلايا الأخرى يتم استقبالها. التداخل سببه الخلايا التي تَستعملُ نفس مجموعة القناة.

النسبة D/R مِن الضروري أَنْ تَكُونَ كبيرة بما فيه الكفاية لكي تَتمكّن القاعدة من تَحَمُّل التداخلِ.



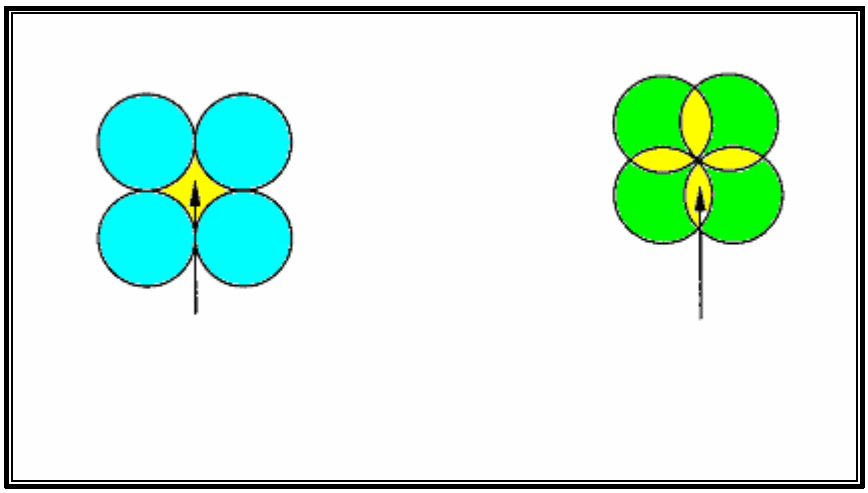
شكل(١ -١٨) يوضح علاقة اضمحلال الإشارة مع المسافة

١ -٣ -١٣الخلية Cell

- هي الوحدة الأساسية للنظام الخليوي.
- هي المساحة التي تغطى إذاعياً بواسطة نظام الهوائي لمحطة قاعدية واحدة.
- كل خلية مخصص لها رقم محدد ولها هوية خلية عالمية.

- **الشكل الهندسي للخلية**

الشكل الدائري للخلية يعتبر من أبسط الأشكال إلا أنه لا يستخدم لأغراض التصميم حيث إن هذا الشكل ينتج إما مناطق ميتة أو مناطق تداخل كما يتضح ذلك من الشكل(١ -١٩).

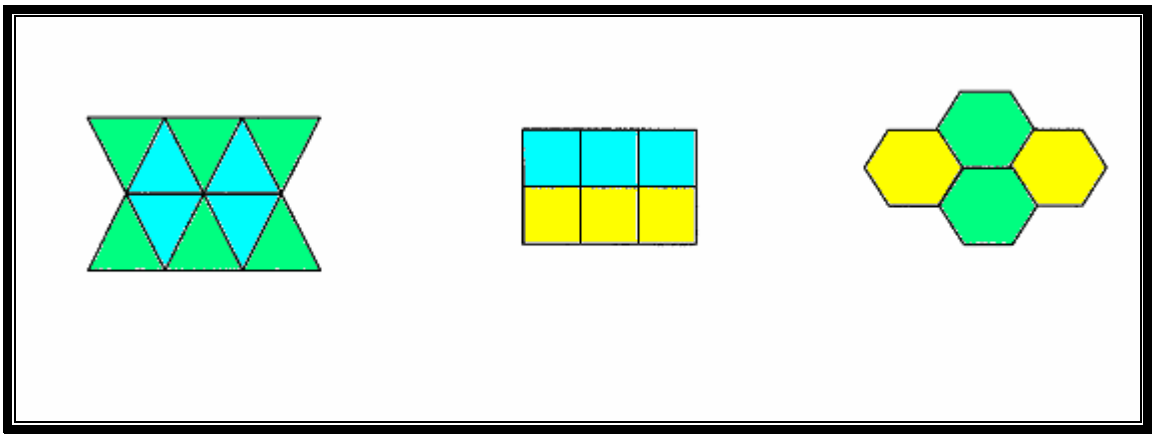


شكل(١ -١٩) يوضح خلايا ذات شكل دائري

ولمعالجة مشاكل مناطق التداخل أو المناطق الميتة يمكن استخدام الأشكال التالية والموضحة بشكل(١ -٢٠):

١. المثلث متساوي الأضلاع Equilateral triangle
٢. المربع The square
٣. السداسي المنتظم The regular hexagon

تم تبني النظام السداسي لأسباب اقتصادية وعملية حيث يمثل التغطية الكهرومغناطيسية من أي مرسل.



شكل(١ -٢٠) يوضح ثلاثة مضلّعات منتظمة

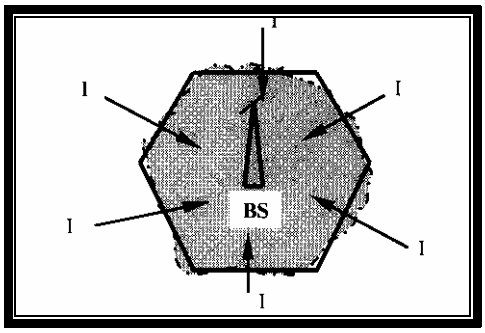
- **تغطية الخلية The cell coverage**

١. الخلية المتعددة الاتجاهات بـ٦ تداخلات(شكل(١ -٢١)):

-هوائي محطة القاعدة متعدد الاتجاهات في المستوى الأفقي.

-محطة القاعدة تنير كامل الخلية.

-عدد ٦ تداخلات.



شكل(١ -٢١) يوضح خلية متعددة الاتجاهات

٢. خلية بمقطع ١٢٠ درجة بتداخلين (شكل(١ -٢٢)):

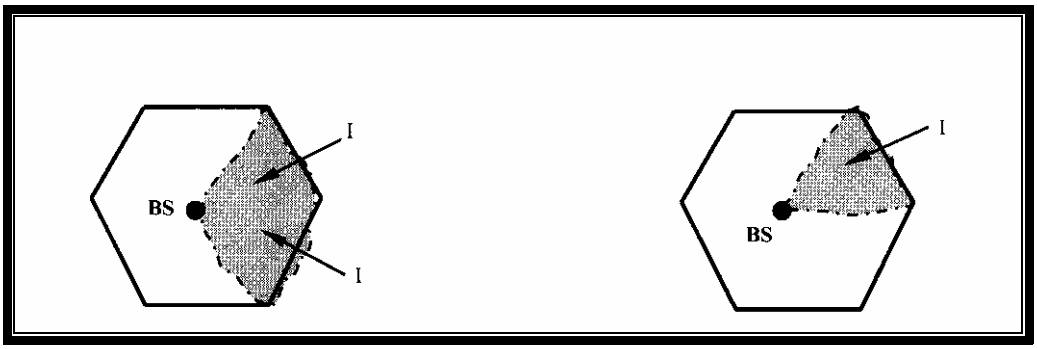
- هوائي محطة القاعدة اتجاهي بنمط إشعاع مقطعي.

- محطة القاعدة تنير ٣ خلايا ثانوية معينة بنمط إشعاعي بمقطع ١٢٠ درجة.

- عدد التداخلات اثنين.

٣. خلية بمقطع ٦٠ درجة وتداخل واحد(شكل(١ -٢٢)):

- هوائي محطة القاعدة اتجاهي بنمط إشعاع مقطعي.
- محطة القاعدة تنير ٦ خلايا ثانوية مثلثية بنمط إشعاعي بمقطع ٦٠ درجة.
- عدد التداخلات واحد.

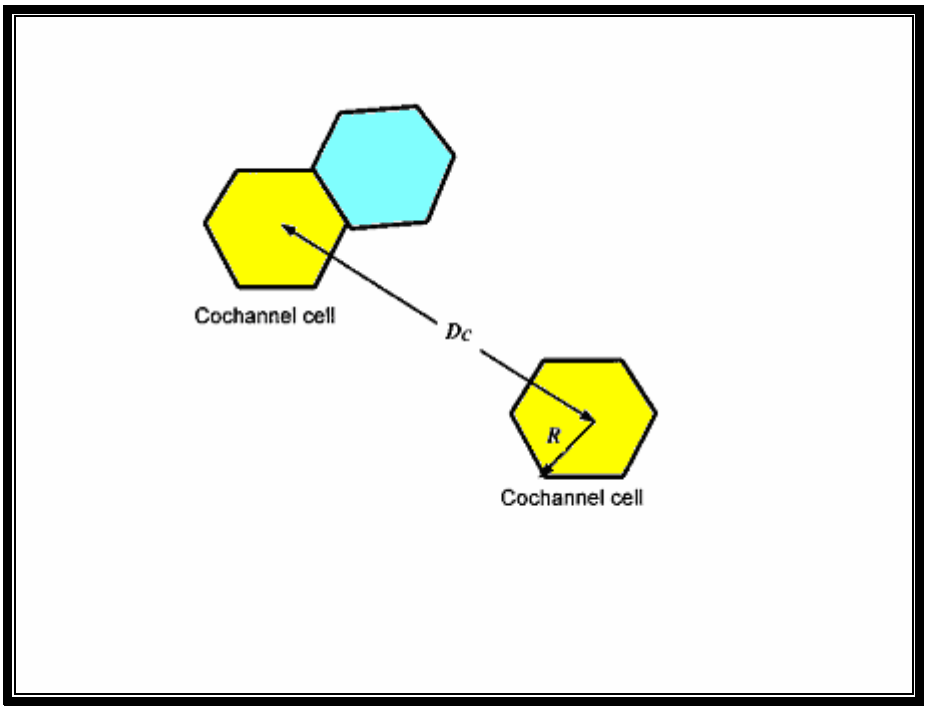


شكل(١ -٢٢) يوضح خلايا مقطعية

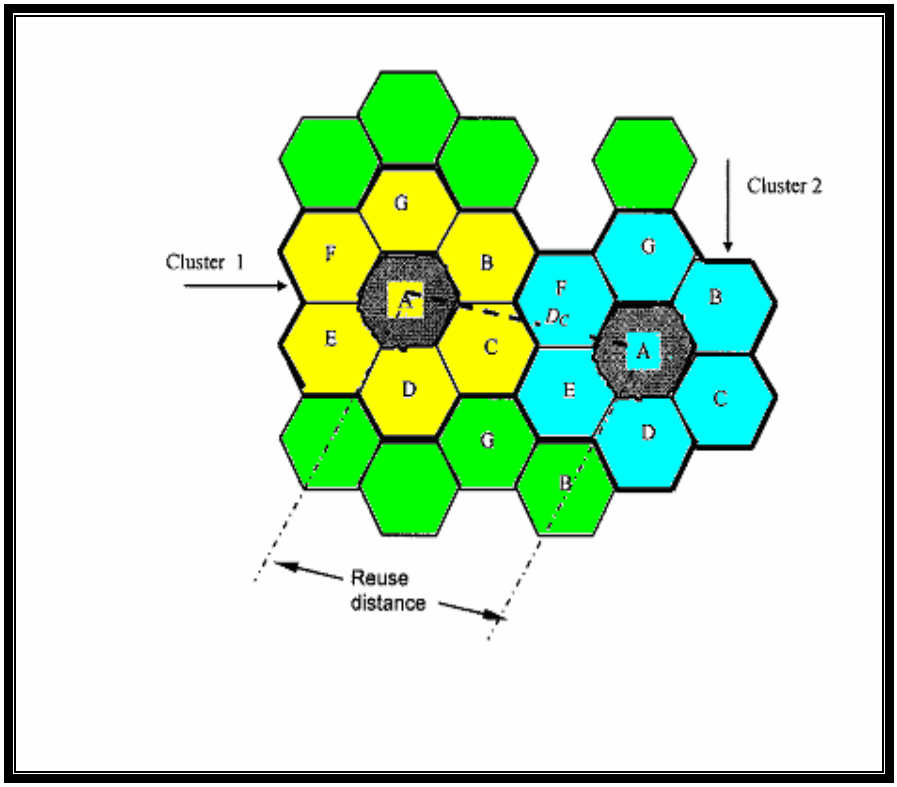
١ -٣ -٤ إعادة استعمال التردد ومفهوم التجمع أو العنقود

Frequency reuse and the concept of a cluster

- تنظم الخلايا الفسيفسائية إلى عناقيدِ
- كُلّ عنقود يُخصّصُ نطاقاً ترددياً راديوياً نقّال كلي لكي يكون مشتركاً بين خلاياه.
- شكل العنقود المضبوط ليس فريدا ولهذا يحتوي على خلية لكل مجموعة من القنوات.
- يختار حجم العنقود بحيث تتلاحم العناقيد إلى المناطقِ المتاخمةِ.
- الخليتان اللتان تستخدمان نفس القناة تسمى خلايا القناة المشتركة.كما هو موضح بشكل(١ -٢٣).
- المسافة بين مركزي أية خليتين بقناة مشتركة تسمى مسافة إعادة استعمال التردد ويرمز لها D.
- شكل(١ -٢٤) يوضح عنقودين ب٧ خلايا تعتمد على بناء الخلية السداسي المنتظم.



شكل(١ -٢٣) يوضح علاقة مسافة إعادة الاستعمال ونصف قطر الخلية



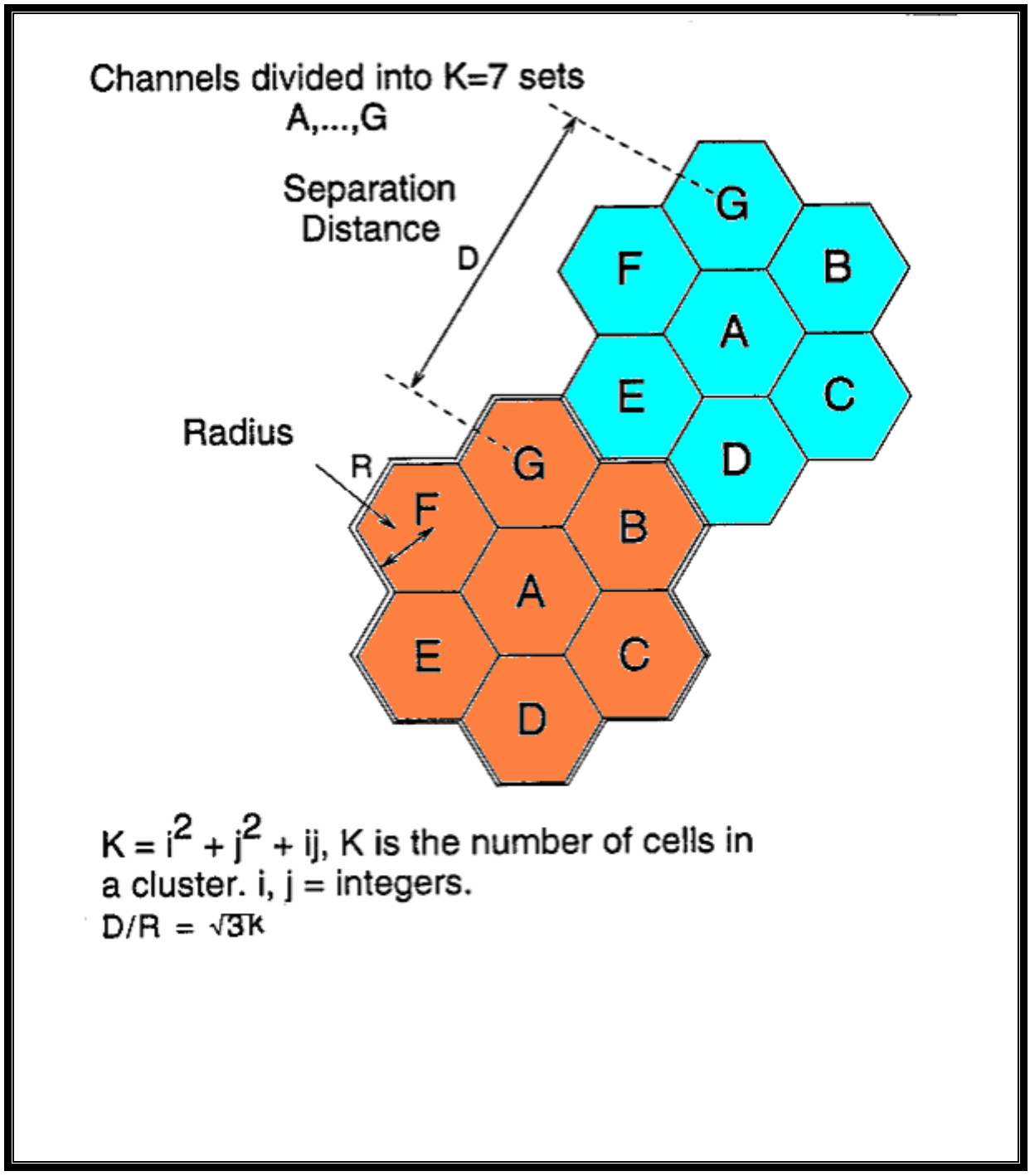
شكل(١ -٢٤) يوضح عنقودين بسبعة خلايا

- **العلاقة بين K و D/R**

يمكن التعبير عن العلاقة بين K و D/R بالمعادلة التالية:

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3K}$$

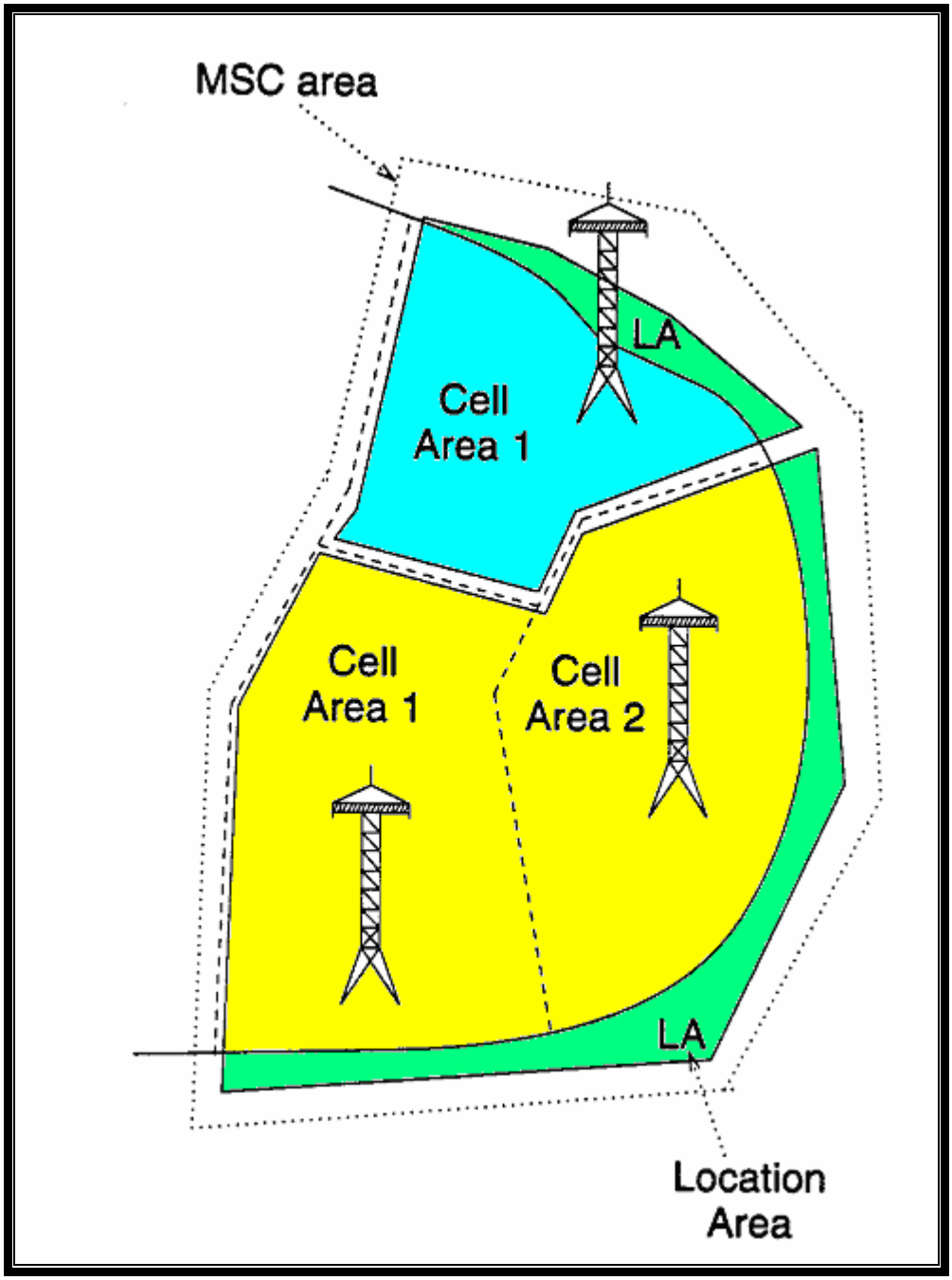
شكل(١ -٢٥) مثال فيه K=7 وبالتالي D/R=4.6



