الفصل الرابع

المحطات الأرضية للهاتف الجوال
Mobile Phone Base station

obeikandl.com

4 – 1المقدمة

المحطات الارضيه للهاتف الجوال هي عبارة عن محطات بث واستقبال للموجات الراديوية منخفضه القدرة. وكذلك فان الهاتف الجوال جهاز منفرد القناة لبث واستقبال الموجات الراديوية منخفضه القدرة. عندما يتحدث شخص وربما عشرات الأشخاص عبر الهاتف الجوال ، فيتم التحدث إلى المحطة الارضيه (الخلية) القريبة من القاعدة. تنتقل المكالمة الهاتفية من تلك المحطة إلى المنظومة الارضيه لأن الهواتف الجوالة والمحطات الارضيه هي أجهزة بث واستقبال للموجات الراديوية ، والتي تؤدي إلى بعث إشعاع التردد الراديوي ، وتعريض الناس القريبين منها . كل من الهاتف الجوال والقاعدة الارضيه ذات قدرة منخفضه (قصيرة المدى) ،فان مستوى التعرض للتردد الراديوي للموجات الراديوية تكون عموما منخفضه للغاية . وقد بينت اللجان العلمية العالمية بان القدرة المنبعثة من المحطات الارضيه لهوائيات الهواتف الجوالة منخفضه جدا بحيث لا تؤدي إلى مخاطر صحية جدية ما دام الناس لا يقتربون بشكل مباشر إلى هوائي المحطات الارضيه. ومن الأهمية بمكان أن ندرك الفرق بين الهوائي (الجهاز الذي ينتج التردد الراديوي) ، والا براج وهي الهياكل التي توضع عليها الهوائيات. حيث يحتاج الناس إلى الابتعاد عن الهوائيات وليس عن الأبراج .
ومن المهم أيضا أن ندرك أن هناك العديد من التصاميم المختلفة من محطات قاعدة الهاتف الجوال التي تختلف بشكل واسع في قدرتها ، خصائصها ، وإمكاناتها لتعريض الناس للإشعاع التردد الراديوي.
تتألف المحطة الارضيه للهاتف الجوال من عدد من المعدات منها الهوائي ،البرج الذي يكون بطول مناسب لكي يوفر التغطية الجيدة ، والمعدات .

4 – 2 الأبراج

الأبراج هي هياكل حديدية لا تشع ولا تستقبل إلا عن طريق أعلى نقطة في البرج وهي الهوائي . قدرة الموجات اللاسلكية التي تنبعث من أبراج الهواتف الجوالة مساوية أو أقل من قدرة الموجات اللاسلكية التي تنبعث من أبراج الراديو والتلفزيون والكمبيوتر .

توجد أربعة أنواع مختلفة من الأبراج:

أ. البرج المشبك Lattice tower

تسمى أحيانا البرج المسند ذاتيا ، وهو يتيح أكبر قدر من المرونة ، وكثيرا ما تستخدم في ظروف الاتصالات الكثيرة. ويتكون عادة من ثلاثة جوانب و قاعدة ثلاثية أو البعض من أربعة جوانب. شكل (4 – 1 أ)

ب - البرج أحادي القطب Monopole Tower

برج يتكون من أنبوب واحد. لا يزيد ارتفاعه على 50 متر. تثبت الهوائيات على السطح الخارجي للبرج. شكل (4 – 1 ب)

ت - ألبرج المرشد Guyed Tower

أرخص أنواع الأبراج ، و تحتاج إلى مساحة واسعة من الأرض. يصل ارتفاعه إلى 90 متر أو أكثر. معظم أبراج محطات الإذاعة والتلفاز هي من هذا النوع. ويثبت البرج بواسطة أسلاك على سطح الأرض. شكل (4 – 1 ت)

ت - برج الشبح أو السري Stealth Tower

تكون هذه الأبراج أكثر كلفة من الأنواع الأخرى لأنها تحتاج إلى مواد إضافية لتخفي رؤية الهوائي وهي لا توفر نفس السعة من الهواتف. ويوضح الشكل (4 – 1 ث) واحد من أكثر أبراج الشبح شيوعا الموجودة في كنيسة في كاليفورنيا.

تحاول شركات الاتصالات عند تنصيب أبراج الهوائيات أن لا تكون سببا في حجبت المناظر الطبيعية. لذلك تستخدم الأبراج النحيفة مع جعل رأسها صغيرا

وتصبغ بألوان تحاكي الطبيعة المحيطة أو جعلها بشكل شجرة أو تعلق بشكل خفي على مصابيح الشوارع. أو توضع على الأسطح أو علـــى أبـــراج الكهربـــاء ذات الجهد العالي شكل(2)

يتم وضع هوائيات المحطة الأساسية بمكان عال على السطح، على سارية أو بـــرج لتكون قادرة على تغطية منطقة كبيرة .وفي مركز التسوق التجارية والمطـــارات و المكاتب والأماكن الأخرى التي بها العديد من المستخدمين، يتم غالبًا وضع الهوائيات على الحوائط أو بالأسقف لتقديم الخدمة لمناطق أصغر.

يتراوح مستوى الطاقة الصادر بين 10 و 40 واط للمحطة الأساسية الخارجيـــة . ويمكن مقارنة هذا بأجهزة إرسال التلفاز والتي غالبًا ما تكون الطاقة الصادرة عنها اكبر بآلاف المرات .والهوائيات التي يتم تثبيتها داخليًا يكون لها نفس الطاقة الصادرة من الهواتف الجوالة العادية تقريبًا.

شكل (4 – 1) أنواع الأبراج

أ **ب**

openkandil.com

ت

ث

وتختلف مساحة هذه المنطقة من سنتيمترات قليلة للهوائيات الموجودة بالمباني الصغيرة إلى بعض الأمتار للهوائيات المثبتة في السواري وبالأسطح .ويتم تركيب الهوائيات بهذا الشكل حتى لا يستطيع الأفراد غير المصرح لهم الوصول للمنطقة التي قد تتجاوز فيها حدود التعرض للموجات اللاسلكية.

وفي مراكز التسوق التجارية والمطارات والمكاتب والأماكن الأخرى فتستخدم محطات الهوائيات الصغيرة (Microcells) والتي تساعد الشركات على تلبية حاجات العملاء على ارتفاع الطلب للخدمة الهاتفية في المناطق المزدحمة. عادة ما تكون مركبة على الجدران الخارجية ، وعلى مصابيح النيون.

شكل (4 - 2) طريقة تثبيت ساريات الهوائيات السارية مختفية في بناية تاريخية السارية مختفية في واجهة البناية

السارية مختفية بمصباح الشارع

برج الهوائي بشكل شجرة

العديد من المستخدمين،يتم غالبًا وضع الهوائيات على الحوائط أو بالأسقف لتقديم الخدمة لمناطق أصغر. يتراوح مستوى الطاقة الصادر بين 10 و 40 واط للمحطة الأساسية الخارجية .ويمكن مقارنة هذا بأجهزة إرسال التلفاز والتي غالبًا ما تكون

الطاقة الصادرة عنها أكبر بالآلاف المرات .والهوائيات التي يتم تثبيتها داخليًا يكون لها نفس الطاقة الصادرة من الهواتف الجوالة العادية تقريبًا.وتقدم كل محطة أساسية الخدمة فقط لعدد محدود من المستخدمين في نفس الوقت .عادة ما تكون المسافة بين محطات الهوائيات الصغيرة 300 متر - 1 كيلو متر وتكون القدرة الخارجة منها اقل مما هو للمحطات الكبيرة .

4 – 3 المعدات

كل مستأجر لشركة اتصال من اللذين وضعوا هوائي الهاتف الجوال على برج الإرسال يستخدمون أجهزة الإرسال التي توضع في كابينة أو بناية . الشركات تستخدم وسائل مختلفة لحماية معداتهم منها بناء سياج واقي يمنع دخول غير المخولين إلية وتوضع علية علامات تحذيرية . هذه المعدات تسمى محطة الإرسال والاستقبال الارضيه BTS". شكل(4 – 3)

واهم المعدات في المحطة الارضيه للهاتف الجوال ما يلي :

1 - قاعدة محطة الإرسال والاستقبال (BTS) Base transceiver station :

قاعدة محطة الإرسال والاستقبال هو مجموعة من المعدات التي تسهل الاتصال اللاسلكي بين أجهزة المستخدم والشبكة وهي الجزء التقليدي لشبكة الهاتف الجوال المسؤولة عن التعامل مع إشارات المرور بين شبكة الهاتف الجوال وشبكة التحويل الفرعية. والتي تنفذ تحويل الشفرة لقنوات التعبير ، تخصيص القنوات الراديوية على الهواتف الجوالة ، الترحيل ، إدارة الجودة في الإرسال والاستقبال ،والعديد من المهام الأخرى ذات الصلة بالشبكة اللاسلكية. قاعدة محطة الإرسال والاستقبال ، تحتوي على معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية transceivers ، الهوائيات ، ومعدات لتشفير وفك التشفير.

شكل(4 – 3) المعدات

معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية تتعامل مع مختلف الترددات والقطاعات المختلفة من الخلية. وتتم السيطرة عليها في المحطة الرئيسية بواسطة منظومة التحكم والمراقبة في المحطة والتي يتم تنفيذها كوحدة منفصلة أو تدمج في معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية في المحطات القاعديه. قاعدة محطة الإرسال والاستقبال توفر عمليات التشغيل والصيانة المربوطة إلى نظام إدارة الشبكة ، فضلا عن التعامل مع البرامج. يختلف عمل المحطة باختلاف تكنولوجيا الهاتف الجوال المستخدمة وشركات الهاتف فبعض شركات الهواتف تبني محطاتها بحيث تسهل الإرسال والاستقبال بمنظومة الربط بالهواء Um. وتستقبل المعلومات بجهاز الإرسال العادي. الربط الهوائي بين محطة التليفون الجوال و محطة إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية يستخدم بروتوكول LAPDm للإشارة لإجراء المكالمة، السيطرة على المكالمة. التقرير ، والتسليم ، السيطرة على القدرة ، والتوثيق ، والتخويل ، تحديث الموقع –الخ. يتم إرسال الإشارات بشكل رشقات بزمن 0.577 مللي ثانية على فترات من4.615 مللي ثانية ، لتشكيل البيانات في20 مللي ثانية.

ومن الربط الأرضي تحول إلى ربط المحطة ثم الربط المكـــرر Abis وأخيـــرا ترسل إلى محطة السيطرة BSC. وهناك شـــركات تبنـــي محطـــات الإرســـال والاستقبال بحيث أن المعلومات يعاد معالجتها بشكل كامل. الميزة المهمة في هـــذه الحالة هو الحمل القليل على الربط المكرر .

2 - قاعدة محطة السيطرة base station controller (BSC)

تقوم هذه المحطة بشكل تقليدي بتبادل المعلومات مع محطات الإرسال والاستقبال. وعادة ما تسيطر هذه المحطة على عشرات أو حتى مئات من محطات الإرســـال والاستقبال. محطة التحكم تقوم بتخصيص القنوات الاسلكية، وتســـيطر علـــى عملية التسليم بين محطات الإرسال والاستقبال (ما عدا الحالة المشتركة بين التسليم في داخل محطة التحكم حيث تكون مهمة التحكم جزء من مسؤولية مركز التحويل للاتصالات الجوالة). ومن بين المهام الرئيسية لمحطة السيطرة هو عملها لتركيـــز مختلف الاتصالات ذات السعة والاستخدام القليل إلى محطات الإرسال والاستقبال وبذلك ينخفض عدد الاتصالات الجوالة في اتجاه مركز التحويل (مستوى عال من الاستخدام) . هذا يعني أن الشبكات في كثير من الأحيان تنظم لتتضمن العديد من محطات السيطرة إلى المناطق القريبة من محطات الإرسال والاستقبال التي يـــتم توصيلها إلى المواقع المركزية. ومما لا شك فيه تعتبر محطات التحكم العنصـــر الأكثر قوة في خدمات المحطات الارضيه لأنها ليست كوحدة تحكم في محطـــات الإرسال والاستقبال ، ولكن بالنسبة لبعض الشركات تعتبر مركز تحول كامل مـــع المحطة الرئيسية . كما يوفر جميع البيانات المطلوبة لدعم عمليـــة المنظومـــات الفرعية ، وكذلك لقياس أداء المراكز. محطات التحكم غالبا ما تقوم على توزيـــع أسلوب بناء البرامج الحاسوبية ، مع تكرار تطبيقها لوحـــدات وظيفيـــة حاســـمة لضمان تجنب ظروف الخطأ. التكرار غالبا ما يمتد إلى أبعد من معدات محطـــات التحكم نفسها ويشيع استخدامها في إمدادات الطاقة الكهربائية ومعدات الإرسال التي توفر الربط الهوائي على علبة وحدة الـــتحكم PCU Packet Control Unit .

قواعد البيانات لجميع المواقع ، والتي تشمل المعلومات مثل ناقل الترددات ، وتواتر التنقل بين القوائم ، وتقليل مستويات القدرة ، وتلقي المستويات لحساب حدود الخلية ، يتم تخزينها في محطة التحكم. هذه البيانات يتم الحصول عليها مباشرة من تخطيط الهندسة الإذاعية التي تنطوي على نمذجة انتشار الإشارة وكذلك توقعات المرور .