شكل(١ -٢٥)

١ -٣ -٤ المنطقة المحلية Location area

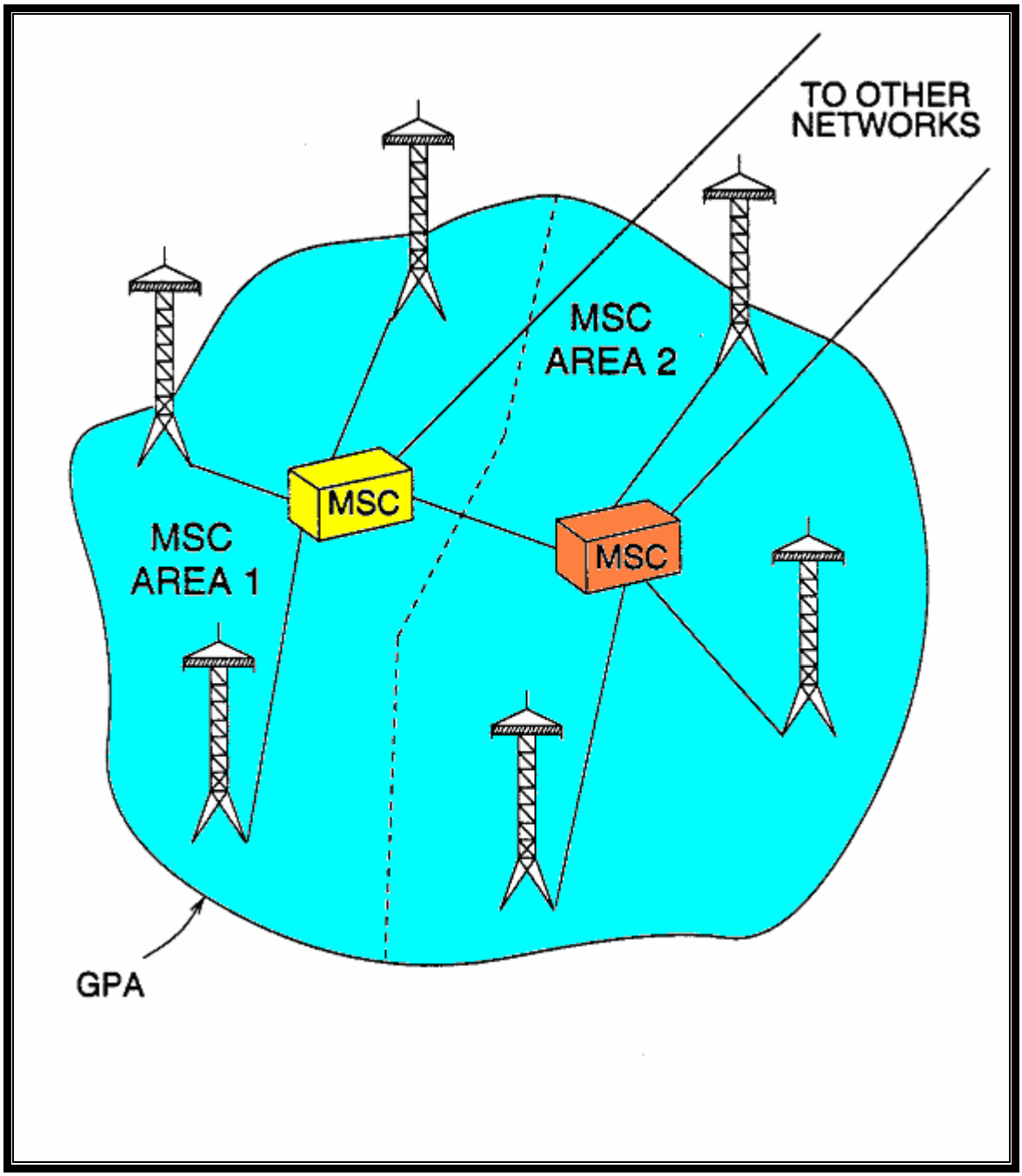
- مجموعة من الخلايا لها هوية كما يوضح شكل(١ -٢٦).
- هوية المنطقة المحلية التي تقع فيها محطة المتنقلات تخزن في مسجل موقع الزائر.
- للنداء القادمِ تذاع صفحة الرسالة ضمن كُلّ الخلايا التي تنتسب إلى المنطقةِ المحلية.



شكل(١ -٢٦) يبين المنطقة المحلية

١ -٣ -٥ المنطقة الخدماتية التابعة لمركز بدالات الاتصالات المتحركة(MSC)

- يخدم عدداً من المناطق المحلية شكل(١ -٢٧).
- تمثل منطقة جغرافية من الشبكة يتم التحكم فيها بمركز بدلات واحد للمتنقلات.
- منطقة خدمة النظام الفرعي لمركز بدلات المتنقلات يتم تخزينه في مسجل الموقع المحلي.



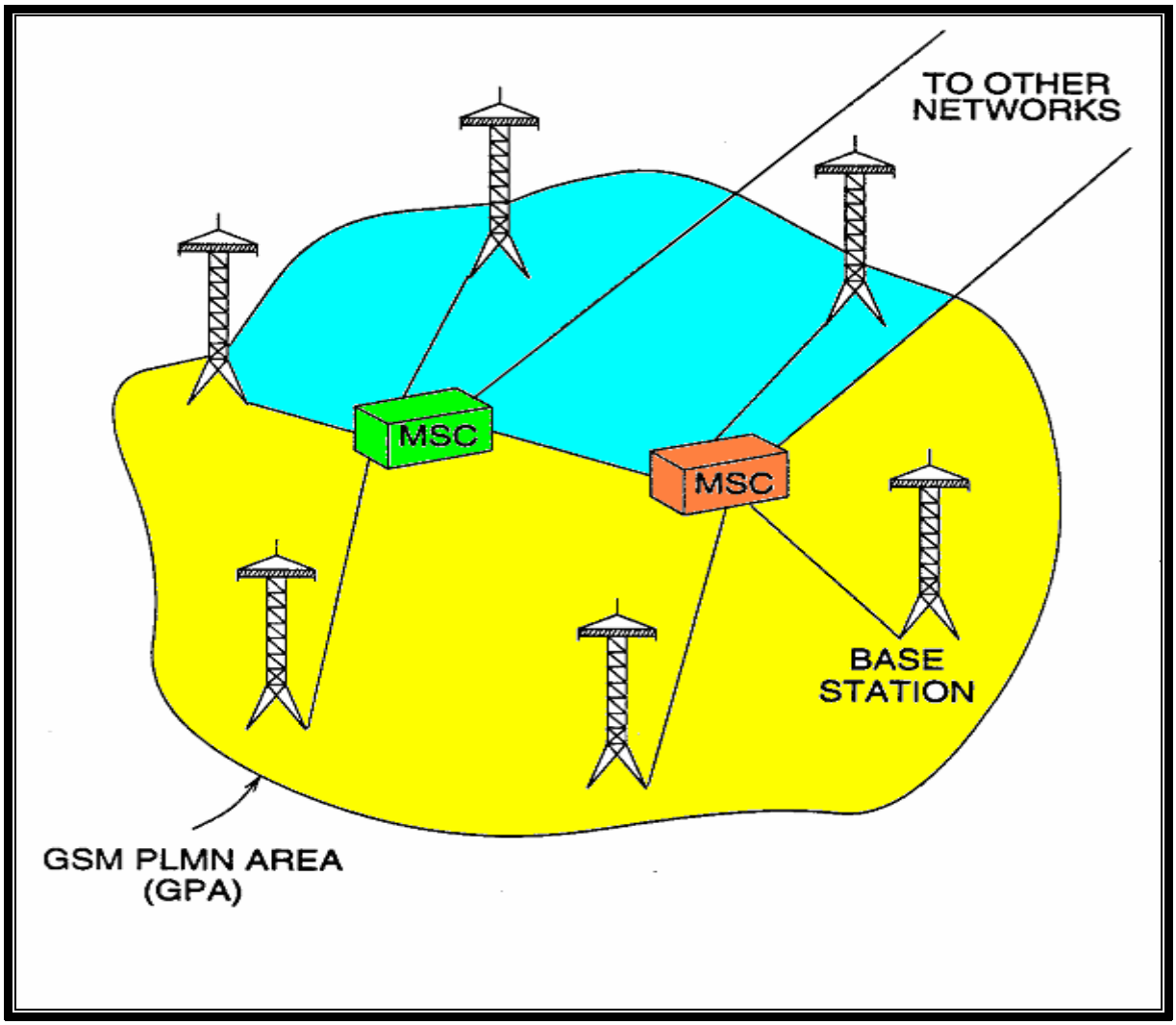
شكل(١ -٢٧) يبين منطقة خدمة MSC

١ -٣ -٦ منطقة خدمة شبكة المتنقلات الأرضية العامة PLMN

- مجموعة كاملة من الخلايا يتم خدمتها مِن قِبل مشغل واحد
- في الدولة الواحدة يوجد عدة مناطق خدمة لشبكة المتنقلات الأرضية العامة.

١ -٣ -٧ منطقة خدمات GSM

- منطقةِ خدمة كاملة التي فيها المشتركون يُمْكِنُ أَنْ يَتمكّنوا من الدخول إلى شبكةِ GSM شكل(١ -٢٨).
- يتم من خلالها التجوال الدولي حيث تتحرك محطة المتنقلات من شبكة متنقلات أرضية عامة إلى أخرى .



شكل(١ -٢٨) يوضح منطقة خدمة GSM

١ -١٤ المجالات الترددية المستخدمة في نظام GSM

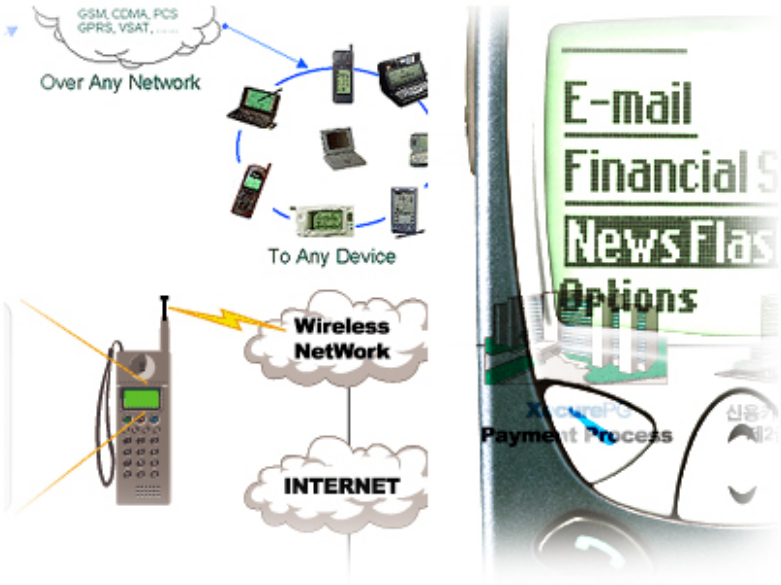
الجدول التالي يوضح المجالات الترددية لنظام GSM ومواصفات كل نظام:

م	اسم النظام	المواصفات
١	P-GSM 900	أعلى الوصلةuplink: 890-915MHZ من MS إلى BS أسفل الوصلةِdownlink: 935-960MHZ من BS إلى MS الطول الموجي λ = 33cm عرض النطاق الترددي BW=2×25MHz المسافة المزدوجة Duplex distance=45MHz الإشارة الحاملة Carrier=200KHz معدل الإرسال Transmission rate = 270.8 Kbps عدد القنوات no. Of channels = 125
٢	E-GSM 900	أعلى الوصلةuplink: 880-915MHZ من MS إلى BS أسفل الوصلةِdownlink: 925-960MHZ من BS إلى MS الطول الموجي λ = 33cm عرض النطاق الترددي BW=2×35MHz المسافة المزدوجة Duplex distance=45MHz الإشارة الحاملة Carrier=200KHz معدل الإرسال Transmission rate = 270 Kbps عدد القنوات no. Of channels = 175
٣	GSM 1800	أعلى الوصلةuplink 1710-1785MHZ من MS إلى BS أسفل الوصلةِdownlink: 1805-1880MHZ من BS إلى MS الطول الموجي λ = 17cm عرض النطاق الترددي BW=75MHz المسافة المزدوجة Duplex distance=95MHz

		الإشارة الحاملة Carrier=200KHz
		معدل الإرسال Transmission rate = 270 Kbps
		عدد القنوات no. Of channels = 373
٤	GSM 1900	أعلى الوصلةuplink 1850-1910MHZ من MS إلى BS أسفل الوصلةِdownlink :1930-1990MHZ من BS إلى MS
		الطول الموجي λ = 16cm
		عرض النطاق الترددي BW=60MHz
		المسافة المزدوجة Duplex distance=80MHz
		الإشارة الحاملة Carrier=200KHz
		معدل الإرسال Transmission rate = 270 Kbps
		عدد القنوات no. Of channels = 300

الاتصالات المتنقلة

معطيات الاتصالات اللاسلكية



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الثانية : معطيات الإتصالات اللاسلكية

الهدف :

تهدف هذه الوحدة الى :

١. تبسيط مفهوم الواجهة اللاسلكية في شبكة أنظمة الإتصالات المتنقلة .
٢. توضيح مفهوم الترميز والتشفير والتعديل في الإتصالات المتنقلة .
٣. إعطاء المتدرب فكرة عن مختلف الهوائيات المستعملة في الواجهة اللاسلكية .
٤. تبسيط مفهوم الإنتشار ومايتبعه من مشاكل والحلول المستعملة في أنظمة الإتصالات المتنقلة GSM .

المهارات المكتسبة :

بعد دراسة هذه الوحدة سيتمكن المتدرب من اكتساب المهارات التالية :

١. التمييز بين مختلف أنواع العناصر المركبة للواجهة اللاسلكية .
٢. التمييز بين مختلف أنواع التشفير والترميز المستعملة في نظام GSM .
٣. الحكم على جودة نظام الإتصالات المتنقلة حسب معايير محددة لواجهة اللاسلكية .

٢ -١ التردد Frequency

التردد هو عدد تكرار الموجة الكهرومغناطيسية في ثانية واحدة ويرمز له ب f . و الوحدة المستخدمة في قياس التردد هي الهيرتز Hertz و يرمز لها ب Hz . ويرتبط بالتردد مقدار طول الموجة wavelength و يرمز له ب λ و كذلك سرعة الضوء speed of light ويرمز لها ب c وهي $3x10^8$ m/s في الفراغ . وترتبط جميع القيم السابقة بالعلاقة

$$f = c/\lambda \qquad (2\text{-}1)$$

٢ -٢ المعطيات الترددية Frequency spectrum

الطيف الترددي frequency spectrum للموجات الراديوية radio wave المستخدمة في تراسل المعلومات لاسلكيا يمتد في مجال التردد من 300 Hz إلى 300 THz . و يوضح الجدول(٢ -١) ملخصاً للطيف الترددي للموجات الراديوية و يشمل الجدول نطاق التردد و طول الموجة و الحزمة الترددية و بعض الاستخدامات في مجال الاتصالات اللاسلكية

نطاق التردد	طول الموجة	الحزمة الترددية	بعض الاستخدامات
0.3 – 30KHz	1Mm – 10Km	VLF	التلغراف و الملاحة
30 – 300KHz	10Km – 1Km	LF	اتصالات الغواصات و إذاعات الراديو LW
0.3 – 3MHz	1Km – 100m	MF	إذاعات الراديو MW
3 – 30MHz	100m – 10m	HF	إذاعات الراديو SW و FM
30 – 300MHz	10m – 1m	VHF	التلفزيون VHF
0.3 – 3GHz	1m – 10cm	UHF	التلفزيون UHF الهواتف المحمولة
3 – 30GHz	10cm – 1cm	SHF	أنظمة الميكروويف
30 – 300GHz	10cm – 1mm	EHF	للاستعمال المستقبلي

جدول(٢ -١) ملخص للطيف الترددي للموجات الراديوية

٢ -٣ النطاق الترددي Band width

في الإرسال التماثلي يعرف النطاق الترددي Band width و يرمز له ب BW بأنه عرض المجال الترددي الذي لا تقل خلاله القدرة للموجات الراديوية فيه عن حدود مقبولة لا تؤثر في جودة الإشارة المستقبلة (50% مثلا من أعلى قيمة لها) و وحدته هي Hertz . و في الإرسال الرقمي يعرف النطاق الترددي بعدد المعلومات الرقمية الثنائيةbits المرسلة في الثانية الواحدة و تكون وحدته في هذه الحالة bit/sec. و يبين الجدول (٢ -٢) أمثلة للنطاقات الترددية لبعض نظم الاتصالات اللاسلكية المحمولة المستخدمة في أوروبا و الولايات المتحدة الأمريكية و اليابان.

	أوروبا	الولايات المتحدة الأمريكية	اليابان
نظم الهواتف المحمولة Mobile phones	NMT 452-457 MHz 462-467 MHz GSM 890-915 MHz 935-960 MHz 1710-1785 MHz 1805-1880 MHz	AMPS, TDMA, CDMA 824-849 MHz 869-894 MHz GSM, TDMA, CDMA 1850-1910 MHz 1930-1990 MHz	PDC 810-820 MHz 940-956 MHz 1429-1465 MHz 1477-1513 MHz
نظم الهواتف اللاسلكية Cordless telephones	CT1+ 885-887 MHz 930-932 MHz CT2 864-868 MHz DECT 1880-1900 MHz	PACS 1850-1910 MHz 1930-1990 MHz PACS-UB 1919-1930MHz	PHS 1895-1918 MHz JCT 254-380 MHz

جدول(٢ -٢) أمثلة للنطاقات الترددية لبعض نظم الاتصالات اللاسلكية المحمولة.

٣ -٤ القنوات Channels

يمكن تقسيم مجال ترددي معين إلى عدد من القنواتchannels بحيث يتم تعيين قيمة ترددية أو نطاق ترددي محدد لكل قناة و يراعى تحديد فاصل ترددي كافٍ بين القنوات المتجاورة تفاديا للتداخل.

٢ -٥ سرعة الإرسال

تنتشر الموجات الراديوية في الفراغ بسرعة الضوء وهي $c = 3x10^8$ m/s . وتختلف سرعة الإرسال v مع اختلاف الوسط الذي تنتشر فيه الموجات حسب العلاقة التالية

$$v = c / \sqrt{\varepsilon_r}$$

حيث ε_r هي قيمة السماحية relative permitivity النسبية لوسط الإرسال. ومن المعتاد اعتبار $\varepsilon_r = 1$ للهواء و احتساب سرعة الإرسال في الهواء مساوية لسرعة الضوء في الفراغ و هي $3x10^8$ m/s.