3 - وحدة الترميز (التشفير) Transcoder

وحدة الترميز تكون مسؤولة عن ترميز قناة الصوت بين الترميز المستخدمة في شبكة الهاتف النقال ، والترميز المستخدم في دوائر التحكم بالشبكات في العالم ، والتحكم في شبكة الهاتف العامة. وعلى وجه التحديد ، فان النظام العالمي للهواتف الجوالة GSM التي يستخدم نبضات منتظمة مثارة للتنبؤ على المدى الطويل . الترميز لبيانات الصوت يحصل بين الهاتف الجوال و محطات الخدمة (BSS) ، ولكن ترميز نبضات التضمين (A-law) يكون موحدا من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات لكل محطات الخدمة. ترميز النبضات المنتظمة المثارة ، يؤدي إلى إنتاج معدل لبيانات ألصوت مقدارها 13 كيلوبت / ثانية بينما معيار ترميز PCM هو 64 كيلو بايت / ثانية وبسبب هذا التغيير في معدل البيانات لنفس المكالمة الصوتية ، وظيفة وحدة الترميز هو التخزين المؤقت بحيث أن ترميز كلمات مقداره 8 بايت يمكن أن يسجل لبناء GSM بحظر حركة المرور بمقدار 20 ملي ثانية. عملية الشفرة تعرف بأنها الوظيفة ألأساسية للمحطة الارضيه ، وهناك عدد من الشركات التي وجدت حلا خارج نطاق محطة السيطرة. بعض الشركات قد نفذت ذلك في موقع قائم بذاته باستخدام الربط المناسب . قامت شركة سيمنس ونوكيا باستخدام التشفير في منظومات ثانوية منفصلة والتي عادة ما تقع في المحطة الرئيسية. في بعض منظومات إريكسون فان التشفير يدمج في المحطة الرئيسية بدلا من محطة السيطرة. السبب وراء هذه التصاميم أن ضغط القنوات

الصوتية يتم في المحطة الرئيسية ، عدد نوافل البث الثابتة بين محطة الخدمة والمحطة الرئيسية يمكن أن يتناقص ،وبذلك تقل تكاليف البنية التحتية للشبكة. المنظومات الثانوية يشار إليها بوحدات التشفير ووحدات التعديل. بعض الشبكات تستخدم 32 كيلو بيت / ثانية على الجانب الأرضي في الشبكة بدلا من 64 كيلوبت / ثانية. عندما يكون انتقال الإشارات غير صوتي ولكن جملة من البيانات مثل الفاكس أو البريد الإلكتروني ، فيمكن أن تكون وظيفة وحدة معدل التكيف لإعطاء التوافق بين معدل البيانات بين , محطة الخدمة والمحطة الرئيسية.

4 - علبة وحدة التحكمPacket control unit PCU

علبة وحدة التحكم هي إلاضافة الحديثة لمعيار نظام GSM وتؤدي بعض المهام في معالجة حزم البيانات لمحطة السيطرة. تخصيص قنوات للصوت والبيانات يتم السيطرة عليها بواسطة المحطة الارضيه ، وحال تخصيص القناة على وحدة PCU فإنها تأخذ السيطرة الكاملة على تلك القناة. وحدة يمكن أن تبنى في المحطة الارضيه ، أو محطة السيطرة ، أو حتى في بعض التصاميم المقترحة ، يمكن أن يكون في موقع SGSN.

4 – 4 محطات استقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية للهواتف الحرارية

تقوم فكرة الهاتف الجوال على أساس عمل الراديو ،حيث يمكن تطوير تكنولوجيا جديدة لاستقبال وإرسال البيانات ،عبر مجموعة من الترددات التي يمكن استخدامها عدة مرات و ضغط البيانات ، وإرسالها ،عبر وحدات زمنية قصيرة جدا ،لإجراء مجموعة من المكالمات الهاتفية في نفس الوقت . تعتمد هذه التكنولوجيا علي وحدة أساسية تسمي الخلية وهذه الخلايا الوهمية تكون في العادة مركزا لنطاق جغرافي محدد و يشبه إلى حد بعيد الشكل السداسي لخلايا النحل وتعتبر جزءا من النظام الجوال للشبكة . وهذه الخلايا تعمل على الترددات التي يتم إجراء المكالمات عليها .او يمكن أن تضم كل خلية مجموعة من الترددات ويمكن لكل تردد أن يعالج

ثماني مكالمات في نفس الوقت , فإذا كان لدينا ٤ ترددات في خلية واحدة مثلا ،فإن هذه الخلية يمكن أن تعالج 32 مكالمة في نفس الوقت . وتشكل مجموعة الخلايا ما يسمى بالمحطة الارضيه (BTS) (Base Transceiver Station ، وهي تشمل المحطات الموجودة فوق أسطح المباني . ويوجد نوعان من الشبكات المستخدمة :

1- الشبكة الشخصية اللاسلكية (WPAN) Wireless Personal Area) Network)

تكنولوجيا البلوتوث تعمل في مجال ضيق لا يتعدى أمتارا ،لذا فإن استعمالاتها تنحصر في **الأماكن** الضيقة عبر الشبكة اللاسلكية الشخصية كالمنازل والمكاتب الصغيرة . البلوتوث هو نظام تم تطويره من قبل مجموعة من شركات الالكترونيات العملاقة المساهمة في هذا المشروع من أمثال سيمينز وإنتل وتشيبا وموتورولا وايريكسون والتي قامت بصنع جهاز دائري صغير يُوضع في أجهزة الكمبيوتر والتلفون للسماح لأي جهازين الكترونيين – حواسيب وتلفونات خلوية ولوحات المفاتيح – بالقيام بعملية اتصال لوحدهما بدون أسلاك أو كابلات أو أي تدخل من قبل المستخدم.لبلوتوث ثلاثة فوائد:

- البلوتوث هو لاسلكي، فلا تحتاج إلى حمل الكثير من الأسلاك عند الانتقال من مكان إلى آخر! وأيضا تستطيع أن تصمم غرفة الكمبيوتر من دون القلق بشأن الأسلاك
- رخيص الكلفة
- لا يتطلب جهدا كبيرا في تنصيب المنظومة .

نظام البلوتوث يرسل إشاراته بتردد يبلغ 2.45 GHz وقيمة هذا التردد قد تم الاتفاق عليه من قبل الاتفاقية العالمية لاستعمال الأجهزة الصناعية والعلمية والطبية ISMيستثمر هذا التردد في أجهزة التحكم عن بعد كفتح الأبواب. من مشاكل استخدام النظام هو التداخل مع بقية الأنظمة مثل الكمبيوتر الشخصي ،أجهزة

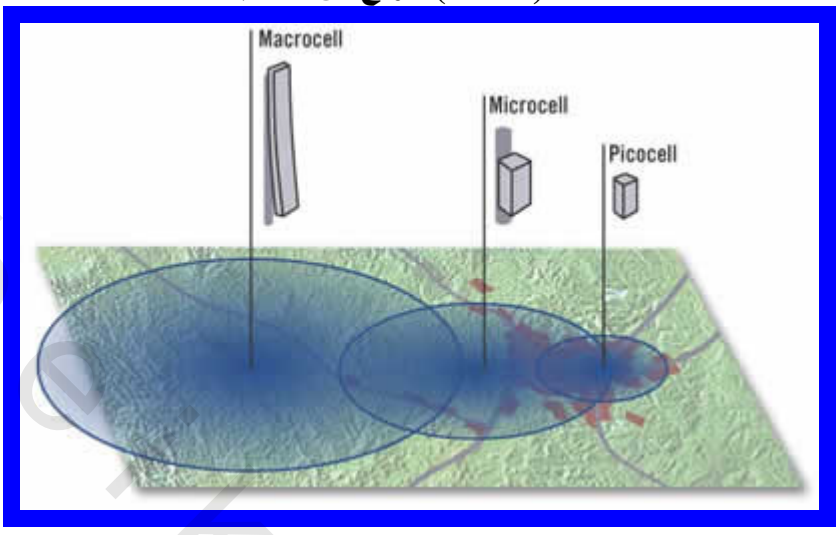
التلفون أو التلفزيون . لأن هذه الأجهزة ستعمل على ترددات مختلفة وفي أوقات مختلفة مستخدمة تقنية معينة "تسمى وثبة تردد الطيف المنتشر -spread spectrum frequency hopping." باستخدام هذه التقنية فإن الجهاز المرسل سيغير قيمة التردد 1600 مرة في كل ثانية، . وعلى ذلك، فإن هناك احتمال بعيد جدا أن يقوم جهاز البلوتوث باستعمال نفس التردد في نفس الوقت بالإضافة إلى ذلك يتم إرسال إشارات ضعيفة جدا تبلغ قدرتها 1 ملي واط. وعلى الرغم من ضعف هذه الإشارات، فإنها تنفذ خلال الجدار ، مما يسمح لهذه التكنولوجيا الجديدة بالتحكم في الأجهزة الموجودة في غرف مختلفة .مما يعني أن أجهزة أكثر تستطيع الاستفادة من طيف الراديو المحدد. وعلى ذلك، فإن هناك احتمال بعيد جدا أن يقوم جهازا بلوتوث باستعمال نفس التردد في نفس الوقت .

2- ألشبكات المحلية اللاسلكية WLAN -Wireless Local Area Network

وهي خاصة بالشبكات المحلية في الشركات والمنازل والأماكن العامة . فكل الأجهزة الموجودة في نطاق مغطي بالشبكات المحلية اللاسلكية WLAN يمكنها التوصل بينها وبين بعضها . وهنا توجد ملاحظة على صعوبة التغيير من نوعية الشبكة المحلية للشبكة الشخصية مثلما نفعل مع الهاتف الجوال عند تغير الشريحة ولكن من الممكن الدخول علي الشبكات اللاسلكية المحلية المختلفة بشرط أن تكون في نفس إطار محيط البث، وتتيح الشبكات اللاسلكية المحلية الاتصال في محيط يصل إلى 100 متر .

تتكون شبكات الاتصالات المتنقلة للهاتف الجوال تنقسم إلى مناطق جغرافية تسمى الخلايا (cells) والتي أدت إلى تسمية الهاتف بالهاتف الجوال ،تحتوي الخلية على الهوائي و المحطة الارضيه التي تخدمه ومجموعة الخلايا تكون الشبكة . توجد ثلاثة أنواع من الخلايا والتي تعتمد على ألحجم والطاقة المرسلة من الهوائي وهي:

شكل (4 - 4) أنواع من الخلايا



الخلايا الكبيرة macrocells:

الخلايا الكبيرة توفر الهيكل الرئيسي لمحطة شبكة القاعدة وتوفر كذلك التغطية الرئيسية في شبكة الهاتف النقال وتوضع هوائياتها على الأرض أو على أسطح المنازل وغيرها من الهياكل القائمة. ولا بد من وضعها على ارتفاع بحيث لا يعوق انبعاثها من المباني المحيطة والتضاريس. المحطات القاعديه للخلايا الكبيرة تكون فيها الطاقة المرسلة من الهوائي عشرات من الواط وتستطيع الاتصال مع الهواتف إلى بعد 35 كيلومتر. القياسات تشير إلى أن التعرض لعامة السكان من هذه المواقع هي عادة اقل بمقدار عدة مئات أو آلاف المرات من حدود المبادئ التوجيهية للتعرض. لكن هناك مخاوف حول ما إذا كان الانبعاث من جميع المحطات القاعديه منخفضا ، أو حول ما إذا كان أن هذا الانبعاث له أثار صحية غير معروفة ، أو زيادة استخدام الاتصالات بالهواتف المتنقلة ، سوف يزداد.

الخلايا الصغيرة microcells :

تستخدم الخلايا الصغيرة لتحسين الشبكة الرئيسية وخصوصا عندما توجد فيها أعداد كبيرة من المستخدمين للهاتف.توضع الهوائيات على مستوى الشارع أي

على الجدار الخارجي للبنايات أو الهياكل الموجودة أو أعمدة الإنارة في الشوارع فهي توضع في أماكن مزدحمة مثل المطارات ومحطات القطارات ومراكز التسوق. هي أصغر من الخلايا الكبيرة ، وغالبا ما تثبت الهوائيات بحيث لا تؤثر على الناحية الجمالية للبنايات . هذه الخلايا توفير التغطية عبر مسافات صغيرة تتراوح بين ٣٠٠ – ١٠٠٠متر . هذه الخلايا أخذت بالازدياد بسرعة تماشيا مع النمو في الطلب على الهواتف الجوالة. وهذه المحطات تبعث كميات أقل من الطاقة عادة ما يكون عدد قليل من واطات مقارنة مع الخلايا الكبيرة.وكذلك فأن التعرض لعامة السكان من هذه المواقع عادة اقل من حدود المبادئ التوجيهية للتعرض ، شريطة وجود الصندوق المحيط بالهوائي.

الخلايا الصغيرة جدا picocells

الخلايا الصغيرة جدا تبعث كميات أقل من الطاقة مقارنة مع الخلايا الصغيرة (واطات قليلة) ، توضع داخل المباني حيث التغطية قليلة أو التي يوجد فيها عدد كبير من المستخدمين. من المرجح أن عدد هذه الخلايا داخل المباني وسوف يزداد كثيرا. وعلى الرغم من أن انبعاثها لا يتجاوز قيم المبادئ التوجيهية ، ولكن تتطلب قياسات عملية مستمرة ليس فقط من هوائيات الخلايا الصغيرة جدا ولكن من جميع أنواع الخلايا شكل (4 - 4) .

تبعد المحطات الارضيه ألأساسية الكبيرة (Macrocells) بعضها عن العض الأخر 200 - 500 متر في المدن 2 - 5 كم في المناطق الريفية. يتم وضع هوائيات المحطة الأساسية بمكان عال على السطح، على سارية أو برج لتكون قادرة على تغطية منطقة كبيرة. يمكن وضع أكثر من هوائي واحد على السارية. ولكن في بعض الحالات فان المجتمع المحلي والمخططين قد تفضل عدة هوائيات صغيرة بدلا من واحدة كبيرة.

تقدم كل محطة أساسية الخدمة فقط لعدد محدود من المستخدمين في نفس الوقت . وكلما زاد عدد مستخدمي الهواتف الجوالة، تطلب ذلك المزيد من المحطات

الأساسية .وعندما تكون المسافات بين المحطة الأساسية ومستخدمي الهواتف الجوالة أقصر، تكون الطاقة الصادرة المطلوبة للاتصال أقل.