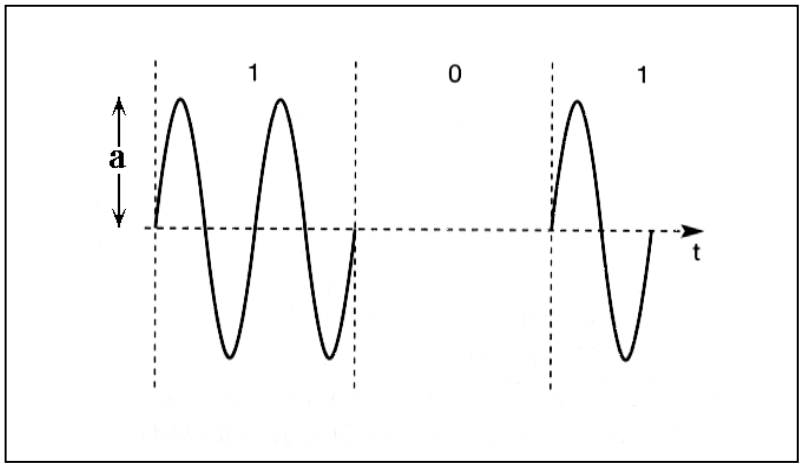
٢ -٦ طريقة التعديل Modulation

تتم عملية التعديل modulation لإشارة المعلومات بتعديل واحد من ثلاث قيم وهي الاتساع Amplitude و التردد Frequency و زاوية الطور Phase. و في الأنظمة الرقمية يتم تحويل المعلومات الرقمية الثنائية bits(0 and 1) إلى إشارات تماثلية ليتم إرسالها تماثليا كما يحدث عند إرسال المعلومات الرقمية (كمعلومات الحاسب الآلي) عبر خط هاتفي باستخدام جهاز المودم Modem. فيقوم المودم بتحويل المعلومات الرقمية إلى إشارات تماثلية في الطرف المرسل و يقوم بالعكس في الطرف المستقبل. أما في الإرسال الرقمي كما في حالة الشبكات المحلية السلكية wired local area networks فإن المعلومات الرقمية ترسل في حالتها الرقمية. وفي الشبكات اللاسلكيةwireless networks لا يمكن إرسال المعلومات إرسالا رقميا لذا فلا بد من تحويلها إلى إشارات تماثلية باستخدام إحدى طرق التعديل الأساسية الثلاثة التالية :

- تعديل الإزاحة الاتساعي Amplitude shift keying (ASK)

يوضح الشكل(٢ -١) مثالاً لطريقة تعديل الإزاحة السعوي ASK وهو أبسط طرق التعديل الرقمي حيث يتم تمثيل المعلومات الرقمية الثنائية 0 و 1 بسعتين مختلفتين. وكما في المثال فقد تم تمثيل حالة 0 بسعة تساوي صفراً و تم تمثيل حالة 1 بسعة تساوي a. ولهذا النوع من التعديل بعض العيوب لحساسيته لأخطاء الإرسال كالتداخلات interference و الضوضاء noise و تشتت الإشارة

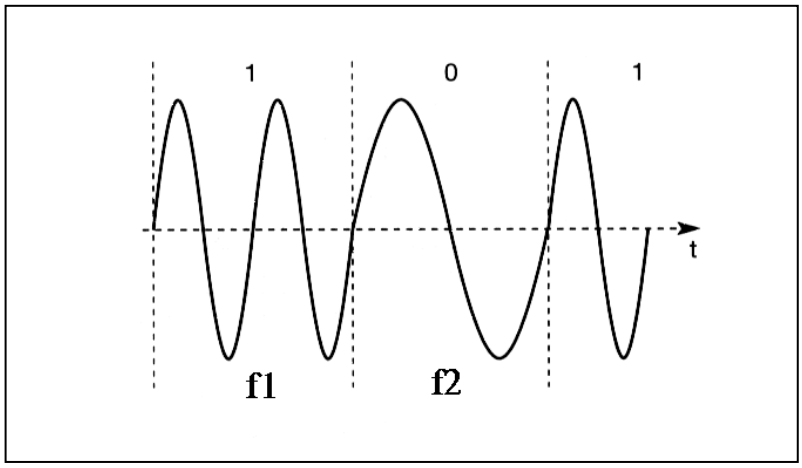
بتعدد المساراتmulti-path propagation لذا فإنه لا يمكن ضمان صحة الإشارة في حالة الإرسال اللاسلكي بوجود مثل هذه الأخطاء.



الشكل(٢ -١) مثال لطريقة تعديل الإزاحة السعوي ASK

- **تعديل الإزاحة الترددي** Frequency shift keying (FSK)

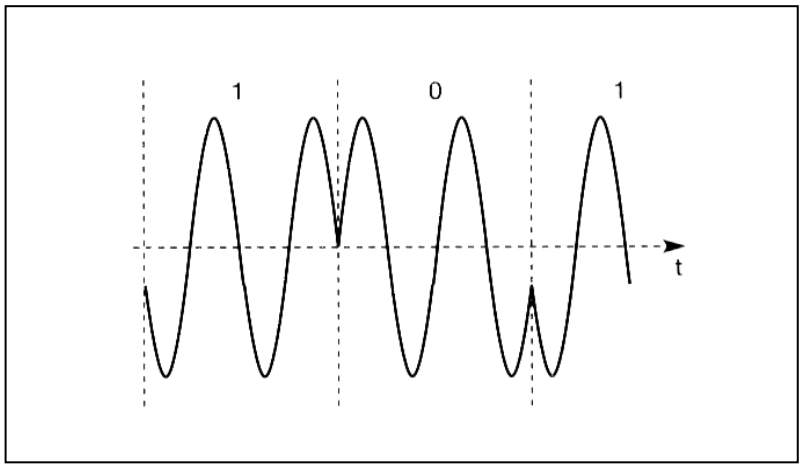
يوضح الشكل(٢ -٢) مثالاً لطريقة تعديل الإزاحة الترددي FSK وهو من طرق التعديل الرقمي المستخدمة بكثرة. وفي هذه الطريقة يتم تمثيل المعلومات الرقمية الثنائية 0 و 1 بإشارة ثابتة السعة ويتم تغيير التردد لكل حالة . وكما في المثال فقد تم تمثيل حالة ال 1 بتردد f2 وحالة ال 0 بتردد f2 . وهذا النوع من التعديل أقل حساسية لأخطاء الإرسال من النوع السابق.



الشكل(٢ -٢) مثال لطريقة تعديل الإزاحة الترددي FSK

- **تعديل الإزاحة الزاوي** Phase shift keying (PSK)

يوضح الشكل(٢ -٣) مثالاً لطريقة تعديل الإزاحة الزاوي PSK وفي هذا النوع من التعديل يحدث تغيير في زاوية الطور بمقدار 180^o عند كل تغيير للمعلومة الرقمية من 0 إلى 1 أو العكس مع تثبيت السعة و التردد. وهذا النوع من التعديل أقل حساسية لأخطاء الإرسال مقارنة بالنوعين السابقين ولكن دوائر الإرسال و الاستقبال فيه أكثر تعقيدا.



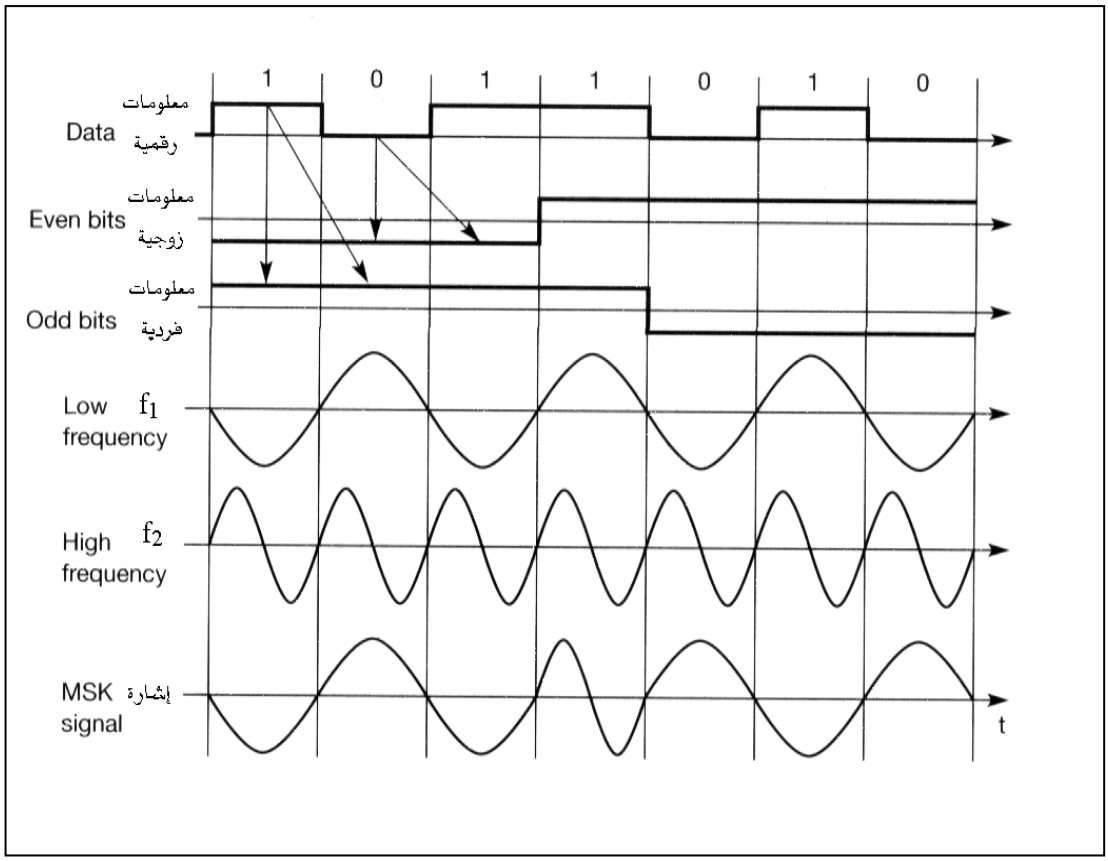
الشكل(٢ -٣)مثال لطريقة تعديل الإزاحة الزاوي PSK

ومن طرق التعديل المتبعة في نظم الاتصالات اللاسلكية الحديثة طريقة **تعديل الإزاحة الدنيا** Minimum shift keying (MSK) وهي طريقة مطورة عن تعديل الإزاحة الترددي FSK مع التقليل من التغيير المفاجئ للتردد والشكل(٢ -٤) يوضح طريقة تعديل الإزاحة الدنيا حيث تفصل المعلومات الرقمية إلى معلومات زوجية even bits و معلومات فردية odd bits وتتم مضاعفة الفترة الزمنية لكل معلومة رقمية. و يستخدم قيمتان ترديتان وهي التردد المنخفض f_1 و التردد العالي f_2 و تكون $f_2 = 2\ f_1$. و يتم اختيار أحد الترددين حسب ما يلي :

- إذا كان كل من المعلومة الزوجية والفردية في حالة 0 يتم استخدام التردد العالي f_2 مع عكس الموجة (تغيير في زاوية الطور بمقدار 180^o)
- إذا كانت المعلومة الزوجية في حالة 1 والمعلومة الفردية في حالة 0 يتم استخدام التردد المنخفض f_2 مع عكس الموجة (تغيير في زاوية الطور بمقدار 180^o)
- إذا كانت المعلومة الزوجية في حالة 0 والمعلومة الفردية في حالة 1 يتم استخدام التردد المنخفض f_2 دون تغيير زاوية الطور

- إذا كان كلٌّ من المعلومة الزوجية والفردية في حالة 1 يتم استخدام التردد العالي f_2 دون تغيير زاوية الطور

و بإضافة مرشح إمرار منخفض جاوسي Gaussian low-pass filter إلى معدل الإزاحة الدنيا نحصل على ما يسمى بمعدل الإزاحة الدنيا الجاوسي Gaussian minimum shift keying (GMSK) . و هو المعدل المستخدم في أنظمة الاتصالات اللاسلكية الأوروبية مثل GSM و DECT.

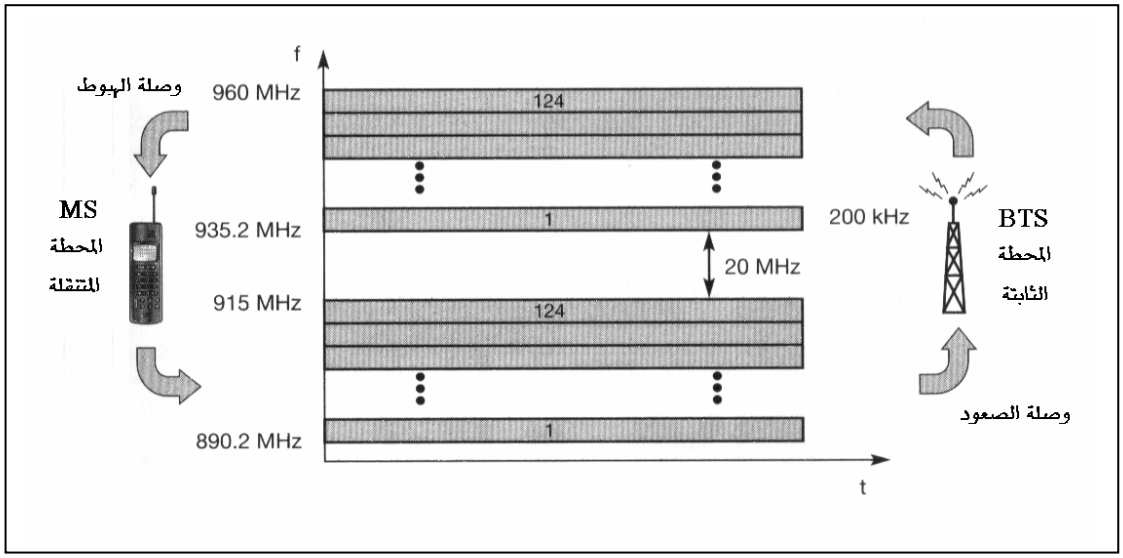


الشكل(٢ -٤) مثال لطريقة تعديل الإزاحة الدنيا MSK

٢ -٧ المسلك المستخدم (التقسيم الزمني متعدد المسالك) TDMA

تستخدم أنظمة الاتصالات الرقمية اللاسلكية الحديثة عدة مسالك لاستغلال الإمكانيات المتوفرة لتوفير المجال لأكبر عدد من المستخدمين. ومن المسالك المستخدمة مسلك التقسيم الترددي متعدد المسالك time division multiple access (FDMA) حيث يقسم المجال الترددي إلى قنوات ترددية متعددة ويعطى كل مستخدم قناة ترددية معينة وهذا النوع المستخدم في مجال الاتصالات اللاسلكية التماثلية حيث يكون التعامل في مجال التردد frequency domain. الشكل (٢ -٦)يوضح مثالا

للتقسيم الترددي متعدد المسالك في نظامGSM. حيث تم تقسيم النطاق الترددي إلى جزأين الأول هو النطاق من 890MHZ إلى 915MHZ و خصص هذا الجزء لوصلة الصعود uplink من المحطة المتنقلة mobile station (MS) إلى المحطة الثابتة base transceiver station (BTS). والجزء الثاني وهو النطاق الترددي من 935MHz إلى 960MHz و خصص لوصلة الهبوط downlink من المحطة الثابتة إلى المحطة المتنقلة وبفاصل ترددي 20MHZ بين الجزأين . كما تم تقسيم كل من النطاقين إلى 124 قناة ترددية توزع على المستخدمين بعرض 200KHz لكل قناة.



الشكل (٢ -٥) مثال للتقسيم الترددي متعدد المسالكFDMA في نظام GSM

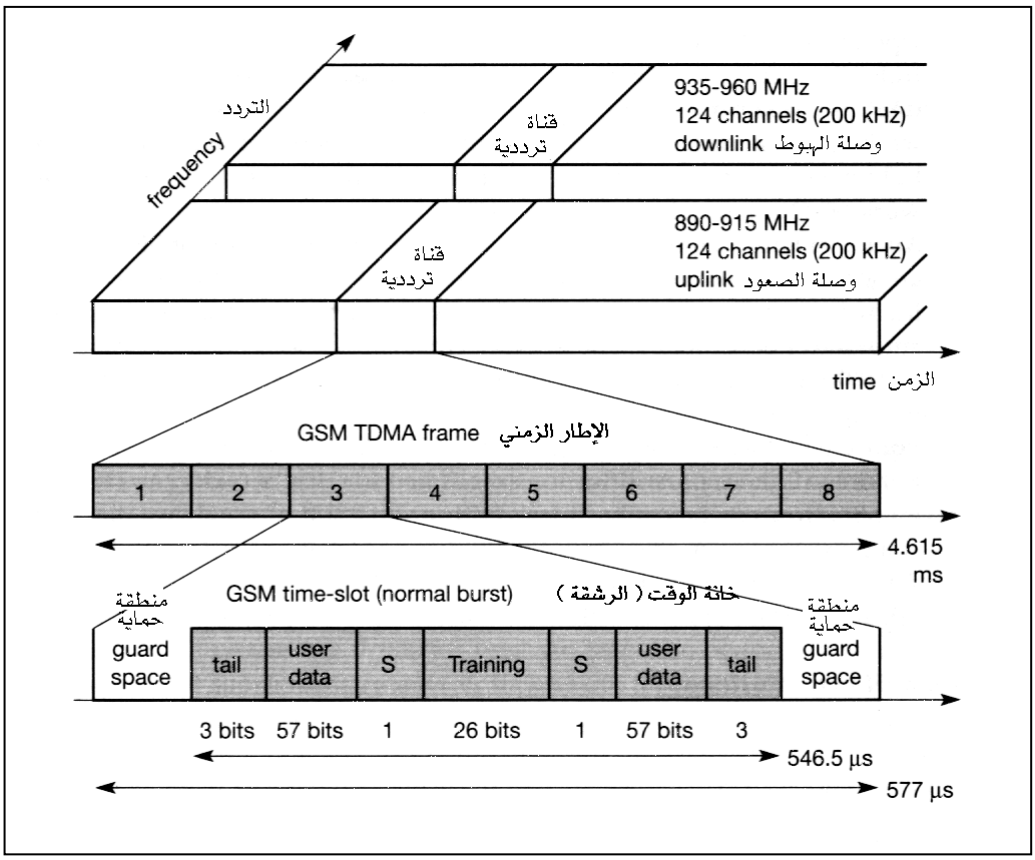
وفي أنظمة الاتصالات اللاسلكية الرقمية حيث يكون التعامل في مجال الزمن time domain فبالإضافة إلى المسلك السابق يستخدم مسلك التقسيم الزمني متعدد المسالك time division multiple access (TDMA)والذي يتم فيه تقسيم الزمن إلى خانات توزع بين معلومات المستخدمين و معلومات التزامن والتحكم مما يتيح المجال لعدد من المستخدمين الاشتراك في قناة ترددية معينة دون حدوث تداخلات. وهذا المسلك هو الأهم والأكثر استخداما في الاتصالات الرقمية نظرا للسرعة الكبيرة للأجهزة الرقمية الحديثة وتوفر الكثير من الزمن الذي من الممكن استغلاله.

الشكل(٢ -٦) يوضح مثالا لاستخدام التقسيم الزمني متعدد المسالك TDMA بالإضافة إلى التقسيم الترددي متعدد المسالك FDMA في نظام GSM حيث حدد الإطار الزمني time frame لقناة ترددية معينة بعرض 4.615ms و تم تقسيمه إلى 8 خانات وقت time slot بعرض 577µs لكل خانة وقت . وتستخدم خانات الوقت هذه لنقل معلومات المستخدمين كما تخصص أجزاء منها لأغراض التزامن و التحكم. وتحوي خانة الوقت منطقتي حماية guard space في بداية الخانة ونهايتها لمنع التداخل عند

حدوث تأخير بسبب أخطاء الإرسال و معلومات رقمية ثنائية بعدد 148bit و بعرض 545.5µs و تسمى الرشقة burst تستخدم منها 114bit لنقل معلومات المستخدم وزعت على جزأين كلٍّ منهما بسعة 57bit.

و تستخدم أنظمة الهاتف الخليوي الرقمي digital cellular phones الحديثة كنظام GSM المسلكين السابقين بالإضافة إلى مسلك التقسيم المكاني متعدد المسالك space division multiple access (SDMA) والذي يقسم فيه المكاني إلى خلايا cells كل خلية تخدم مساحة محدودة.

ويوضح الشكل(٢ -٧) مثالا للتقسيم المكان متعدد المسالكSDMA بنظام خلايا سداسية و قد تم توزيع نطاقات الترددات الثلاثة f_1 , f_2 , f_3 على الخلايا بطريقة تضمن عدم استخدم أي خليتين متجاورتين لنفس نطاق التردد وذلك لمنع التداخل و إعادة استخدام نطاقات التردد الثلاثة في الخلايا غير المتجاورة. وفي نظام GSM يتم توزيع نطاقات التردد و التي يبلغ عددها 124 على الخلايا بأسلوب يحقق الاستفادة المثلى من إعادة استخدام نطاقات التردد وعدم تكرارها في الخلايا المتقاربة لضمان عدم التداخل بين المستخدمين في الخلايا المتقاربة أو التداخل بين المستخدمين لنفس النطاق الترددي.

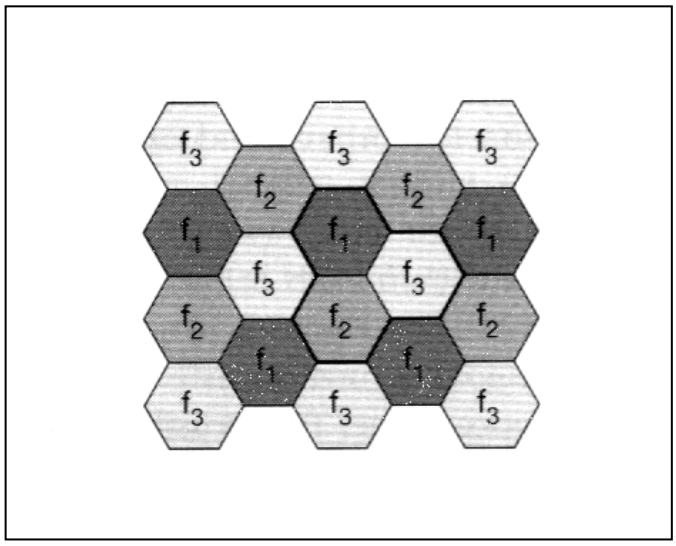


الشكل (٢ -٦)مثال للتقسيم الزمني متعدد المسالك TDMA في نظام GSM

و من المسالك المستخدمة كذلك في بعض أنظمة الاتصالات اللاسلكية الرقمية مسلك التقسيم التشفيري متعدد المسالك code division multiple access (CDMA) والذي يتم فيه تشفير معلومات المستخدمين بشفرات مختلفة لمنع التداخلات خاصة عند استخدام عدد من المستخدمين نفس النطاق الترددي و كذلك للحفاظ على سرية المعلومات.

٢ -٨ الإرسال التماثلي و الرقمي

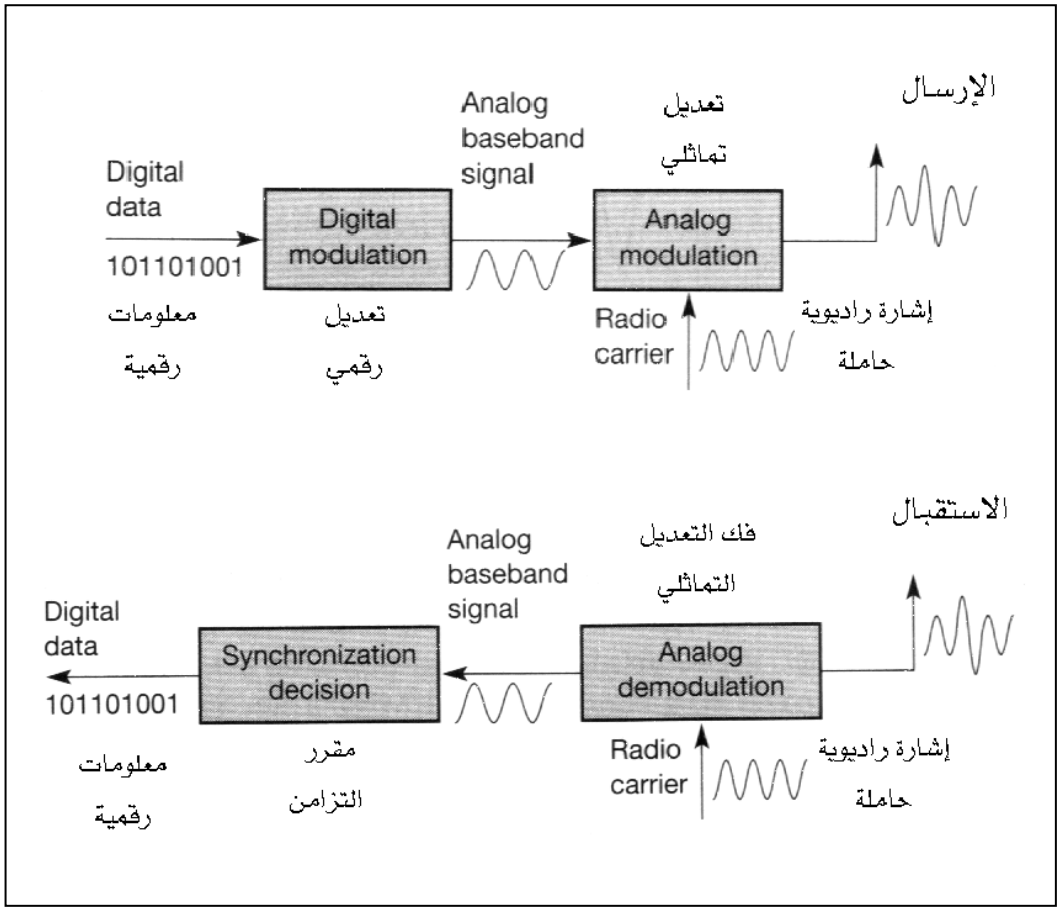
في الاتصالات اللاسلكية وفي حالة الإرسال التماثلي يتم تحميل المعلومات التماثلية على إشارة حاملة carrier signal بتردد معين و باستخدام إحدى طرق التعديل التماثلي analog modulation للمعلومات التماثلية وهي التعديل الاتساعي amplitude modulation (AM) أو التعديل الترددي frequency modulation (FM) وترسل لاسلكيا كما هو الحال في الإرسال الإذاعي . وفي حالة الإرسال التماثلي لمعلومات رقمية فتستخدم إحدى طرق التعديل الرقمي digital modulation الثلاثة وهي التعديل الإزاحي السعوي ASK والتعديل الإزاحي الترددي FSK والتعديل الإزاحي الزاويPSK .



الشكل(٢ -٧) مثال للتقسيم المكاني متعدد المسالك SDMA

والتي تم شرحها أعلاه حيث يتم تحويل المعلومات الرقمية إلى إشارة معلومات تماثلية analog base-band signal. ثم يتم التعديل التماثليanalog modulation حيث يتم تحميل إشارة المعلومات على إشارة حاملة بتردد معين radio carrier signal ثم ترسل لاسلكيا. وفي جهة الاستقبال تتم الخطوات العكسية لإرجاع المعلومات إلى صورتها الرقمية و يوضح الشكل(٢ -٨) خطوات الإرسال والاستقبال اللاسلكي لمعلومات

رقمية باستخدام الإرسال التماثلي. و في كلتا الحالتين السابقتين يكون المسلك المستخدم هو مسلك التقسيم الزمني متعدد المسالك FDMA . أما الإرسال الرقمي فمن غير الممكن أن يتم لاسلكيا و يتم فقط عبر الشبكات السلكية المحلية فقط و لمسافات محدودة وفي هذه الحالة ترسل المعلومات في صورتها الرقمية دون حاجة إلى تعديل ومن الممكن تقوية الإشارات بإستخدام أجهزة التقوية repeaters للمسافات الطويلة نسبيا.



الشكل (٢ -٨) خطوات الإرسال والاستقبال اللاسلكي التماثلي للمعلومات الرقمية.

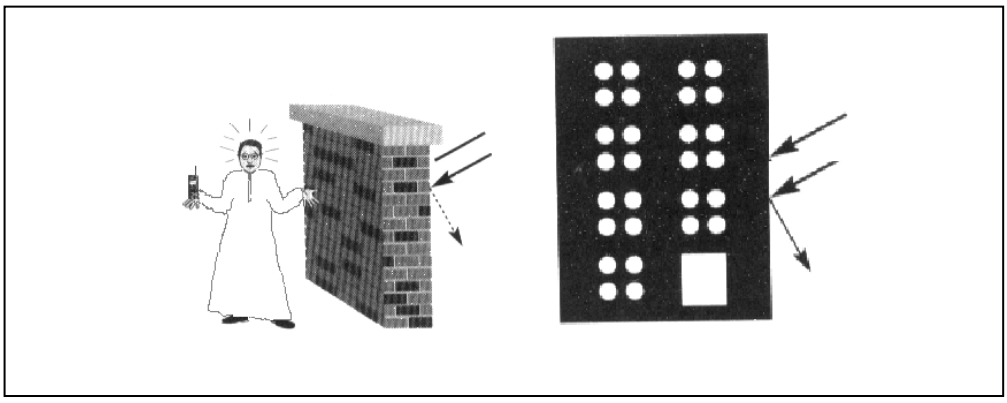
٢ -٩ الفقدان المساري Path loss

تنتشر الموجات الراديوية كما ينتشر الضوء في الفراغ بخطوط مستقيمة و بسرعة $3x10^8$ m/s ولا تعتمد هذه السرعة على التردد . و عند وجود خط مستقيم و مباشر بين المرسل و المستقبل و يسمى خط الرؤية line of sight (LOS) وفي عدم وجود عائق فإن قوة الإشارة المستقبلة P_r تخبو مع ازدياد المسافة d الفاصلة بين المرسل والمستقبل . وتتناسب قوة الإشارة تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بالعلاقة $P_r \alpha 1/d^2$ و تعرف هذه العلاقة بقانون التربيع العكسي inverse square law . وفي وجود عوائق بين

المرسل والمستقبل تصبح الحالة أكثر تعقيدا. و حتى في عدم وجود أي عائق بين المرسل و المستقبل فإن قدرة الإشارة تتأثر ويعتمد الخبو فيها على عوامل أخرى كطول الموجة للإشارة المرسلة و الكسب gain لهوائيات المرسل والمستقبل. وتؤثر كذلك العوامل الجوية كالمطر و نسبة الرطوبة والغبار و الدخان و الضباب والثلوج في قوة الإشارة تأثيرا سلبيا و يزيد خبوها مع زيادة التردد.

٢ -١٠ التظليل Shadowing

في وجود عوائق كبيرة يحدث نوع من الخبو الشديد للإشارة اللاسلكية يسمى بالتظليل shadowing أو الحجب blocking وهذا النوع من الخبو يعتمد على التردد حيث إن نفاذ الإشارة خلال الأجسام يعتمد على ترددها فكلما زاد تردد الإشارة تقل قوة نفاذها حيث تقترب خواص الموجات الراديوية إلى خواص الضوء. فالإشارات العالية التردد تتأثر بشكل أكبر بالعوائق حتى الصغير منها فوجود مبنى أو جدار أو شجرة قد يؤدي إلى حجب الإشارة مما قد يتسبب في انقطاع الاستقبال نهائيا انظر الشكل(٢ -٩) و ذلك كما يحدث في الإشارات العالية التردد المرسلة من الأقمار الصناعية.



الشكل(٢ -٩) تأثر الإشارة بسبب التظليل shadowing والحجب blocking

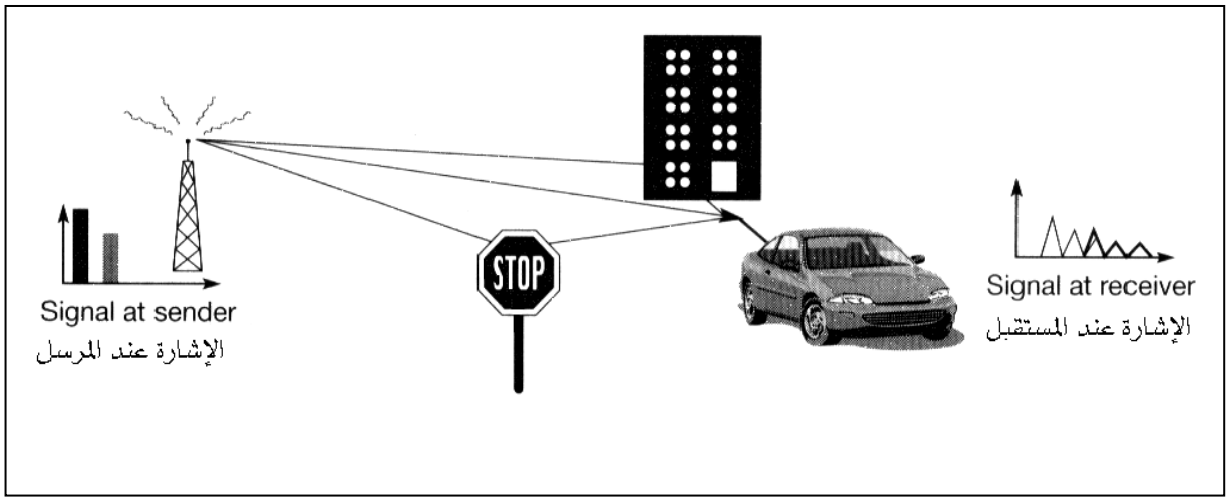
٢ -١١ تأثر الإشارة بتعدد المسارات Multi-path propagation

حتى في عدم وجود عوائق في المسار المباشر بين المرسل و المستقبل فإن وجود عوائق في المنطقة المحيطة يتسبب في نوع من أصعب مشاكل الإرسال وهو تعدد المسارات multi-path propagation حيث تنعكس الإشارة نتيجة اصطدامها بالعوائق بذلك تصل إلى المستقبل من عدة مسارات انظر الشكل(٢ - ١٠)حيث تصل الإشارة من المسار المباشر أولا ثم تليها الإشارات المنعكسة متوالية حسب المسافات المختلفة التي تقطعها كل إشارة و يسمى هذا التأثير بالتأخير الممتد delay spread و يقدر بحوالي 3μs في داخل

المدن. و يتسبب هذا في وصول أكثر من نسخة من نفس الإشارة وتكون هذه النسخ غير متزامنة وتختلف في قدراتها ونتيجة لذلك يحدث تشويه للإشارة بسبب التداخلات للنسخ العديدة المستقبلة في أوقات مختلفة.

٢ -١٢ التشتت الزمني Time dispersion

من المعروف أن المعلومات الرقمية يجب أن ترسل وتستقبل بترتيب زمني منتظم خاصة عند استخدام مسلك التقسيم الزمني متعدد المسالك TDMA. و تتسبب ظواهر الخبو و التظليل و تعدد المسارات المذكورة أعلاه في حدوث ما يسمى بالتشتت الزمني time dispersion حيث يفقد تزامن وترتيب المعلومات الرقمية المرسلة وتكون نتيجة ذلك حدوث أخطاء في المعلومات المستقبلة يصعب التعامل معها ما لم يتم تفادي ذلك مستقبلا.



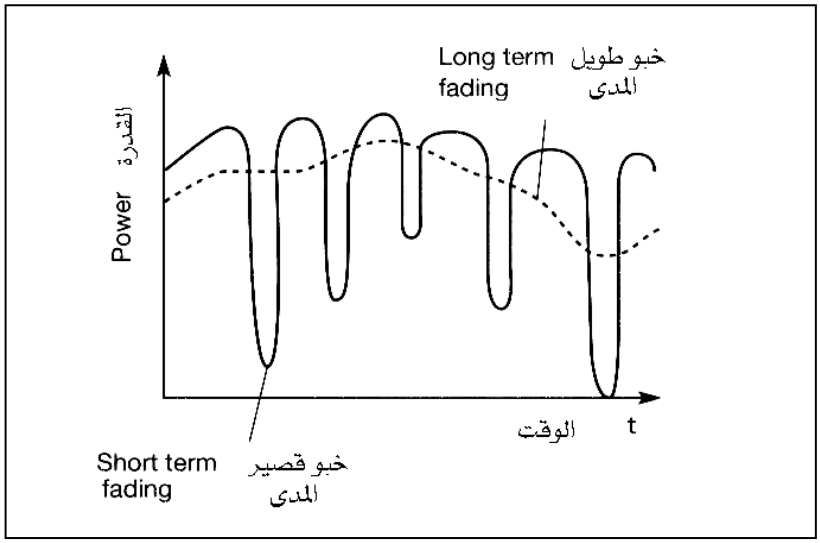
الشكل(٢ -١٠) تأثر الإشارة بسبب تعدد المسارات multi-path propagation

٢ -١٣ التوافق الزمني Time alignment

من أهم متطلبات الإرسال للمعلومات الرقمية التوافق الزمني time alignment وذلك لأن نظم الاتصالات الرقمية يتم التعامل فيها في المجال الزمني time domain خلافا لأنظمة الاتصالات التماثلية التي يكون فيها التعامل في المجال الترددي frequency domain . لذلك فمن الضروري ضمان التوافق الزمني بين المرسل و المستقبل خاصة في نظم الاتصالات الرقمية و ذلك بوضع برنامج معين يتم الالتزام به أو التنسيق من خلاله بين المرسل و المستقبل لضمان التوافق الزمني وعدم حدوث أخطاء في الترتيب الزمني للمعلومات.

٢ -١٤ فقدان الإشارة متعدد الأسباب

يتسبب تأثير التأخير الممتد الناتج عن المسارات المتعددة في تداخل النبضات في جهة المستقبل وباعتبار أن كل نبضة تمثل رمزاً symbol وكل رمز أو عدة رموز تمثل معلومة رقمية bit. فإن الطاقة المحددة لرمز معين تتوزع على الرموز المجاورة وهذه الظاهرة تسمى بتداخل الرموز inter-symbol interference (ISI). و مع الزيادة في سرعة الترميز symbol rate يزداد تأثير هذه الظاهرة. ومع وجود تأثير التأخير الممتد وظاهرة تداخل الرموز في الاتصالات اللاسلكية الثابتة فإن تأثيرها يكون أكبر في الاتصالات المتنقلة حيث يكون المستقبل أو المرسل أو كلاهما في حركة وبذلك تتغير خصائص القناة و المسارات التي تتبعها الإشارة مع تغير الوقت مما يتسبب في تغير في قدرة الإشارة المستقبلة مع الوقت تغيرا سريعا وهذا التغير السريع في القدرة يسمى بالخبو قصير المدىshort term fading. و يوضح الشكل(٢ -١١) الخبو قصير المدى إضافة إلى الخبو طويل المدى long term fading و المتمثل بمتوسط القدرة لفترة من الوقت والذي يحدث نتيجة التغير في المسافة الفاصلة بين المرسل و المستقبل أو وجود عوائق على مسافات بعيدة نسبيا. وهذا النوع من الخبو يكون فيه معدل انخفاض القدرة للإشارة المستقبلة مع تغير الوقت بطيئا مقارنة بالخبو قصير المدى. إضافة إلى ما ذكر أعلاه هناك عدة عوامل تؤثر و قد تتسبب في فقدان أو خبو أو تشويه الإشارات الراديوية و من هذه العوامل ما يسمى بظاهرة إزاحة دوبلر Doppler shift و هو ناتج عن حركة المرسل للإشارة الراديوية بسرعة مما ينتج عنه تغير أو إزاحة في تردد الإشارة. و يعتمد التغير في التردد على السرعة التي يتحرك بها المرسل و المستقبل حيث تقل قيمة التردد كلما زادت سرعة التباعد بين المرسل و المستقبل.