توجه هوائيات المحطة الأساسية الإشارات اللاسلكية بعيداً عن المبنى أو السارية للحصول على تغطية في منطقة معينة .وتقل كثافة الموجات اللاسلكية بشكل هائل مع زيادة المسافة من هوائي المحطة الأساسية .وتكون مستويات التعرض للموجات اللاسلكية الصادرة من المحطات الأساسية أقل من 1 % من حدود السلامة في الأرض والمنازل وفي الأماكن الأخرى التي يقطنها الأفراد. ولكن قد يحدث تجاوز في بعض الأحيان لحدود التعرض فقط في الأماكن المجاورة بشدة للهوائيات . وتختلف مساحة هذه المنطقة من سنتيمترات قليلة للهوائيات الموجودة بالمباني الصغيرة إلى بعض الأمتار للهوائيات المثبتة في السواري وبالأسطح .ويتم تركيب الهوائيات بهذا الشكل حتى لا يستطيع الأفراد غير المصرح لهم الوصول للمنطقة التي قد تتجاوز فيها حدود التعرض للموجات اللاسلكية. وكلما زاد عدد مستخدمي الهواتف الجوالة، تطلب ذلك المزيد من المحطات الارضيه والتي تكون اصغر ومتقاربة من بعضها . كل محطة أرضية تستطيع أن تتعامل مع 100 مكالمة في نفس الوقت ولخلية واحدة .وعندما تكون المسافات بين المحطة الأساسية ومستخدمي الهواتف الجوالة أقصر، تكون الطاقة الصادرة المطلوبة اقل وتوجه هوائيات المحطة الأساسية الإشارات اللاسلكية بعيدا عن المبنى أو السارية للحصول على تغطية في منطقة معينة .وتقل كثافة الموجات اللاسلكية بشكل هائل مع زيادة معينة وتكون مستويات التعرض للموجات اللاسلكية الصادرة من المحطات الأساسية أقل من 1 % من حدود السلامة في الأرض والمنازل وفي الأماكن الأخرى التي يقطنها الأفراد. ولكن قد يحدث تجاوز لحدود التعرض في بعض الأحيان في الأماكن المجاورة بشدة للهوائيات.

تقوم الهواتف الجوالة باستقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية من وإلى الهواتف الجوالة القريبة من المحطة الأساسية . هذه الموجات اللاسلكية من نفس النوع

المستخدم في بث التلفاز والراديو والاتصالات اللاسلكية منذ سنوات عديدة من قبل الشرطة والنقل الجوي والملاحة وشركات النقل والموصلات.

هوائي المحطات الصغيرة يرتفع عادة بين 10 و 15 مترا فوق سطح الأرض ويصل إلى 50 مترا لهوائي المحطات الكبيرة. الإشارة الرئيسية تتجه نحو الأرض بزاوية ما يقرب من 6 درجات. الشكل (4 – 5) يبين أن المنطقة التي تقع مباشرة تحت ألهوائي تكون أكثر آمنا لأن الإشارة عندها ضعيفة. وبعد فترة فان الحزمة الرئيسية تصل مستوى الأرض وتكون شدتها اكبر.

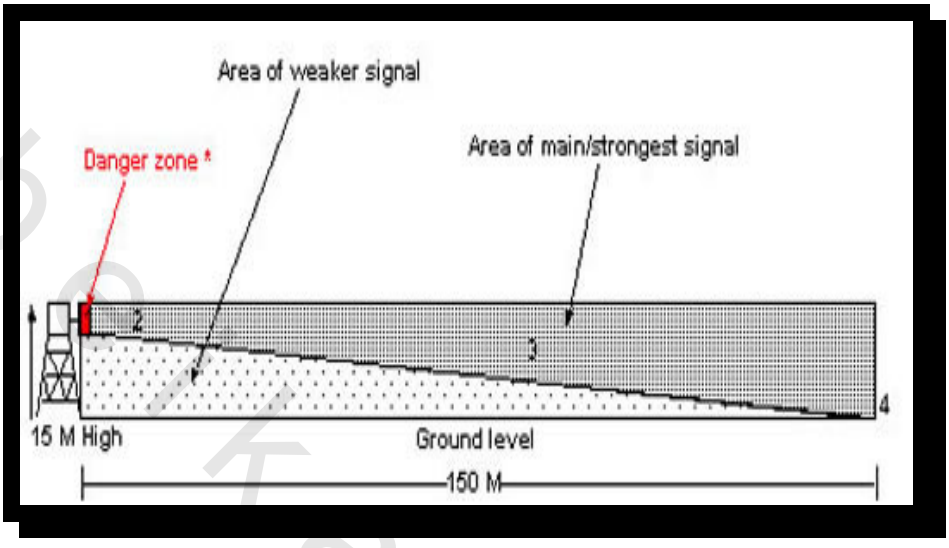
الهواتف الجوالة عبارة عن راديو متطور يقوم بالاستقبال والإرسال للصوت والمعلومات وهو الوسيلة المستخدمة لربط المستخدم مع الشبكة. المنظومة تضمن للهواتف الحرارية الحفاظ على الاتصال مع الشبكة حتى في حالة التنقل من خلية إلى أخرى. الاتصال بين الهواتف الجوالة والمحطات الارضيه تتم عن طريق تبادل إلا شارات الراديوية . مستوى هذه الإشارات يختار بعناية لتقوم الشبكة بأداء مرض.

القوانين الوطنية والدولية تمنع أي تدخل مع الإشارات الراديوية الأخرى مثل ، خدمات الطوارئ ، وسيارات الأجرة وكذلك الإذاعة والتلفاز.

عند تشغيل الهاتف الجوال ، فإنه يستجيب لإشارات المحطة الارضيه القريبة. عندما يجد أقرب محطة في الشبكة ، يبدأ الاتصال. ثم يبقى الهاتف خامدا لفترة ، حتى يرغب المستخدم في إجراء مكالمة أو الجواب على مكالمة.

الهواتف الجوالة تستخدم السيطرة التلقائية على الطاقة كوسيلة للتقليل من الطاقة المرسلة إلى أدنى حد ممكن مع الحفاظ على النوعية الجيدة للاتصال. فمثلا عند استخدام الهاتف فان متوسط القدرة الخارجة يمكن أن تتفاوت بين الحد الأدنى 0.001 واط حتى الحد الأقصى والذي يقل عن 1 واط. هذه الميزة تم تصميمها لإطالة عمر البطارية.

الشكل (4 – 5) توزيع الإشارة من الهوائي



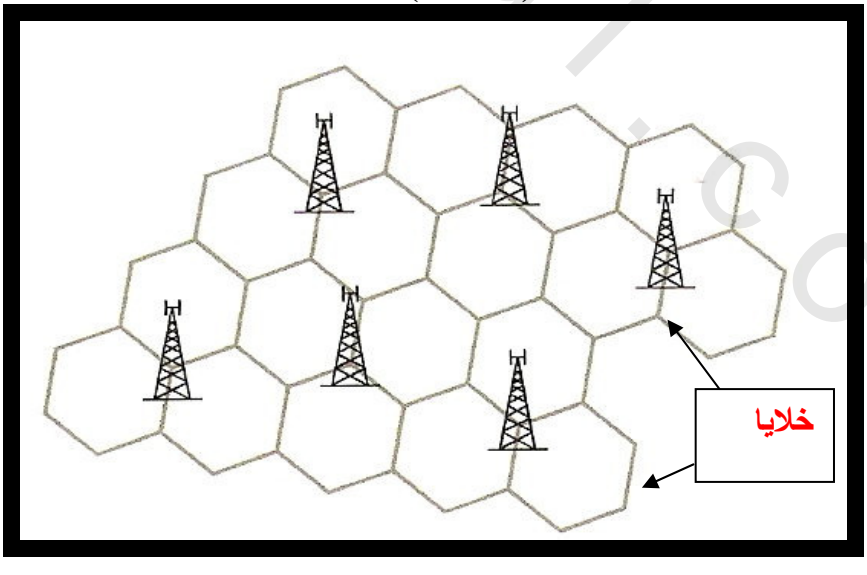
عند استخدام الهاتف الجوال ، يتم تحويل الموجات الصوتية إلى إشارة إلكترونية يتم إرسالها كموجات راديوية عبر مواقع المرسلات. وهذا مماثل لتكنولوجيا بث الإشارات التلفازية.