الشكل(٢ -١١)الخبو قصير المدى والخبو طويل المدى

٢ -١٥ حلول لمشاكل الإرسال

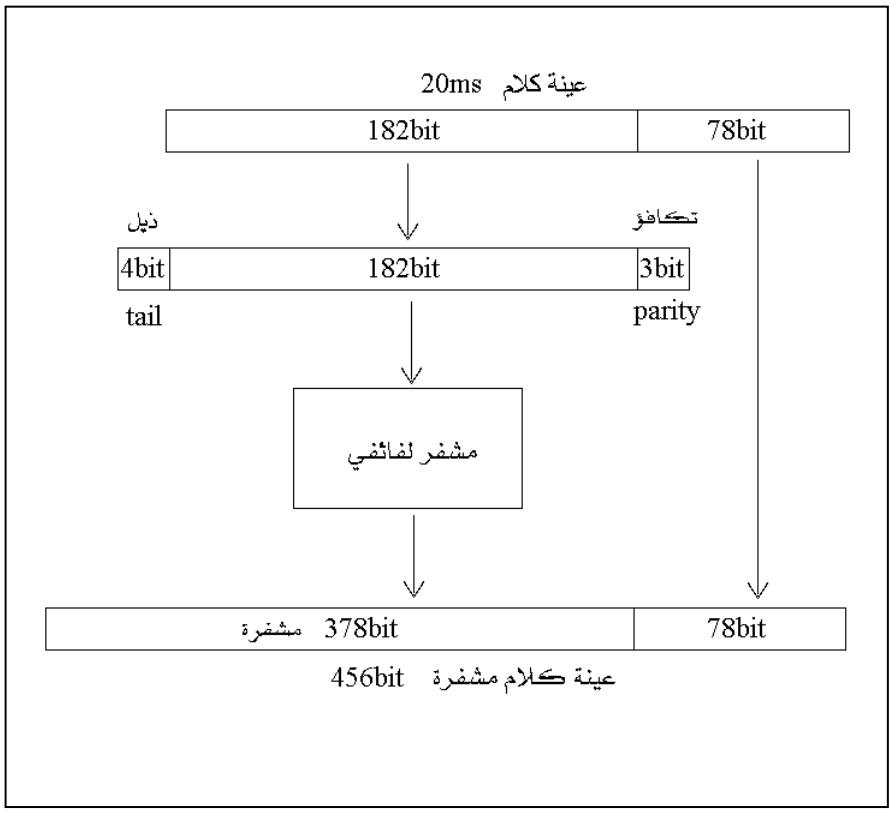
حيث إن مشاكل الإرسال اللاسلكي ناتجة عن ظواهر طبيعية لا يمكن إزالتها فإن المطلوب هو التكيف و التعامل معها بوضع حلول في أنظمة الاتصالات اللاسلكية تساعد على القضاء أو التقليل قدر الإمكان من الأخطاء الناتجة عن تأثير هذه المشاكل على جودة الاتصال. و لقد تم وضع بعض الحلول التي ساعدت كثيرا في التغلب على الأخطاء و معظم هذه الحلول تتطلب اتخاذ إجراءات خاصة في جهتي المرسل والمستقبل لضمان إزالة الأخطاء.

ومن هذه الإجراءات ما هو خاص بتوزيع الوقت و إدخال بعض الأساليب لحماية المعلومات و أخذ الاحتياطات الوقتية لمنع التداخل والتكيف مع الحالة و تشفير الكلام و تشفير القنوات والتغيير المستمر للترددات المستخدمة وتوزيعها على الخلايا بطريقة تضمن عدم تكرار نفس التردد في الخلايا المتقاربة . ومنها كذلك ما هو خاص بترتيب أوضاع الهوائيات و توزيعها بطرق تقلل من تأثيرات الخبو و التداخل.

٢ -١٦ تشفير القناة

يتم تشفير القناة channel coding لضمان الحماية والخصوصية ففي نظام GSM مثلا تدخل معلومات الكلام وهي مكونة من أجزاء تمثل عينات الكلام المشفر لفترة 20ms لكل عينة وكل جزء يمثل بواسطة 260bit إلى مشفر القناة حيث يقسم كل جزء إلى جزأين :

الجزء الأول يحتوي على 182bit و تعتبر الأهم والجزء الثاني ويحتوي على 78bit الأقل أهمية. و يتم تشفير الجزء الأول بإضافة 4bit كذيل tail و 3bit للتكافؤ parity . ثم يشفر الناتج و هو 189bit بطريقة التشفير اللفائفي بمعدل 1/2 و بذلك يكون الناتج 387bit تضاف مرة أخرى للجزء الثاني 78bit الذي لم يشفر . وبذلك يكون الناتج النهائي 456bit تمثل عينة كلام مدتها 20ms . ويوضح الشكل(٢ -١٢) خطوات تشفير القناة المتبعة في نظام GSM .

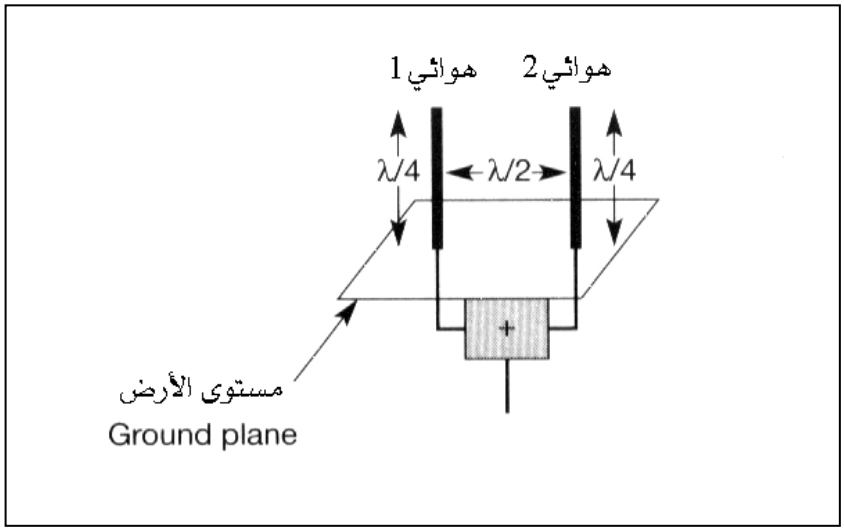


الشكل(٢ -١٢)خطوات تشفير القناة المتبعة في نظام GSM

٢ -١٧ مباعدة الهوائيات Antenna diversity

تستعمل طرق مباعدة الهوائيات في نظم الاتصالات اللاسلكية لتحسين قدرة الإشارة المستقبلة دون الحاجة لرفع قدرة الإرسال أو زيادة نطاق التردد. و تعتمد فكرة التباعد على استقبال وتركيب أكثر من عينة للإشارة المستقبلة بطريقة ملائمة ينتج عنها زيادة القدرة و تحسين أداء جهاز الاستقبال . ويكون التباعد على عدة طرق وهي التباعد الزمني time diversity و التباعد الترددي frequency diversity و التباعد الاتجاهي angle diversity و التباعد المكاني space diversity . و يعتبر التباعد المكاني هو الأهم و الأكثر استخداما في الاتصالات اللاسلكية المتنقلة وفي هذا الطريقة يمكن أستخدم هوائي استقبال مكون من وحدتين متماثلتين كل منهما ثنائي قطب خطي $\lambda/4$ dipole تفصلهما مسافة أكبر من نصف طول الموجة $\lambda/2$ انظر الشكل(٢ -١٣) . وبذلك تكون الإشارتان المستقبلتان في الوحدتين مستقلتين في الخبو تقريبا. وحيث إن طول الموجة هو أقل من متر في نطاقات التردد المستخدمة في أنظمة الاتصالات اللاسلكية المتنقلة فإنه يمكن استخدام التباعد المكاني في الوحدات المتنقلة لأن المسافة الفاصلة ستكون في حدود 10cm . و عندما يستخدم التباعد المكاني في الوحدات الثابتة فإن

المسافة الفاصلة تعتمد على ارتفاع الهوائي عن سطح الأرض ويجب أن لا تقل عن عشر 1/10 من ارتفاع الهوائي عن سطح الأرض لتتحقق الاستفادة المطلوبة من التباعد المكاني.



الشكل (٢ -١٣)مثال على استخدام التباعد المكاني للهوائيات.

٢ -١٨ التحزيم التداخلي Interleaving

يستخدم التحزيم التداخلي interleaving كوسيلة لتسهيل اكتشاف و تصحيح الأخطاء الناتجة من الضوضاء النبضية الحدوث وذلك بتوزيع المعلومات الرقمية الثنائية bits. فبوجود أخطاء محتملة في مجموعة من المعلومات الرقمية المتتالية يتم تخزين ثم إعادة ترتيب المعلومات الرقمية و بذلك توزع الأخطاء لتصبح أخطاء فردية يسهل اكتشافها والتعامل معها.

٢ -١٩ التقويم المتكيف Adaptive Equalization

يستخدم ما يسمى بالتقويم المتكيف في جهة المستقبل كوسيلة مساعدة للتكيف مع خصائص مسار الانتشار و اختيار مسار أقوى إشارة في حالة تعدد المسارات . و عملية التقويم المتكيف تعتمد على إرسال مجموعة تسلسلية من الأرقام الثنائيةbits ضمن خانة الوقت time slot أو الرشقة burst وتسمى هذه المجموعة تسلسل التدريب training sequence. و يستفيد الطرف المستقبل من تسلسل التدريب في التكيف مع ظروف الإرسال و تحديد خصائص مسارات الانتشار و اختيار أفضل مسار والتأقلم معه. و في نظامGSM يتكون تسلسل التدريب من 26bit توجد في وسط الرشقة كما هو موضح في الشكل(٢ -٦).

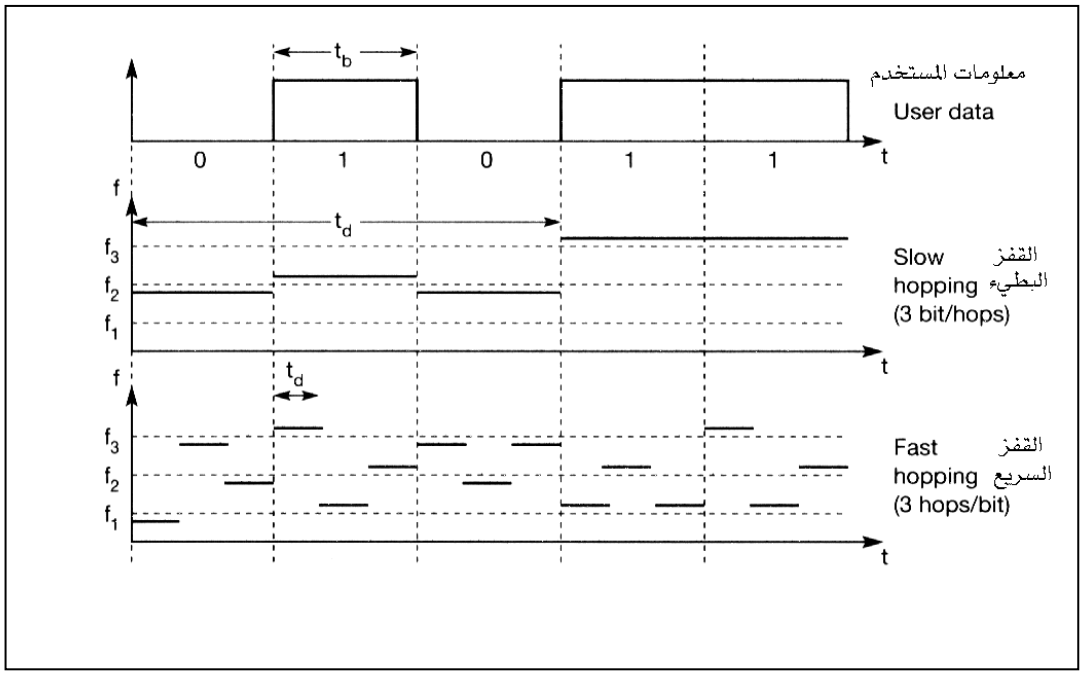
٢ -٢٠ القفز الترددي Frequency hopping

القفز الترددي frequency hopping هو طريقة اختيارية يمكن استخدامها في نظم الاتصالات اللاسلكية للحد من تأثير التداخل بين المستخدمين لنفس القناة الترددية co-channel interference و كذلك التقليل من الأخطاء الناتجة عن تعدد المسارات. فنجد أنه في نظام GSM يستخدم كل من مسلك التقسيم الترددي FDMA و مسلك التقسيم الزمني TDMA و بذلك فإن عدد المستخدمين لنفس القناة الترددية يصل إلى 8 في نفس الوقت و يوزع الوقت بين المستخدمين بحيث يعطى كل مستخدم 577µs من الوقت . و باستخدام القفز الترددي فإن التردد المخصص لمستخدم معين يتغير باستمرار وبذلك يتنقل المستخدم خلال المكالمة الواحدة إلى قنوات مختلفة يصل عددها إلى 124 قناة . ويتم الانتقال من قناة إلى قناة أخرى بمعدل معين و في فترات زمنية محددة متفق عليها و يجب أن يتم ذلك بالتنسيق الدائم بين المرسل والمستقبل و يكون الفرق بين التردد المخصص لوصلة الهبوط downlink و التردد المخصص لوصلة الصعود uplink ثابتاً دائما وهو 45MHz.

و هناك نوعان من القفز الترددي و هما القفز الترددي البطيء slow frequency hopping و القفز الترددي السريع fast frequency hopping . وفي النوع الأول تتغير القناة الترددية بعد عدة تغيرات للمعلومات الرقمية. أما في النوع الثاني فتتغير القناة عدة مرات خلال معلومة رقمية واحدة . و الشكل(٢ -١٤) يوضح مثالا على نوعي القفز الترددي حيث تتغير القناة الترددية بعد ثلاثة تغييرات للمعلومات الترددية في النوع الأول و في النوع الثاني تتغير القناة الترددية ثلاث مرات خلال معلومة رقمية واحدة.

٢ -٢١ الاستباق و التخلف الزمني Timing advance

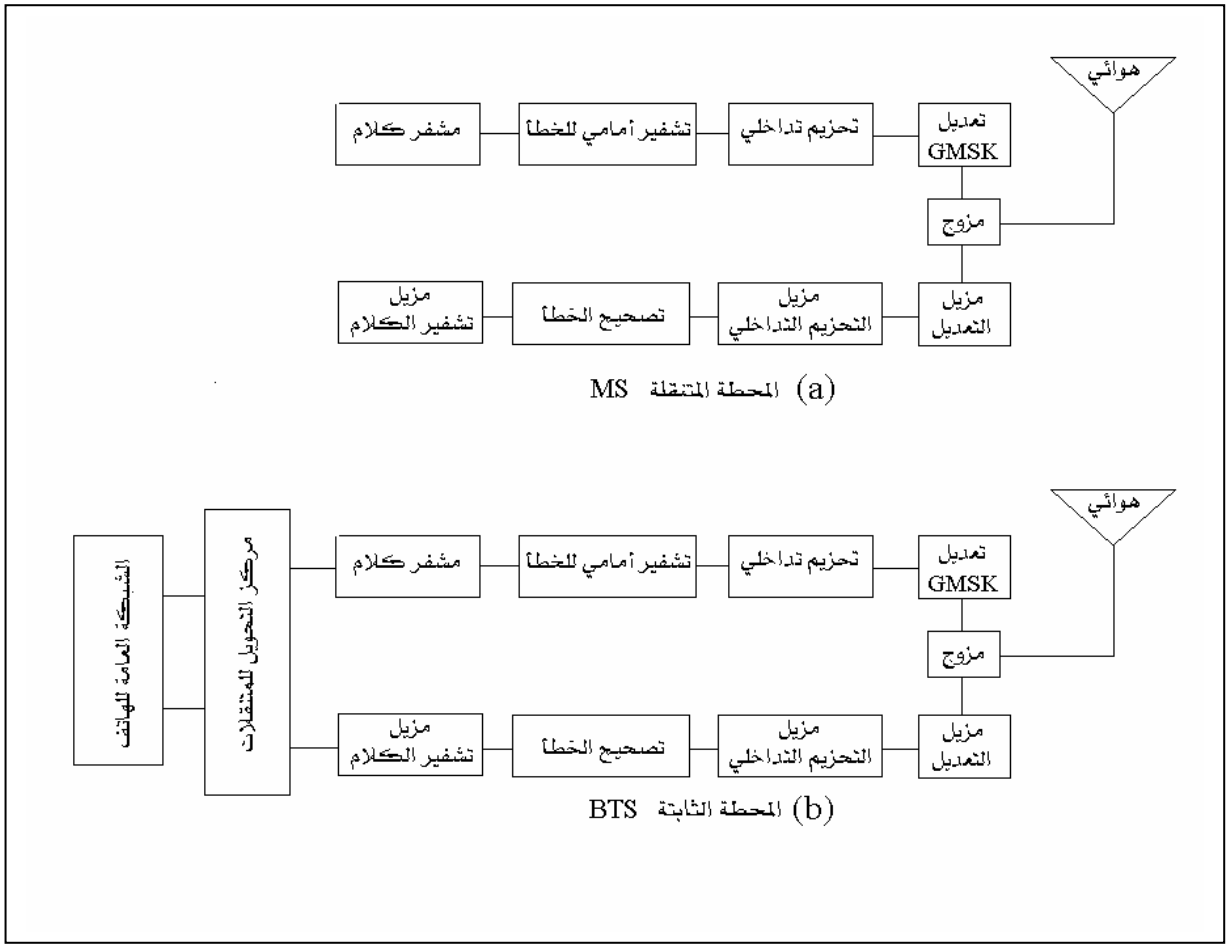
بسبب تعدد المسارات و حركة المرسل والمستقبل يحدث استباق أو تخلف زمني لوصول الإشارة مما ينتج عنه عدم التوافق الزمني . لذلك فإنه من الضروري في هذه الحالة أخذ الإجراءات اللازمة لضمان تتابع الإشارات بترتيب زمني منتظم ليتم التعامل معها في الطرف المستقبل بالترتيب المناسب لكي لا تحدث أخطاء في تتابع المعلومات. ومن الإجراءات المتبعة في هذه الحالة هو ترك فترات زمنية فارغة قبل و بعد الرشقة وتسمى منطقة الحماية space guard انظر الشكل(٢ -٦). و ذلك لإعطاء الوقت الكافي للمستقبل لاستقبال الإشارة من المسارات المختلفة و اختيار الإشارة الأقوى و التأقلم مع وضع الإرسال بطريقة التقويم المتكيف.



الشكل (٢ -١٤) يوضح مثالا على نوعي القفز الترددي

٢ -٢٢ خطوات الإرسال في نظام GSM

الشكل(٢ -١٥) يوضح خطوات الإرسال و الاستقبال في نظامGSM. ففي المحطة المتنقلة MS تتم عملية الإرسال كما هو موضح في الشكل(٢ -١٥أ) بتحويل الكلام إلى معلومات خلال مشفر الكلام الذي يأخذ عينات من الكلام و يحولها إلى معلومات رقمية. ثم يشفر جزء منها في مشفر القناة . ثم تتم عملية التحزيم التداخلي ثم عملية التعديل بعد ذلك تكون الإشارة جاهزة للإرسال حيث تمرر عبر المزوج الذي يفصل بين الإشارة المرسلة والمستقبلة وترسل عبر الهوائي. و تتم عملية الاستقبال بخطوات معاكسة لعملية الإرسال. و في المحطة الثابتة BTS تتم نفس عمليات الإرسال و الاستقبال كما في المحطة المتنقلة إلا أن الدخل في حالة الإرسال والخرج في حالة الاستقبال يكون عبر مركز التحويل للمتنقلات و المتصل بالشبكة العامة للهاتف كما هو موضح في الشكل(٢ -١٥ب).



الشكل (٢ -١٥) يوضح خطوات الإرسال و الاستقبال في نظام GSM
(a) في المحطة المتنقلة M و (b) في المحطة الثابتة BTS

٢ -٢٣ تحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية في نظام GSM

في عملية الإرسال يتم تحويل الكلام إلى معلومات رقمية خلال مشفر الكلام الذي يأخذ عينات من الكلام زمن كل منها 20ms ويحولها إلى 260bit من المعلومات الرقمية الثنائية و بذلك يصبح معدل الحديث الرقمي 13kb/s. ثم يشفر جزء منها في مشفر القناة الذي يخرج 456bi لكل 20ms من الكلام.

٢ -٢٤ إرسال مقاطع منفصلة Segmentation

في نظام GSM يتم إرسال الكلام في مقاطع منفصلة segments و كل مقطع هو عبارة عن جزء من عينة من الكلام تم تشفيرها و إجراء التحزيم التداخلي عليها و تحتوي على معلومات رقمية ثنائية عددها 114bit و تمثل جزءاً من 8 أجزاء من 912bit و هي عينة كلام تعادل 40ms تكونت من عينتي كلام كل عينة بزمن قدره 20ms .

٢ -٢٥ التحزيم التداخلي في نظام GSM

تتم عملية التحزيم التداخلي في نظام GSM حيث يعاد ترتيب المعلومات الرقمية الناتجة من عملية تشفير القناة . ففي الطرف المرسل يؤخذ ما يعادل عينتين من الكلام المشفر بعرض 40ms يحتوي على 912bit من المعلومات الرقمية و تخزن في الذاكرة وتسجل في صفوف عددها 114 صف كل صف يحتوي على 8bit ثم تقرأ عموديا . و يكون كل عمود شريحة زمنية من المعلومات الرقمية بعدد 114bit انظر الشكل(٢ -١٦). و بذلك تحتوي كل شريحة زمنية على عينات أخذت من 40ms من الكلام المشفر . و وزعت الرموز التي تمثل 40ms على 8 شرائح زمنية في ثمانية إطارات متتالية وترسل بمعدل عالٍ أثناء كل شريحة. وفي الطرف المستقبل تتم إزالة التحزيم التداخلي بخطوات معاكسة لما تم في الجهة المرسلة ثم تصحح الأخطاء.

٢ -٢٦ تمويه الإشارة بالتشفير Encryption

يتم تمويه الإشارة بالتشفير encryption في نظام GSM لغرض الحماية الأمنية و ذلك بإجراء عملية جمع ثنائي binary بين 114bit وهي المقطع الذي يمثل المعلومات الرقمية في كل شريحة زمنية مع شفرة شبه عشوائية تشتق من رقم الإطار و مفتاح المكالمة . و تكفل هذه الشفرة حماية جيدة ضد التنصت . و في جهة الاستقبال تولد نفس الشفرة و تجمع ثنائيا مرة أخرى بالمعلومات الرقمية المشفرة لفك الشفرة و استنتاج 114bit التي تمثل المعلومات الرقمية الأساسية. و لا تؤثر عملية التشفير أو التمويه في معدل إرسال المعلومات .

٢ -٢٧ تهيئة الرشقة Burst formatting

في نظام GSM تتكون الرشقة من 148bit بعرض زمني مقداره 545.5µs انظر الشكل(٢ -١٧) و تتم تهيئتها كما يلي :

في بداية الرشقة يوضع الذيل tail ويتكون من 3bit

ثم يوضع بعد ذلك الجزء الأول من معلومات المستخدم user data وعددها 57bit

ثم يوضع بعد ذلك علم flag (S) وهو 1bit

ثم توضع بعد ذلك معلومات التدريب و عددها 26bit

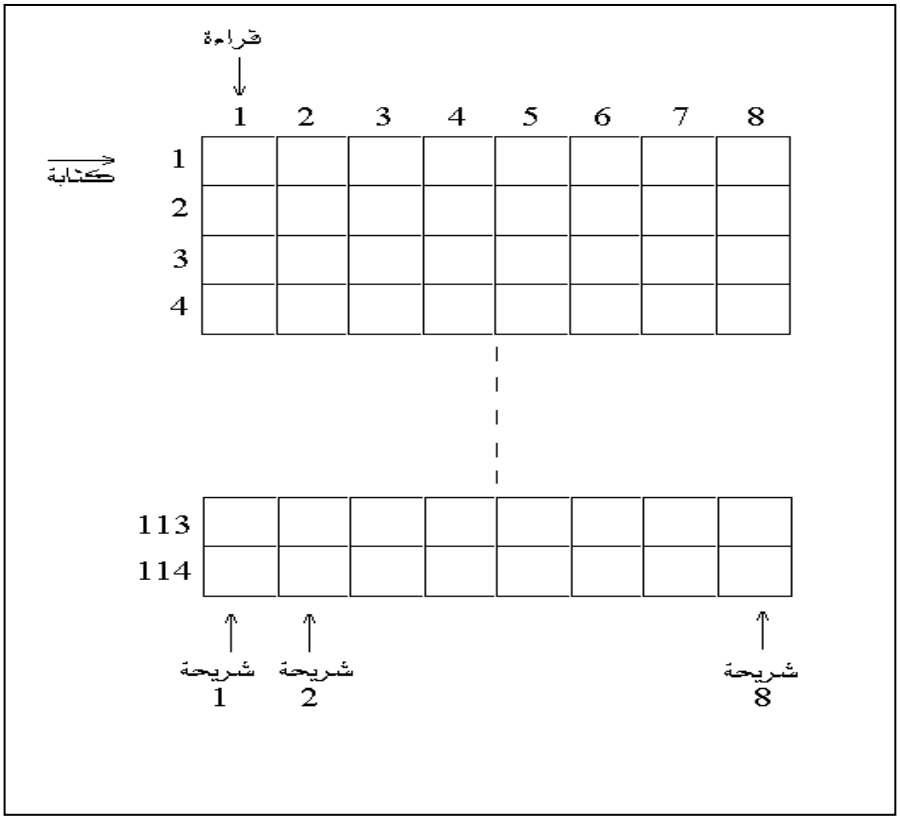
ثم يوضع بعد ذلك علم flag (S) وهو 1bit

ثم يوضع بعد ذلك الجزء الثاني من معلومات المستخدم user data وعددها 57bit

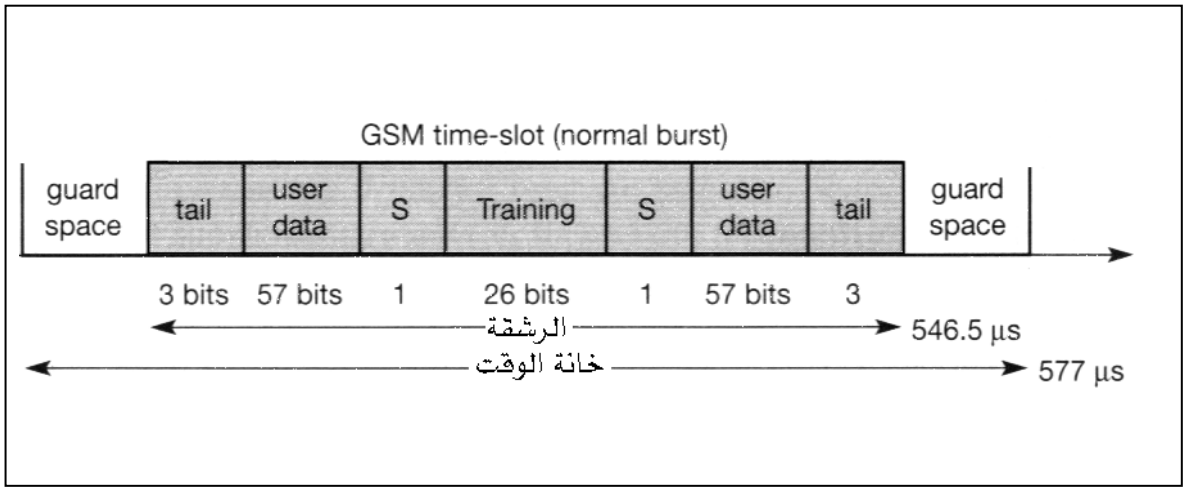
في نهاية الرشقة يوضع الذيل tail ويتكون من 3bit

تترك فترة زمنية بمقدار 15.25µs قبل بداية الرشقة و بعد نهايتها

و بذلك يكون هناك فراغ زمني بمقدار 30.5µs بين كل رشقتين وتكون الفترة الزمنية لخانة الوقت timeslot 577µs .



الشكل(٢ -١٦) التحزيم التداخلي في نظام GSM



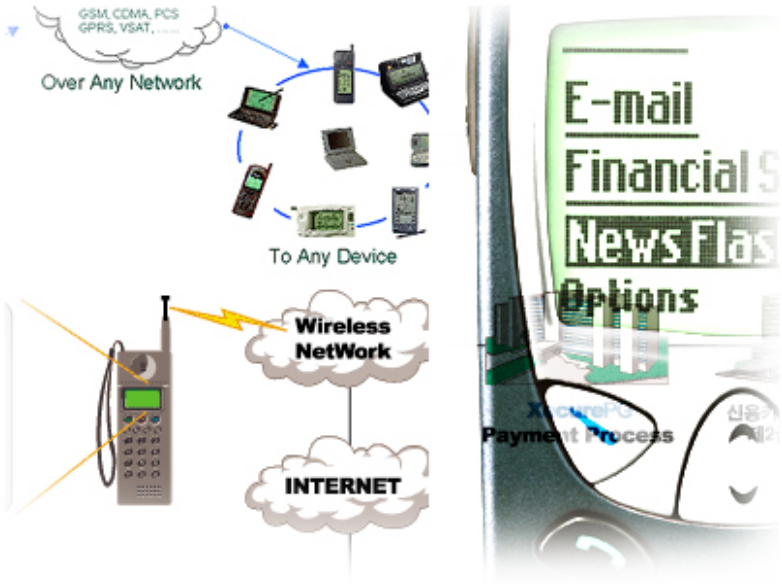
الشكل (٢ -١٧) تهيئة الرشقة burst في نظام GSM

٢ -٢٨ التعديل و الإرسال

تدخل الرشقة بعد تهيئتها إلى المعدل modulator حيث تحول إلى إشارة تماثلية يمكن إرسالها لاسلكيا و التعديل المستخدم في نظام GSM هو تعديل الإزاحة الدنيا الجاوسي Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) . و يحقق هذا النوع من التعديل قدرة في القناة المجاورة تقل إلى -60db مما يقلل من التداخل بين القنوات المتقاربة في التردد و المكان و ينقل معلومات بمعدل قدره 270.8Kbit/s في نطاق ترددي يعادل 200KHz مما يعطي كفاءة طيفية قدرها 1.35bit/sec/Hz . و تخرج الإشارة التماثلية بعد ذلك إلى وصلة الازدواج duplexerالذي يفصل الإشارة المستقبلة من الإشارة المرسلة ثم إلى الهوائي لإرسالها. و في الاستقبال تجري العمليات بخطوات عكسية فبعد الاستقبال من الهوائي و المرور عبر وصلة الازدواج تتم عملية إزالة التعديل ثم فك الشفرة ثم تحويل الإشارة الرقمية إلى إشارة تماثلية ثم إلى كلام مرة أخرى.

الاتصالات المتنقلة

معطيات القنال



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الثالثة : معطيات القنال

الهدف:

تهدف هذه الوحدة الى :

١. إبراز الفرق بين مفهوم القنال الفيزيائية والمنطقية .
٢. إعطاء فكرة واضحة على كيفية تركيب المعلومات في القنال المنطقية .
٣. إبراز دور كل قنال أثناء المكالمة عبر الجوال .

المهارات المكتسبة :

بعد دراسة هذه الوحدة ليتمكن المتدرب من المهارات التالية :

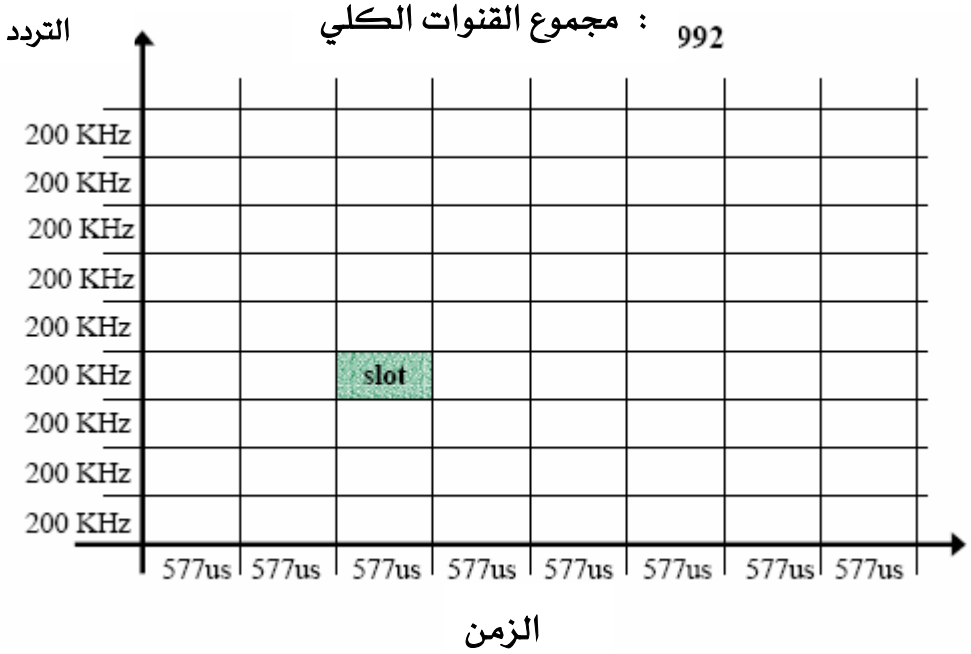
١. التمييز بين القنال الفيزيائية والقنال المنطقية .
٢. التمكن من حساب عدد المشتركين في منطقة معينة في شبكة الجوال .
٣. فهم دور الجوال في جميع مراحل المكالمة عبر الجوال .
٤. تحديد المدى الأقصى لإجراء المكالمة عبر الجوال بالنسبة للقاعدة الأساسية في الخلية .

٣ - ١ أنواع قنوات نظام GSM

قبل التعرض لأنواع القنوات في نظام GSM لابد من إعطاء فكرة عن أسلوب تعدد المسالك ومن ثمة هيكلة القنوات في نظام GSM.

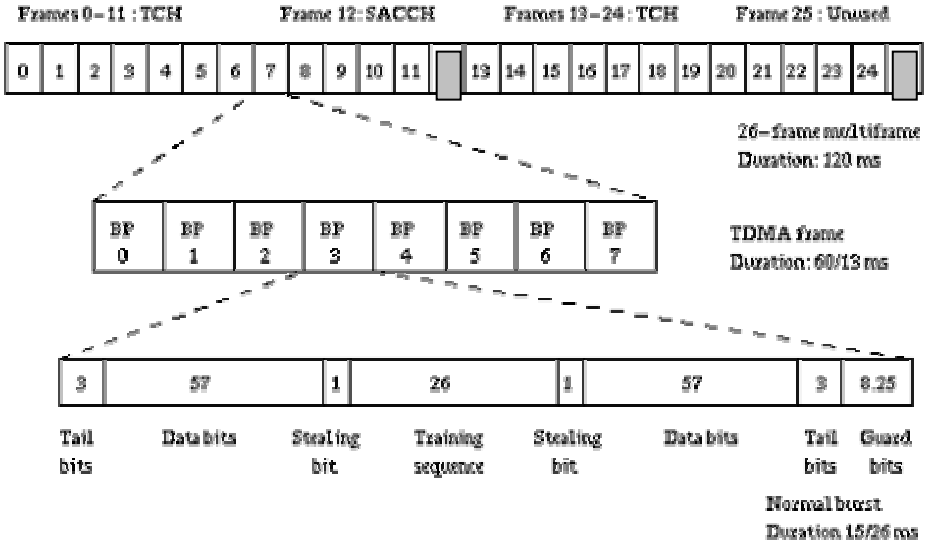
بما أن الطيف الترددي اللاسلكي هو من الموارد المشتركة بين كل المشتركين في الشبكة فإن من الضروري إيجاد طريقة لتقسيم سعة النطاق بين أكثر عدد من المشتركين.

لذلك في نظام GSM وقع اختيار طريقة تدمج بين تعدد المسالك بالتقسيم الترددي FDMA والتقسيم الزمني TDMA حيث يشمل جزء التقسيم الترددي على تقسيم سعة النطاق التي عرضها 25 MHz إلى 124 حاملاً (carrier) تبعد عن بعضها مقدار 200KHz . ثم تقسم كل واحدة من هذه الترددات الحاملة تقسيما زمنيا في حد ذاتها باستعمال أسلوب TDMA حيث يكون الجزء الزمني الأساسي في التقسيم الزمني يساوي 15/26 ms أي حوالي 577µs ويسمى هذا الجزء الأساسي رشقة burst كما تقدم في الوحدة السابقة.



الشكل(٣ -١) القنوات الفيزيائية

تكوّن مجموعة ثماني رشقات مع بعضها ما يسمى بالرتل Frame (TDMA-) وتكون مدته إذا ثماني مرات مدة الرشقة الواحدة أي 120/26 ms أو ما يعادل 4.615 ms.



الشكل(٣ -٢) هيكلة رتل GSM والرشقة العادية

ويكوّن هذا الرّتل الجزء الأساسي لتعريف **القناة المنطقية** أما مدة الرشقة الواحدة فتمثل **القناة الفيزيائية** الواحدة عبر الرتل ,وتعرف القنوات بحسب رقم وموضع الرشقات التابعة لها .

و بصفة عامة يمكن تقسيم القنوات إلى صنفين:

أ -**قنوات مكرّسة** dedicated channels

وهي عبارة عن قنوات تمّ تخصيصها للمحطة المتنقلة MS

ب -**قنوات مشتركة** common channels

و هي قنوات يمكن استعمالها من طرف المحطات المتنقلة في حالة الراحة Idle Mode

٣ -٢ القنوات المنطقية

هناك نوعان من القنوات المنطقية في نظام GSM حيث يسمى النوع الأول قنوات الحركة Traffic Channels و يرمز لها TCH, والنوع الثاني يسمى قنوات التحكم Control Channels و يرمز لهاCCH.

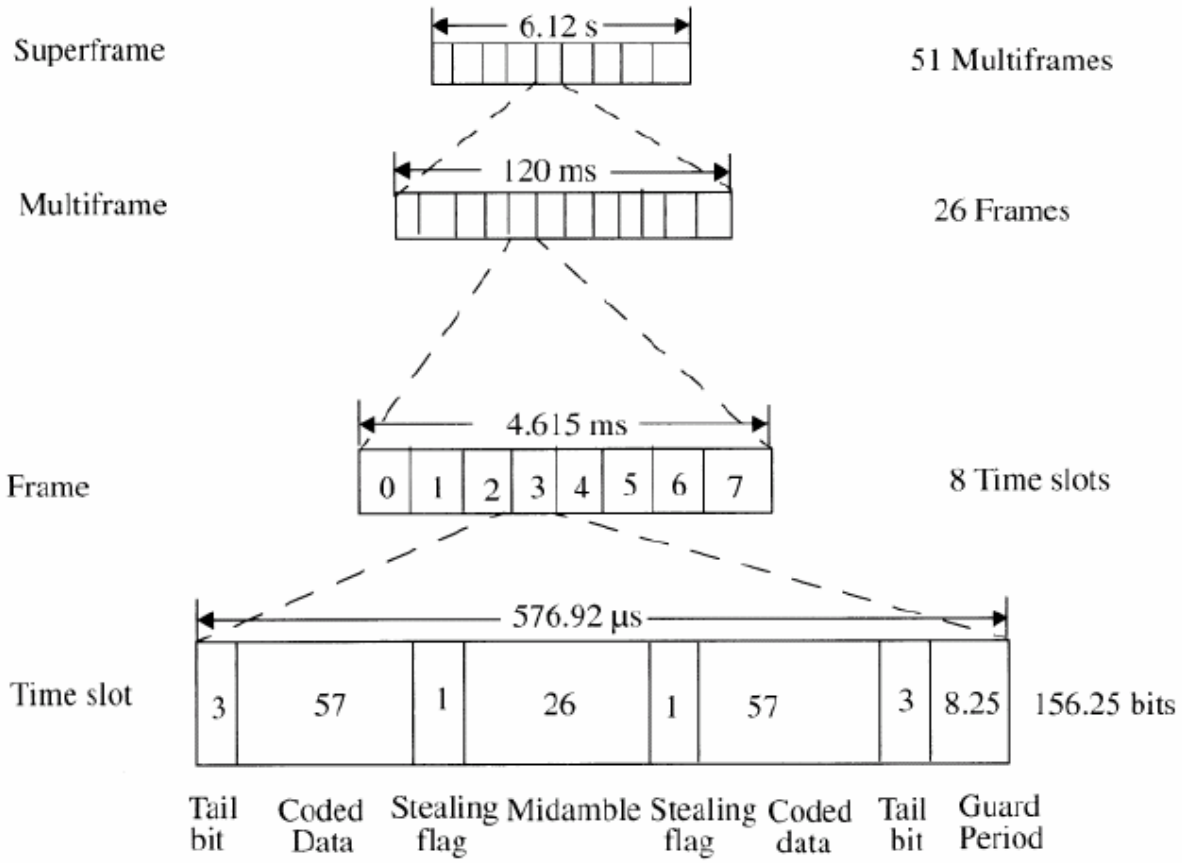
أما قنوات الحركة فهي تحمل مكالمة المشترك و بياناته في شكلها المشفر .وهذه القنوات لها نفس الدور و الشكل في الوصلة الصاعدة أو الهابطة.