والفارق الهام هو أن شركات الهاتف الجوال ، تستخدم شبكة من المواقع لغرض إرسال واستقبال الإشارات ، مما يسمح لحاملي الهواتف الجوالة للتحدث مع بعضهم البعض ،أو مع الشبكات الأخرى. فان كل موقع من مواقع الإرسال يعمل لإرسال إلا شارة اللاسلكية من مكان مرتفع لتغطية منطقة معينة. و كل موقع يرتبط إلى آلاخر ، وتنتقل إلا شارة الاسلكية عبر البلد من خلال الخلايا المتداخلة للشبكة تلقائيا و بحرية .

في نظام الهاتف الجوال فإن البلد يقسم إلى مناطق جغرافية تسمى الخلايا وفي كل خلية توجد محطة أرضية (base station) الشكل (4 – 6) ويكون الهاتف الجوال وسيلة الاتصال مع الشبكة وبهذه الطريقة يمكن إعادة استخدام نفس التردد في البلد وبالتالي فأنة يمكن استخدام الملايين من الهاتف الجوال في نفس الوقت.

وتأخذ الخلايا شكل سداسي الأضلاع. ولان الهاتف الجوال له مدى محدود فأنة لا يمكن إجراء مكالمة إلا إذا كانت هناك محطة أرضية ضمن مداه. وهذا هو السبب الذي يدعو إلى وجود عدد من الخلايا المثبتة على مسافات منتظمة كما في مصابيح الشوارع. القدرة الخارجة العظمى للمحطات الارضيه تعتمد على المساحة الجغرافية التي تخدمها ، وعدد المستخدمين الذي تكون قادرة على التعامل معهم. المحطات الارضيه خارج المباني (في الهواء الطلق) ذات الهوائيات التي توضع على أسطح المباني والتي يكون الحد الأقصى للقدرة الخارجة منها يتراوح بين 5 و 40 واط.إما الحد الأقصى للقدرة الخارجة للهوائيات الصغيرة المثبتة في الأماكن المغلقة مثل مراكز التسوق والمكاتب ، ففي كثير من الأحيان أقل من واحد واط ، أي مقاربة للقدرة الخارجة من الهاتف الجوال. بعض الهوائيات تركب على أبراج مرتفعة فقد تصل مستويات القدرة الخارجة منها 100 واط. وخلال عملية الاتصالات الفعلية فان القدرة الخارجة تختلف مع عدد المكالمات الهاتفية. هوائيات المحطة الارضيه تبث باستمرار إشارات راديوية تساعد الهواتف الجوالة للتعرف على ولوصول للشبكة.

الشكل (4 – 6) الخلايا



obeikandl.com

القدرة الخارجة من المحطات الارضيه للهاتف الجوال تكون قليلة جدا بالمقارنة مع غيرها من أجهزة البث الإذاعي والتلفازي جدول (4 – 1) .

جدول (4 – 1) قدرة البث للمحطات الارضيه

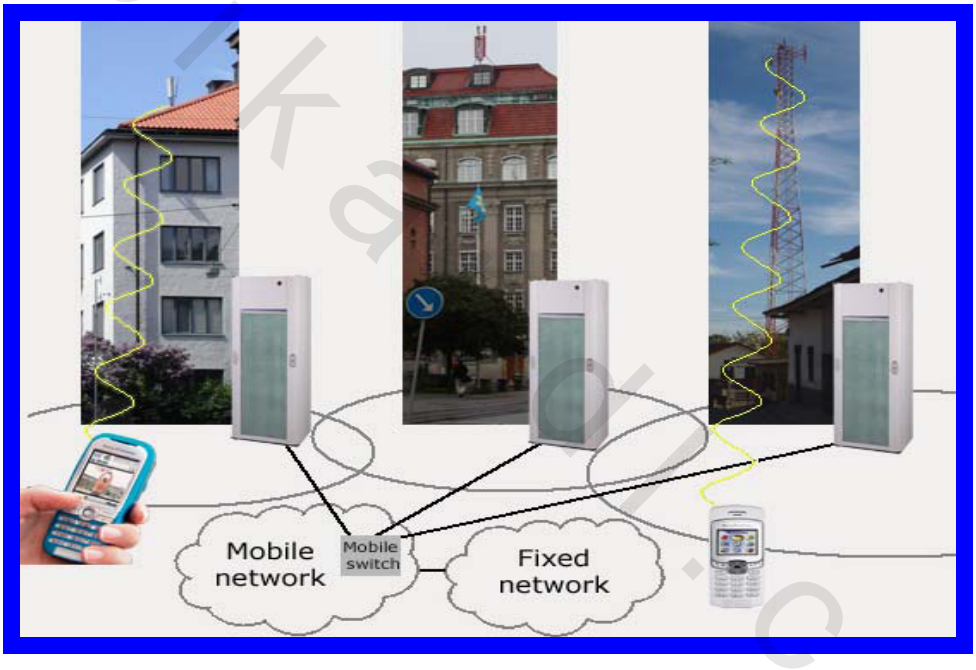
محطات البث الارضيه	القدرة الخارجة بالواط
البث ألتلفازي (UHF)	40000 W
البث الإذاعي والتلفاز (VHF)	2000 W
المحطات الارضيه خارج المدن	40 W
المحطات الارضيه داخل المدن	10 W
المحطات الارضيه داخل المباني (الأماكن المغلقة)	0.5 W

تحتوي كل محطة أرضية على هوائي يرسل ويستقبل إشارات راديوية . عندما يتم الاتصال فان الهاتف الجوال يرسل إشارات راديوية إلى اقرب هوائي محطة أرضية، الذي بدوره ، يرتبط بالتحويل للجوال بواسطة مفتاح الهاتف mobile switch . الذي يصل المكالمة لشبكة الهاتف الثابت fixed network إذا كانت المكالمة لشخص يستخدم الهاتف السلكي العادي الثابت الشكل (4 – 7 أ و ب) . وإذا كانت المكالمة لشخص آخر مستخدم للهاتف الجوال فأنة يتصل بمحطة أرضية قريبة حيث يقوم هوائي المحطة بإرسال إشارات راديوية إلى مستخدم آخر للهاتف الجوال أي أن المحطة الارضيه ترسل وتستقبل الإشارات راديوية. عندما تنتقل من خلية إلى أخرى كما في حالة المكالمة من سيارة تسير على طول الطريق السريع ،حيث أن الاتصال بمحطة أرضية جديدة يتم تلقائيا . لا يمكن إجراء المكالمات عبر الهاتف الجوال إلا إذا توفرت محطات تقوية في نطاق المنطقة التي يتم استخدام الهاتف الجوال فيها وذلك هو سبب وجود محطات تقوية في بعض

المناطق السكنية طبقاً المخطط محدد يرسمه مهندسو شبكة الاتصالات الجوالة. كل محطة تقوية من هذه المحطات تقوم بخدمة منطقة جغرافية محددة تسمى بالخلية ، وعندما التحرك من خلية إلى أخرى خلال السفر عبر الطريق السريع مثلا ، فـــإن محطة التقوية التي تقوم بتغطية الخلية الجديدة تعمـــل علـــى التقـــاط الإشـــارات اللاسلكية الصادرة من المكالمة أوتوماتيكيا .