وأما قنوات التحكم فهي تحمل أوامر التأشير والتزامن بين المحطة القاعدية Basic Station و المحطة المتنقلة. هناك بعض قنوات تحكم تكون خاصة بالوصلة الصاعدة و هناك قنوات تحكم أخرى تكون خاصة بالوصلة الهابطة.

في نظام GSM هناك ستة أنواع من قنوات الحركة TCHs وهناك عدد أكبر من ذلك بالنسبة لقنوات التحكم سيقع تبيانها بالتفصيل.

٣ -٢ -١ قنوات الحركة TCHs

قنوات الحركة حددت باستعمال رتل متعدد Multi-frame ذي 26 رتل (26 TDMA-frames)



الشكل (٣ -٣) هيكلة أرتال قنوات الحركة

فيكون طول الرتل المتعدد إذا 120 ms. في هذا الرتل المتعدد يستخدم فقط 24 رتل للحركة Traffic أي للمحادثة ومعلومات المشتركين من جملة الست والعشرين, أما الرتلان المتبقيان فواحد يستعمل لقناة التحكم المصاحبة البطيئة slow associated control channel (SACCH) و الآخر شاغر حاليا.

قنوات الحركة TCHs في الوصلة الصاعدة وفي الوصلة الهابطة تكون مزاحة في تزامنها بمقدار ثلاث مرات زمن الرشقة الواحدة و ذلك حتى لا تحتاج المحطة المتنقلة أي جهاز الجوال للإرسال والاستقبال في نفس اللحظة وبالتالي لعدم تعقيد الإلكترونيات في الجهاز بشكل أكبر.

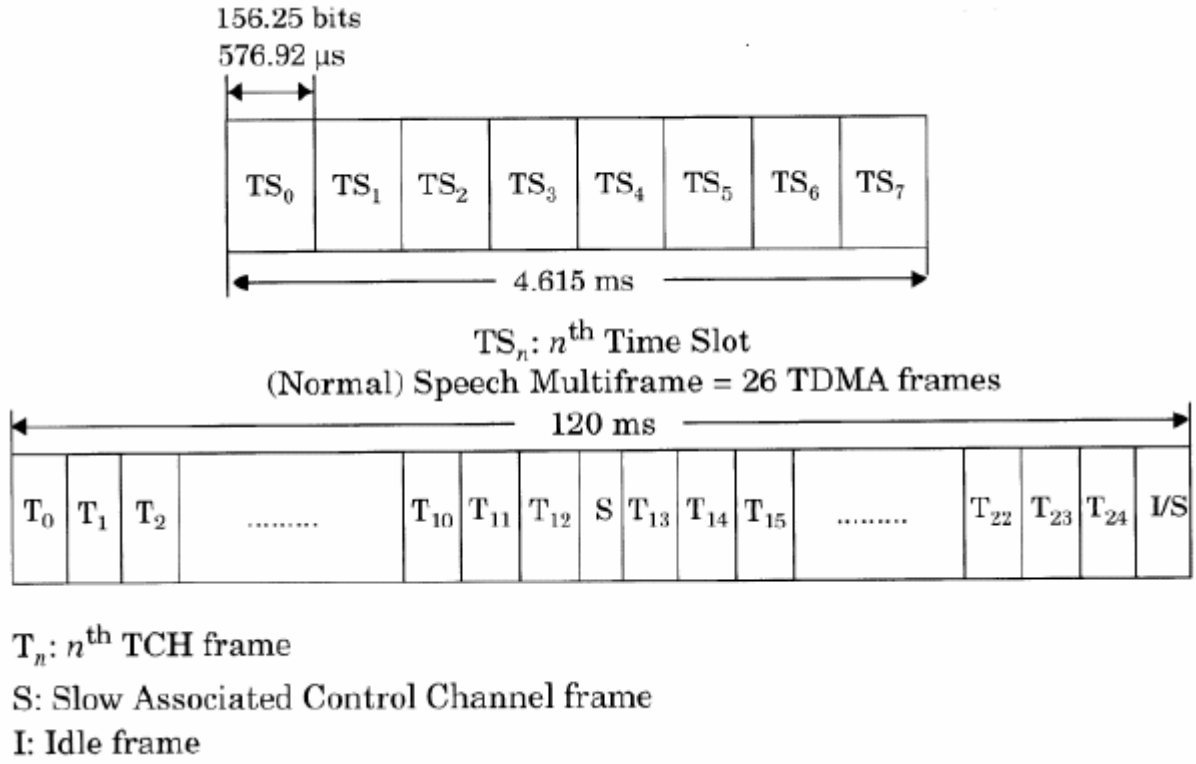
إلى جانب هذه القنوات ذات معدل التدفق الكامل (13.4kbps) full rate TCHs هناك أيضا قنوات ذات معدل التدفق النصفي (7kbps) half rate TCHs . وإن كانت هذه الأخيرة قد حددت مواصفاتها إلا أنها إلى حد الآن لم تستعمل في نظام GSM الحالي .ومن ميزاتها أنها ستضاعف سعة النظام نتيجة لاستعمال مشفّر الكلام ذي معدل التدفق النصفي فيزداد بذلك عدد المشتركين الذين يمكن استيعابهم في نفس الوقت.

في حالة النقل على قنوات الحركة من نوع معدل التدفق الكامل TCH/F فإن بيانات المشترك (المحادثة)تحمل في خانة زمنية واحدة Time Slot (TS) في الرتل.

أما في حالة النقل على قنوات من نوع معدل التدفق النصفي TCH/H فإن بيانات المشترك تحمل على نفس الخانة الزمنية ولكن في أرتال متباينة عوض أن تكون متتالية يعني أن كل مشتركين اثنين من قناة ذات معدل التدفق النصفي سيستعملان نفس الخانة ولكن النقل يتم بالتناوب في الرتل.

حسب مواصفات نظام GSM فإن الخانة الأولى رقم صفر TS0 في قنوات الحركة لا تستعمل لنقل بيانات المشتركين ولكن تستعمل كمحطة إذاعة Broadcast station لكل خلية أي أنها تستعمل في كل رتل لنقل رشقات قناة التحكم.

كما أن بيانات أرتال قناة الحركة TCH- data تقطع عند الرتل الثالث عشر لنقل إما بيانات قناة التحكم المصاحبة البطيئة SACCH أو لنقل رتل شاغر كما هو في الشكل(٣ -٤).



الشكل(٣ -٤) كيفية نقل قنوات الحركة في الرتل

٣ -٢ -١ -١ قنوات الحركة ذات معدل التدفق الكامل TCH/F

لنقل المحادثة والبيانات الرقمية يشتمل نظام GSM على القنوات ذات التدفق الكامل التالية :

- **قناة المحادثة ذات معدل تدفق كامل** Full Rate Speech Channel (TCH/FS)

وهي قناة لنقل محادثة المشترك التي تم تحويلها إلى رقمية بمعدل تدفق خام بمقدار 13kbps ومع إضافة تشفير القناة الخاص بنظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القناة في الجملة 22.8kbps .

- **قناة البيانات ذات معدل تدفق كامل بمقدار** 9600bps Full Rate Data Channel (TCH/F9.6) و هي قناة لنقل بيانات المشترك بمعدل تدفق خام بمقدار 9600 bps ومع إضافة تشفير تصحيح الخطأ حسب مواصفات نظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القنات في الجملة 22.8kbps .

- **قناة البيانات ذات معدل تدفق كامل بمقدار** 4800bps Full Rate Data Channel (TCH/F4.8) و هي قناة لنقل بيانات المشترك بمعدل تدفق خام بمقدار 4800 bps ومع إضافة تشفير تصحيح الخطأ حسب مواصفات نظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القناة في الجملة 22.8kbps

- **قناة البيانات ذات معدل تدفق كامل بمقدار** 2400bps Full Rate Data Channel (TCH/F2.4) و هي قناة لنقل بيانات المشترك بمعدل تدفق خام بمقدار 2400 bps ومع إضافة تشفير تصحيح الخطأ حسب مواصفات نظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القناة في الجملة 22.8kbps

٣ -٢ -١ -٢ قنوات الحركة ذات معدل التدفق النصفي TCH/H

يشتمل نظام GSM على القنوات ذات التدفق الكامل التالية :

- **قناة المحادثة ذات معدل تدفق نصفي** Half Rate Speech Channel (TCH/HS)

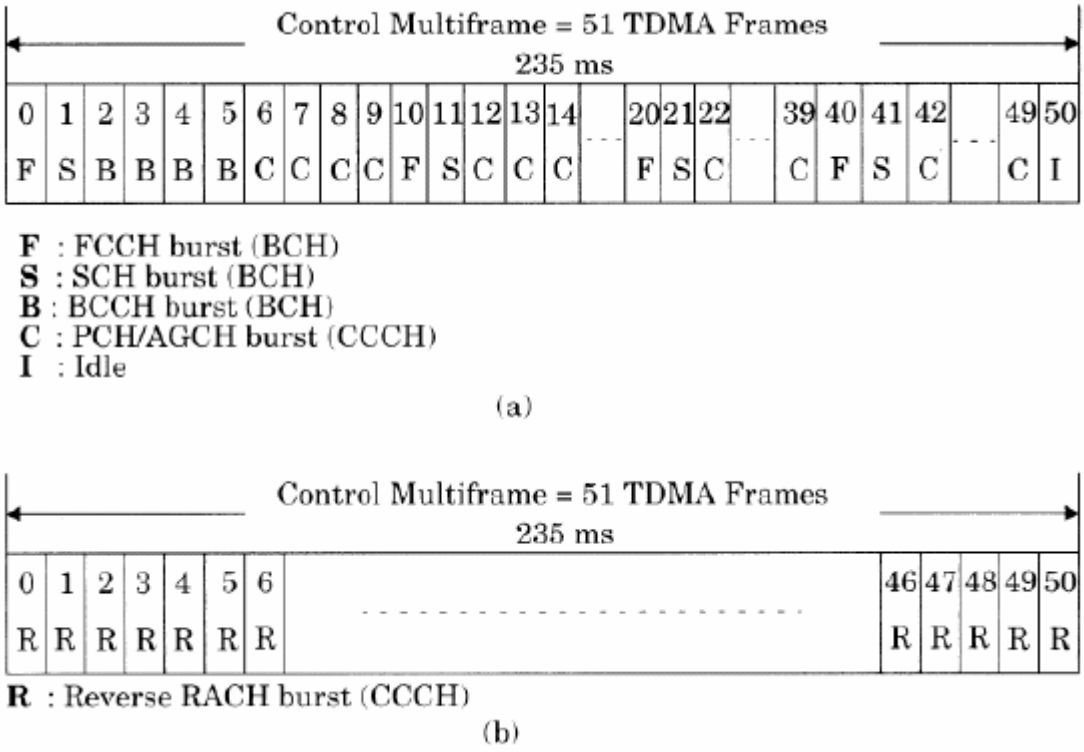
و هي لنقل المحادثة الرقمية التي يتم تكميتها بنصف معدل تدفق قناة TCH/F ,وبهذا تكون مواصفات نظام GSM قد سبقت إيجاد مشفّرات للمحادثة التي تمكن من ترقيم الصوت بمعدل تدفق حوالي 7kbps . ومع إضافة تشفير القناة الخاص بنظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القناة في الجملة 11.4kbps .

- **قناة البيانات ذات معدل تدفق نصفي بمقدار** 4800bps Half Rate Data Channel (TCH/H4.8) و هي قناة لنقل بيانات المشترك بمعدل تدفق خام بمقدار 4800 bps ومع إضافة تشفير تصحيح الخطأ حسب مواصفات نظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القناة في الجملة 11.4kbps
- **قناة البيانات ذات معدل تدفق نصفي بمقدار** 2400bps Half Rate Data Channel (TCH/H2.4) و هي قناة لنقل بيانات المشترك بمعدل تدفق خام بمقدار 2400 bps ومع إضافة تشفير تصحيح الخطأ حسب مواصفات نظام GSM فيصبح معدل تدفق هذه القناة في الجملة 11.4kbps

٣ -٢ -٢ قنوات التحكم CCHs

يوجد في نظام GSM ثلاث قنوات تحكم رئيسة :

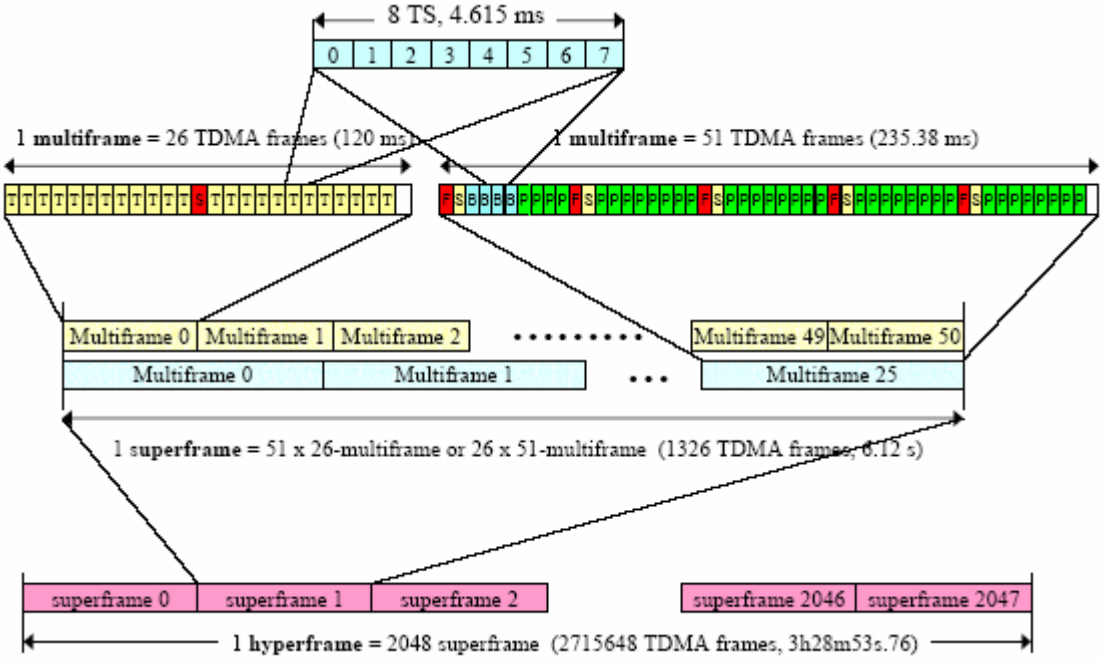
- **قناة إذاعة** Broadcast channel (BCH)
- **قناة تحكم مشتركة** Common control channel (CCCH)
- **قناة تحكم مكرّسة** (Dedicated control channel (DCCH



الشكل(٣ -٥) كيفية نقل قنوات التحكم في الرتل

وتشمل كل واحدة من قنوات التحكم هذه عدة قنوات منطقية موزعة في الزمن لتوفير التحكم المطلوب في نظام GSM .

إن قنوات التحكم BCH وCCCH في حالة الوصلة الهابطة تكون مرسخة فقط على بعض القنوات الترددية حيث ترصد لها خانات زمنية بطريقة خاصة جدا. وبالخصوص في حالة الوصلة الصاعدة فإن قنوات التحكم BCH وCCCH تكون فقط على الخانة الزمنية رقم صفر TS0 وترسل فقط أثناء بعض الأرتال داخل الرتل المتعدد من فئة 51 المسمى الرتل المتعدد لقناة التحكم control channel multi-frame



الشكل(٣ -٦) الرتل المتعدد لقناة التحكم مقابل

وذلك على الترددات المحددة لقنوات الإذاعة GSM broadcast channels أما الخانات الزمنية المتبقية أي TS0...TS7 فهي تحمل قنوات الحركة TCHs العادية .وهذا يعني أن الترددات المحددة أصلا لقنوات التحكم قادرة أن تحمل قنوات المشتركين ذات معدل التدفق الكامل على سبع خانات من جملة الثمان خانات الزمنية.

إن مواصفات نظام GSM تعرّف 34 قناة ترددية على أساس أنها قنوات إذاعة. وتتميز قنوات الإذاعة هذه بالنسبة للوصلة الهابطة يكون الرتل رقم 51 لا يحتوي بتاتا على بيانات قنوات BCH و CCCHللوصلة الهابطة ويبقى شاغرا

بينما قناة CCCH بالنسبة للوصلة الصاعدة قادرة على حمل إرسال المشترك أثناء الخانة صفر TS0 من أيّ رتل كان حتى الرتل الشاغر idle frame .

وفي المقابل فإن بيانات قنوات التحكم المكرّسة DCCH يمكن أن ترسل أثناء أي خانة زمنية في أي رتل ويمكن أن تكون أرتال بأكملها مخصصة بصفة نوعية لنقل قنوات DCCH.

و في ما يلي سيقع تبيان قنوات التحكم بشكل تفصيلي.

٣ -٢ -٢ -١ قنوات البث أو الإذاعة Broadcast Channels (BCH)

في كل خلية تعمل قناة الإذاعة على تردد مخصوص في الوصلة الهابطة فقط وترسل بيانات فقط في الخانة

الأولى الزمنية أي TS0 لبعض أرتال GSM.إذا هي بخلاف قنوات الحركة TCHs التي تكون من نوع الدوبلاكس أي ترسل علىالوصلة الصاعدة و الوصلة النازلة .

وتستخدم قناة الإذاعة BCH كقناة منارة لكل جوّال موجود في جوار المحطة القاعدية حتى يتعرف عليها ثم يرتبط بها إن كانت هي الأقرب .

توفر قناة BCH التزامن synchronization لجميع المحطات المتنقلة داخل الخلية كما تقوم المحطات المتنقلة في الخلايا المجاورة باستكشافها بصفة دورية واستقبال مستوى طاقتها الذي على أساسه يقرر انتقال الارتباط من خلية إلى أخرى .

بالرغم من نقل قناة BCH في الخانة الزمنية TS0 فإن بقية الخانات السبع المتبقية في الرتل على نفس القناة الترددية تكون قابلة لنقل بيانات قناة TCH أو بيانات قناة DCCH أوتملأ برشقات جامدة dummy bursts . مع العلم أن كامل الثماني خانات الزمنية في بقية القنوات الترددية في الخلية هي مهيأة لنقل بيانات TCH أو DCCH .

تعرّف قناة BCH بواسطة ثلاث قنوات متفرقة كلها تنقل على الخانة TS0 في أرتال مختلفة من الرتل المتعدد من فئة 51 وحدة .

وهذه الثلاثة أنواع من قنوات BCH هي كالتالي:

- **قناة الإذاعة للتحكم** Broadcast Control Channel (BCCH)

وهي قناة تحكم للوصلة الهابطة تستعمل لإذاعة معلومات تخص تعريف الخلية والشبكة وخصائص عمل الخلية مثل هيكلة قناة التحكم الحالية و تهيئة القنوات و الازدحام داخل الخلية.

كما تذيع قناة BCCH قائمة بالقنوات التي في حالة استعمال داخل الخلية .

وتحتل بيانات قناة BCCH في رتل التحكم المتعدد من فئة 51 أربعة أرتال أي من رقم 4 إلى رقم5.

ملحوظة: الخانة الزمنية TS 0 تحمل بيانات قناة BCCH في أرتال معينة أما في غيرها من أرتال معينة أخرى يمكن أن تحمل قنوات BCH أخرى (مثل FCCH وSCH) أو قنوات التحكم المشتركة CCCHs أو رتلاً شاغراً I يرسل عند كل رتل رقم 51.

- **قناة تصحيح التردد** Frequency Correction Channel (FCCH)

وهي عبارة على رشقة بيانات خاصة تحتل الخانة الزمنية TS 0 في أول رتل GSM أي الرتل رقم صفر وتعاد كل عشر أرتال في رتل قناة التحكم المتعدد .

وقناة FCCH تمكن جهاز المشترك من توحيد تردده مع تردد المحطة القاعدية للخلية .