الشكل (4 – 7) الاتصال عبر شبكة الهاتف الجوال

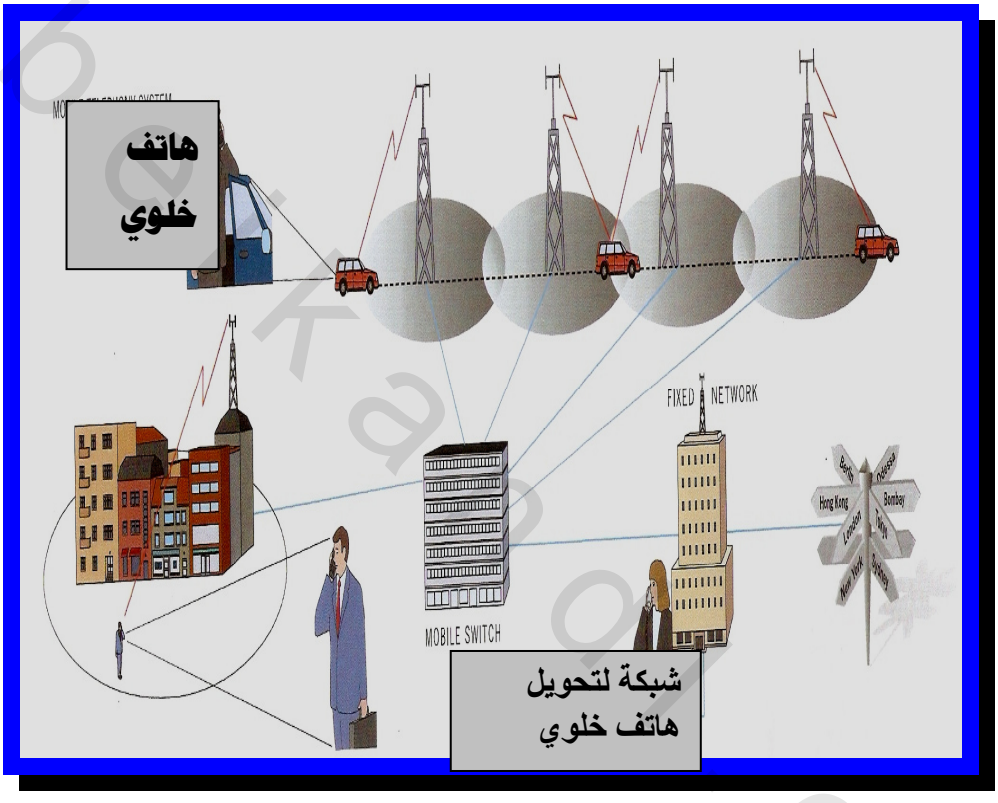
أ



كلما ازداد عدد المستخدمين للهواتف الجوالة ، تزداد الحاجة لمحطات تقوية أكثـــر من أجل إجراء مكالمات هاتفية بطريقة أفضل ، وخاصة أن كل محطة تقويـــة لا تستطيع إرسال واستقبال أكثر من مائة مكالمة في ذات الوقت . ومن أجل السيطرة على الضغط المتزايد على الشبكة ،فقد تم وضع محطات التقوية في أماكن قريبـــة من مستخدمي الهاتف الجوال ، مثل واجهـــات البنايـــات ، ومراكـــز التســـويق ،

ومجمعات المكاتب ، وكلما كانت محطات التقوية أقرب من مستخدمي الهاتف الجوال كلما قلت الطاقة اللازمة للهاتف الجوال ومحطة التقوية من أجل توفير الاتصال .

ب



هناك فكرة خاطئة مفادها أن التعرض للموجات الكهرومغناطيسية تحت الهوائيات مباشرة كبيرا وهذا يفسر بعض القلق بشأن تأثير محطة إلارسال والهوائيات القريبة من المدارس أو المباني السكنية. تنخفض شدة الموجات الراديوية لهذه المعدات بسرعة عند التحرك بعيدا عن الهوائي. في الفضاء الحر ،عندما تنخفض الشدة إلى الربع عندما تتضاعف المسافة. في الواقع ، تقل الشدة بسرعة أكبر بكثير من ذلك

بسبب فقدان شدة الإشارة نتيجة للتوهين الذي يحصل نتيجة لمرورها عبر العوائق مثل الأشجار والمباني.

بعض الناس يطالبون بوضع المحطات الارضيه والهوائي في المناطق الصناعية أو المناطق البعيدة عن السكن ولكن ذلك غير عملي للأسباب التالية :

أولا: إذا وضعت هذه المعدات في أماكن بعيدة كثيرا من المستخدمين فان ذلك لا يعطي نوعية سيئة للاتصال حسب وإنما يزيد من القدرة المستهلكة للهاتف ، مما يقلل من عمر البطارية وزمن الحديث.

ثانيا : هناك محددات عملية على المنطقة الجغرافية للمحطة بحيث إنها تعمل بفعالية ، وخاصة إذا تواجد فيها أعداد كبيرة من المستخدمين. في هذه الحالة ، فإن المحطات الارضيه لا بد أن تكون قريبة من بعضها لتوفير المزيد من القدرات وليس للتغطية ، ونتيجة لقربها من بعضها البعض ، فان كل محطة سوف تعمل على مستويات منخفضه للغاية من القدرة لتجنب التدخل مع المحطات ألقريبة. لذلك تصميم الشبكة على نحو مناسب يؤدي للتغطية المثلى وبأقل قدرة مستهلكة ، لتوفير اتصالات جيدة.

المحطات الارضيه ترسل أو تبث الطاقة بقدرة تتراوح بين بضع واطات إلى 100واط أو أكثر ، تبعا لحجم المنطقة أو "الخلية" التي صممت لهذه الخدمة.هوائي المحطة الارضيه عادة ما يتراوح عرضه بين 20 – 30 سم وطولها متر واحد ، وتركب على المباني أو الأبراج على ارتفاع من 15 إلى 50 مترا فوق سطح الأرض. هذه الهوائيات تنبعث منها الترددات الراديوية التي عادة ما تكون ضيقة جدا في الاتجاه الرأسي ولكنها عريضة جدا في الاتجاه الأفقي. بسبب ضيق انتشارها الرأسي ، فان شدة الترددات الراديوية على سطح الأرض أسفل الهوائي مباشرة يكون قليل. شدة مجال الترددات اللاسلكية تزداد زيادة قليلة عند التحرك بعيدا عن المحطة ثم تنخفض كلما ابتعدنا عن الهوائي.

بصورة عامة عندما يكون الناس على بعد 2- 5 متر من الهوائي المثبت على سطح المنازل أو عند السياج الذي يحيط بالهوائي فان مجال الترددات الراديوية لا تتجاوز حدود التعرض الموضوعة . ولان الهوائي يبعث طاقته نحو الإمام مباشرة لذلك تكون الطاقة الصادرة من الخلف أو أعلى أو أسفل الهوائي قليلة ، ومستويات الطاقة اللاسلكية في داخل أو على جانبي المبنى منخفضه جدا.

قاعدة محطة الإرسال والاستقبال(BTS) لمحطة الإرسال الارضيه أو الهوائيات تحتوي على معدات للإرسال واستقبال الإشارات الراديوية ، الهوائيات ، والمعدات لتشفير و فك شفرة الاتصالات مع منظومة تحكم المحطة الارضيه (BSC) . كذلك يمتلك الهاتف الجوال شفرات تستخدم لتعريف جهاز الهاتف ، وحاملة بالشركة التابع لها .عند فتح الهاتف و تشغيله يكون جاهزاً للاستخدام فيستقبل إشارات تسمى بشفرة نظام التعريف SID (System Identification Code) وهو عبارة عن رقم من 5 أجزاء (بايت)مخصص لكل محطة إرسال من قبل مؤسسة الاتصالات الدولية FCC . كذلك توجد أرقام تعريفية مثل رقم تعريف الجوال (MIN) وهو عبارة عن رقم من 10 أجزاء (بايت) يشتق من رقم الجوال، والرقم التسلسلي الالكتروني (ESN) وهو عبارة عن رقم من 32 جزء (بايت) مبرمج عند تصنيع الجوال. عندما يقوم الهاتف بإجراء مكالمة فأنة يبث الرقمين التعريفيين ESN وMIN إلى الشبكة في بداية المكالمة. هذه الأرقام التعريفية علامة فريدة من نوعها للهاتف و هي الطريقة التي تعرف بها شركة الهاتف من يدفع أجرة المكالمة. يمكن باستخدام ماسح خاص سرقة هذه الأرقام والاستماع للمكالمة وكذلك يكون من السهل تعديل هاتف آخر بحيث يتضمن زوج الأرقام الخاصة بالهاتف والتي تسمح لبعض ما يسمى سارقي المكالمات الهاتفية لإجراء مكالمات على حسابك.

يتم التعرف بين جهاز الهاتف و محطة الإرسال باستخدام قناة تحكم ذات تردد محدد ليتمكن الهاتف من التقاط إشارة الخدمة من محطة الإرسال في الخلية القريبة

منه و تحديد محطة الإرسال التي في منطقة تواجده. و إذا لم يجد الجـــوال قنـــاة التحكم فأنة يكون إشارة خارج منطقة التغطية. بعد استقبال نظام التعريـــف يقـــوم الهاتف بمقارنة شفرة نظام التعريف الخاصة التي استقبلها و مقارنتها بتلك المخزنة بالجهاز. فإذا ما تمت المقارنة و تبين أنها نفس الشفرة المتعارف عليها بين الهاتف و المحطة فإن يتعرف على الخلية التي سيتعامل معها.

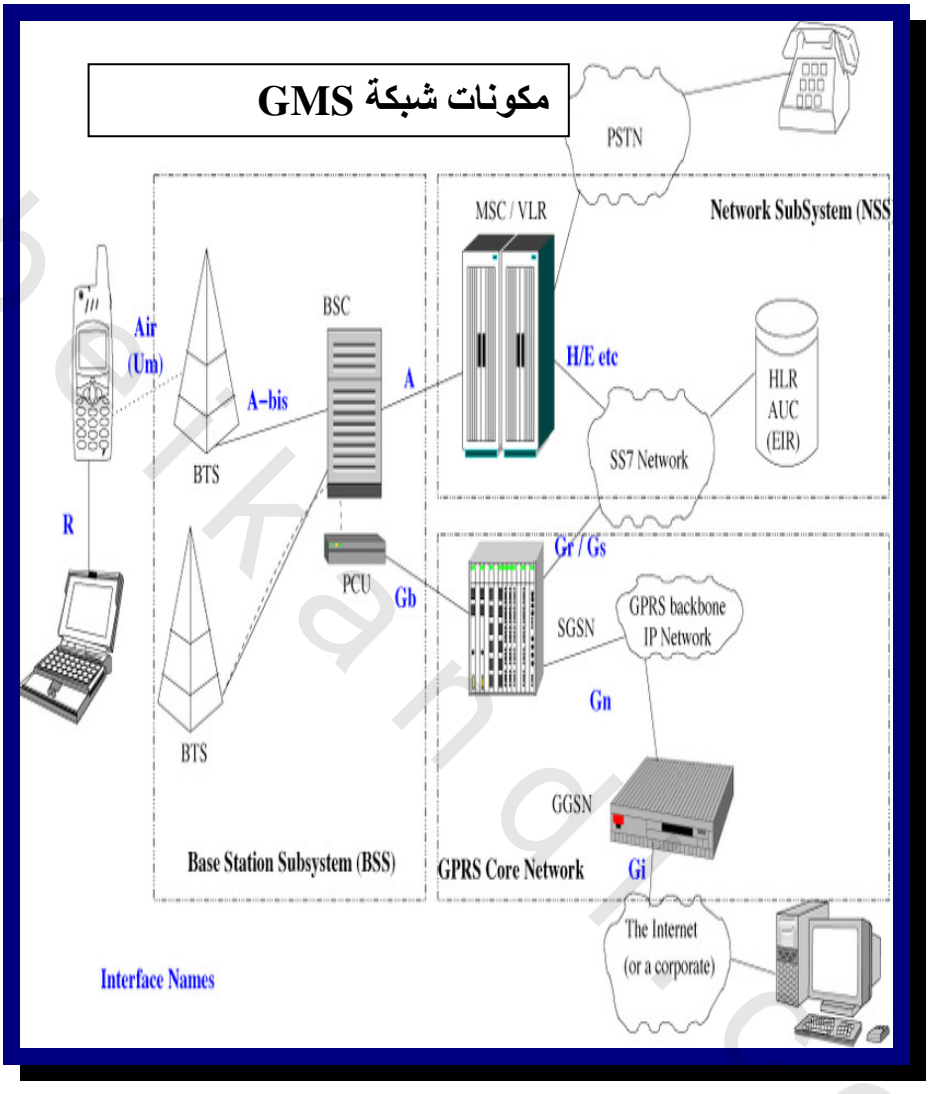
منظومة تحكم المحطة الارضيه (BSC) لها العديد من معدات الإرسال (TRXs) التي تتيح لها أن تخدم عدة قطاعات من الخلايا بترددات مختلفة