- **قناة التزامن** Synchronization Channel (SCH) و هي تحمل في الخانة TS 0 من الرتل الموالي رأسا لرتل FCCH ,وتستعمل لتعريف المحطة القاعدية مقدمة الخدمة مع تمكين المحطات المتنقلة

من التزامن الرتلي مع المحطة القاعدية. فتحتوي بيانات رشقة SCH على رقم الرتل (FN) الذي يكون مداه من 0 إلى 2715647 وعلى رمز تعريف المحطة القاعدية (BSIC) الذي يحدد تلك المحطة بشكل فريد في نظام GSM .

ترسل قناة SCH مرة كل عشر أرتال في رتل قناة التحكم المتعدد (من فئة 51).

٣ -٢ -٢- قنوات التحكم المشتركة Common Control Channels (CCCH)

تنقل هذه القنوات على تردد قنوات الإذاعة BCH في الخانة الأولى 0 TS من كل رتل GSM في حالة عدم حجزه من طرف BCH أو كونه رتلا شاغرا.

تشمل قنوات CCCH ثلاثة أنواع من القنوات المختلفة و هي :أ - قناة النداء Paging Channel (PCH) التي تخص الوصلة الهابطة و ب - قناة المسلك العشوائي Random Access Channel (RACH) التي تخص الوصلة الصاعدة و ج - قناة ضمان المسلك Access Grant Channel(AGCH) التي تخص الوصلة الهابطة .

قنوات CCCH هي قنوات التحكم ذات الاستعمال الأكثر شيوعا وهي تستعمل لنداء مشتركين محددين وتمد مشتركين محددين بقنوات التأشير وتستقبل طلبات الخدمة من المحطات المتنقلة .

ويمكن أن نعطي هذه القنوات المشتركة CCCH بأكثر تفصيل في ما يلي :

- **قناة النداء** Paging Channel (PCH)

وهي قناة توصل إشارات النداء من المحطة القاعدية إلى كل المحطات المتنقلة في الخلية وتنبه محطة متنقلة محددة لقدوم مكالمة من شبكة الهاتف الثابت فقناة PCH تنقل رمز تعريف المشترك المتنقل العالمي IMSI للمشترك المطلوب كما تنقل بالتوازي أيضا طلب للمحطة المتنقلة المطلوبة بإرجاع الإفادة بالقبول عن طريق قناة RACH .

كما يمكن أن تستعمل قناة PCH في الحالات البديلة للبث داخل الخلية لرسائل نصّية لجميع المشتركين و ذلك كجزء من خدمة الرسائل القصيرة المتاحة في نظام GSM .

- **قناة المسلك العشوائي** Random Access Channel (RACH)

وهي قناة الوصلة الصاعدة التي تستعمل من طرف المحطة المتنقلة لنقل تعريفها على النداء الخاص بها الذي بثته قناة PCH .كما تستعمل أيضا من طرف المحطة المتنقلة لبدء محادثة .

وعلى كل محطة متنقلة أن تطلب مسلكاً للدخول للشبكة أو تجيب على تنبيه قناة PCH في الخانة TS 0 في رتل GSM ما . اذ كل الأرتال (حتى الرتل الشاغر) عند المحطة القاعدية تقبل إرسال RACH من طرف المتنقلة أثناء الخانة رقم صفر.

.و لإرساء الخدمة للمتنقلة فإن المحطة القاعدية يجب أن تجيب إرسال RACH برصد قناة حركة للمحطة المتنقلة وإلحاق في نفس الوقت ما يسمى بقناة تحكم مكرّسة قائمة لذاتها Stand-alone Dedicated Control Channel(SDCCH) وذلك لاستعمالها للتأشير أثناء المحادثة .

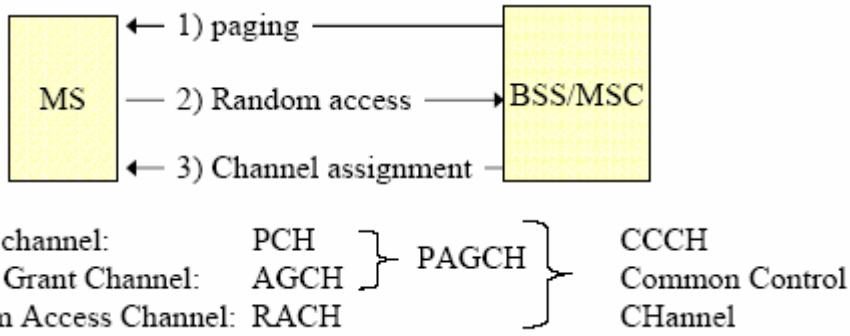
هذا الربط يؤكد من طرف المحطة القاعدية عن طريق قناة AGCH

- **قناة ضمان المسلك** Access Grant Channel(AGCH)

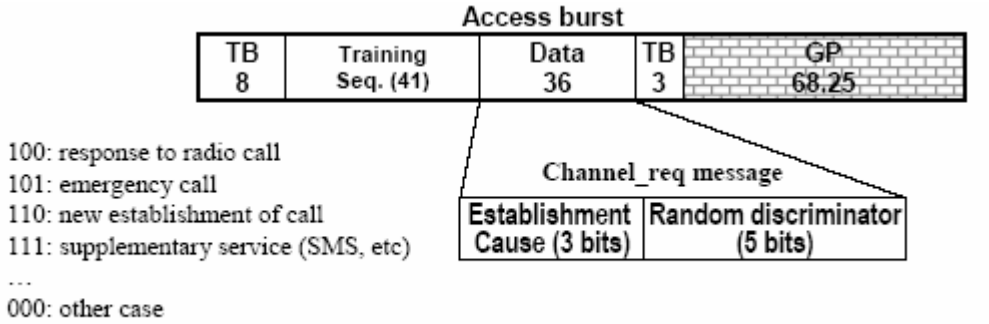
وهي تستعمل من طرف المحطة القاعدية لتهيئة الربط مع المحطة المتنقلة ,كما تحمل هذه القناة بيانات للمتنقلة للعمل على قناة فيزيائية معينة متحدة مع قناة تحكم مكرّسة .

AGCH هي آخر رسالة من نوع CCCH ترسلها المحطة القاعدية قبل أن ينتقل المشترك من قناة التحكم إلى قناة الحركة.

هذه القناة إذا تستعملها المحطة القاعدية للإجابة علىRACH التي تكون أرسلتها المتنقلة في رتل CCCH سابق.



الشكل(٣ -٧أ) كيفية التخاطب بين المحطة القاعدية والمتنقلة عبر قناة CCCH



الشكل(٣ -٧ب) تفصيل قناة RACH

٣ -٢ -٢ -٣ قنوات التحكم المكرّسة Dedicated Control Channels (DCCH)

هناك ثلاثة أنواع من قنوات التحكم المكرّسة في نظام GSM وهي مثل قنوات الحركة من حيث كونها تستعمل في الاتجاهين الصاعد والنازل.وتكون لها نفس الهيكلة والوظيفة في الوصلتين أيضا.

و قنوات التحكم المكرّسة DCCHs يمكن أن تشغل أي خانة زمنية على أي قناة ترددية ما عدا الخانة رقم صفر على القناة الترددية الناقلة لقناة BCH .

ويمكن تقسيم قنوات التحكم المكرّسة إلى الأنواع التالية :

١. **قنوات تحكم مكرّسة قائمة بذاتها** Stand-alone Dedicated Control Channels(SDCCH)
وتستعمل لتزويد خدمات التأشير المطلوبة من طرف الشترك .
٢. **قنوات تحكم مصاحبة بطيئة** Slow Associated Control Channels(SACCH)
وتستعمل لنقل بيانات المراقبة بين المحطة المتنقلة والمحطة القاعدية أثناء المحادثة.
٣. **قنوات تحكم مصاحبة سريعة** Fast Associated Control Channels(FACCH)
وتستعمل لنقل بيانات المراقبة بين المحطة المتنقلة والمحطة القاعدية أثناء المحادثة أيضا.

وسنعرض هذه الأنواع الثلاثة بأكثر تفصيلا :

- **قنوات تحكم مكرّسة قائمة بذاتها** Stand-alone Dedicated Control Channels(SDCCH)

وهي قنوات تحمل بيانات التأشير مباشرة بعد الربط بين المحطة المتنقلة والمحطة القاعدية ومباشرة قبل أن تصدر المحطة القاعدية قناة حركة TCH خاصة للمحطة المتنقلة. فقناة SDCCH تضمن بقاء المحطة المتنقلة والمحطة القاعدية مرتبطتين أثناء تحقق المحطة القاعدية ومركز المبدل MSC من وحدة المشترك ورصد الموارد للمتنقلة. فقناة SDCCH تستعمل عندها لنقل معلومات هوية وحدة المشترك ورسائل التنبيه(وليس المحادثة) وذلك أثناء قيام المتنقلة بتثبيت تزامنها مع الرتل وانتظارها الحصول على قناة الحركة TCH.

وقنوات SDCCH يمكن أن تحدد لها قنوات فيزيائية خاصة بها أو يمكن أن تحتل الخانة صفر من قناة BCH إذاكان الطلب على هذه القناة الأخيرة أوقناة CCCH قليلا.

- **قنوات تحكم مصاحبة بطيئة** Slow Associated Control Channels(SACCH)

وهي قنوات تكون دائما مصاحبة إما لقنوات الحركة أوقنوات SDCCH وتشكل على نفس القناة الفيزيائية . ولذلك فإن كل القنوات الترددية تحمل بيانات قناة SACCH لكل مستعمليها الحاليين.وهي تنقل معلومات عامة بين المحطة المتنقلة والمحطة القاعدية.وفي الوصلة الهابطة تستعمل هذه القناة لإرسال المعلومات المتغيرة بانتظام و ببطء إلى المتنقلة ,مثل الأوامر المتعلقة بمستوى طاقة الإرسال وأوامر التقدم الزمني Time advance instructions المتعلقة بكل مستعمل على القناة

الترددية. أما في الوصلة الصاعدة فإن SDCCH تنقل معلومات حول قوة الإشارة المستقبلة وجودة قناة الحركة TCH وكذلك نتائج قياسات قنوات الإذاعة BCH للخلايا المجاورة .

تكون قناة SDCCH محمولة في الرتل الثالث عشر من كل رتل متعدد خاص بالمحادثة /قناة التحكم المكرّسة (انظر الشكل(٣ -٤)) .وفي ذلك الرتل تحجز بيانات SDCCH الخانة الثامنة من الثمان قنوات الفيزيائية ذات معدل التدفق الكامل.

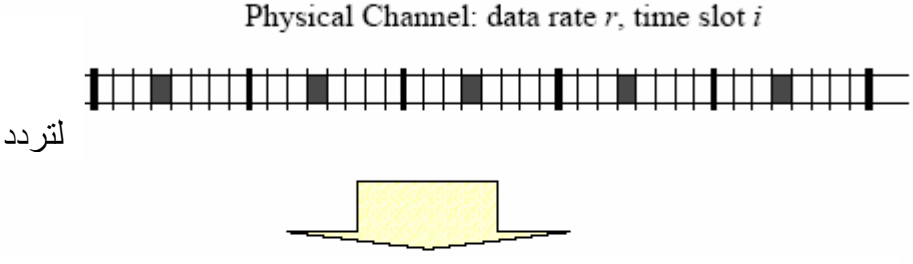
- **قنوات تحكم مصاحبة سريعة** Fast Associated Control Channels(FACCH)

هذه القنوات تحمل الرسائل العاجلة وتحوي في الأساس نفس نوع المعلومات التي تحملها القناة البطيئة SDCCH وتتحدد قنوات FACCH عندما لايكون هناك تحديد سابق لقنوات SDCCH لمستعمل معين وتكون هناك معلومة ملحة كطلب الانتقال بين الخلايا.

وقناة FACCH تتسلل إلى الخانة الزمنية ب"سرقة"أرتال من قناة الحركة المصاحبة لها .وذلك بوضع بيتات (bits) خاصة في رشقة قناة الحركة TCH للوصلة الصاعدة .وإذا وضعت هذه البيتات فإن الخانة الزمنية تلك تسمى خانة بيانات قناة FACCH وليس TCH لذلك الرتل.

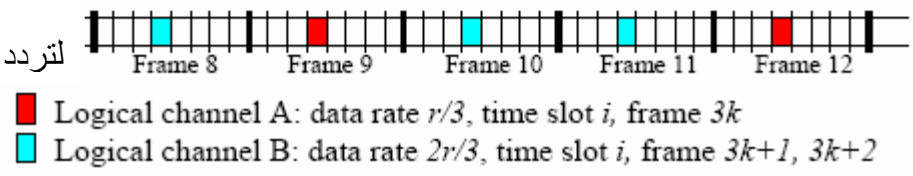
٣ -٣ رسم القنوات المنطقية على القنوات الفيزيائية Logical –physical Mapping

مثال قناة فيزيائية : معدل تدفق البيانات r والخانة الزمنية i



رسم (Maping) القناة المنطقية :

مشاركةعدة قنوات منطقية في قناة فيزيائية



٣ -٤ هيكلة الرشقات وأنواعها Burst structure and Types

يرسل كل مستعمل رشقة بيانات في الخانة الزمنية المحددة له.وهذه الرشقات لاتعدو أن تكون إحدى أنواع الرشقات الخمس حسب مواصفات نظام GSM .وهي رشقات الحركة والتحكم .

فالرشقات العادية normal burst تستعمل لقنوات TCH ,DCCH في الوصلتين الصاعدة والهابطة. أما رشقات FCCH و SCH فتستعمل في خانات خاصة رقم صفر لإذاعة التردد والتزامن اللازم للمتنقلة أما رشقات RACH فتستعمل من طرق المتنقلة للحصول على الخدمة من المحطة القاعدية. أما الرشقة dummy فتستعمل للوصلات الهابطة لتعبئة الخانات غير المستعملة. الشكل(٣ -٨)التالي يبين كل هذه الرشقات و هيكلتها بالتفصيل.

Normal

3 start bits	58 bits of encrypted data	26 training bits	58 bits of encrypted data	3 stop bits	8.25 bits guard period

FCCH burst

3 start bits	142 fixed bits of all zeroes	3 stop bits	8.25 bits guard period

SCH burst

3 start bits	39 bits of encrypted data	64 bits of training	39 bits of encrypted data	3 stop bits	8.25 bits guard period

RACH burst

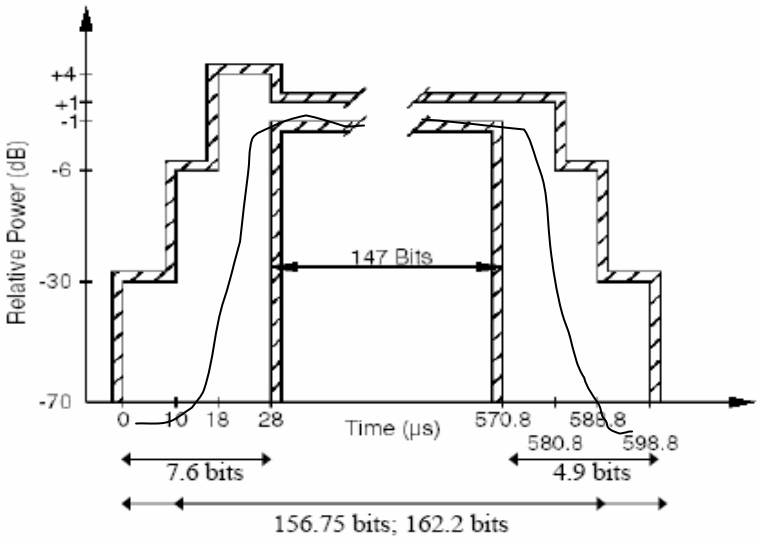
8 start bits	41 bits of synchronization	36 bits of encrypted data	3 stop bits	68.25 bit extended guard period

Dummy burst

3 start bits	58 mixed bits	26 training bits	58 mixed bits	3 stop bits	8.25 bits guard period

الشكل(٣ -٨) أنواع الرشقات وهيكلتها

وتكون قدرة الرشقة مركزة في بيتات وسط الرشقة أكثر مما هي في الأطراف أي أن الرشقة تكون ذات تصاعد وتنازل سريعين في مدة تصاعد مثلا لا تتجاوز 20µs كما يبين الشكل التالي.



الشكل (٣ -٩) قناع الرشقة

وكما يبدو واضحا من الشكل أعلاه الذي يحدد المجال الذي تكون فيه قدرة الرشقة فإن القاعدة المتنقلة (جهاز الجوال)الذي يرسل الرشقة كل رتل أي كل 4.615ms يجب أن تصل الرشقة إلى قدرتها القصوى التي تدوم مدة 147 بت في زمن لا يتجاوز 20µs, وكذلك إنهاؤها بنفس السرعة.

المراجع

[1] Ericsson Training Manuals.

[2] William Lee, "Mobile Cellular Telecommunications", McGraw Hill, 2001.

[3]J. Schiller, Addison, "Mobile Communication", Wesley, 2000.

[4]John Scourias,' Overview of the global system for mobile communications.

[5] Theedere S. Rappaport: Wireless communications.

[6]Philips: GSM system introduction.

[7] Giuseppe Bianchi: GSM- radio interface.

المحتويات

مقدمة .....
الوحدة الأولى : مقدمة في الاتصالات المتنقلة والنظام الشامل للاتصالات المتنقلة GSM ١
مقدمـــــــــة Introduction ٢
١ -١أنظمة الهواتف المتنقلة ٣
١ -٢ النظام الشامل للاتصالات المتنقلة GSM ١٣
١ -٣ التركيبة الجغرافية لشبكة GSM ٢٧
١ -١٤ المجالات الترددية المستخدمة في نظام GSM ٤٠
الوحدة الثانية : معطيات الإتصالات اللاسلكية ٤٢
٢ -١ التردد Frequency ٤٣
٢ -٢ المعطيات الترددية Frequency spectrum ٤٣
٢ -٣ النطاق الترددي Band width ٤٤
٣ -٤ القنوات Channels ٤٥
٢ -٥ سرعة الإرسال ٤٥
٢ -٦ طريقة التعديل Modulation ٤٥
٢ -٧ المسلك المستخدم (التقسيم الزمني متعدد المسالك) TDMA ٤٨
٢ -٨ الإرسال التماثلي و الرقمي ٥١
٢ -٩ الفقدان المساري Path loss ٥٢
٢ -١٠ التظليل Shadowing ٥٣
٢ -١١ تأثر الإشارة بتعدد المسارات Multi-path propagation ٥٣
٢ -١٢ التشتت الزمني Time dispersion ٥٤
٢ -١٣ التوافق الزمني Time alignment ٥٤
٢ -١٤ فقدان الإشارة متعدد الأسباب ٥٥
٢ -١٥ حلول لمشاكل الإرسال ٥٦
٢ -١٦ تشفير القناة ٥٦
٢ -١٧ مباعدة الهوائيات Antenna diversity ٥٧
٢ -١٨ التحزيم التداخلي Interleaving ٥٨
٢ -١٩ التقويم المتكيف Adaptive Equalization ٥٨
٢ -٢٠ القفز الترددي Frequency hopping ٥٩

٢ -٢١ الاستباق و التخلف الزمني Timing advance ٥٩
٢ -٢٢ خطوات الإرسال في نظام GSM ٦٠
٢ -٢٣ تحويل الإشارة التماثلية إلى رقمية في نظام GSM ٦١
٢ -٢٤ إرسال مقاطع منفصلة Segmentation ٦٢
٢ -٢٥ التحزيم التداخلي في نظام GSM ٦٢
٢ -٢٦ تمويه الإشارة بالتشفير Encryption ٦٢
٢ -٢٧ تهيئة الرشقة Burst formatting ٦٢
٢ -٢٨ التعديل و الإرسال ٦٤
الوحدة الثالثة : معطيات القنال ٦٥
٣ - ١ أنواع قنوات نظام GSM ٦٦
٣ -٢ القنوات المنطقية ٦٧
٣ -٣ رسم القنوات المنطقية على القنوات الفيزيائية Logical –physical Mapping ٧٨
٣ -٤ هيكلة الرشقات وأنواعها Burst structure and Types ٧٩
المراجع ٨١

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم
المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة
GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS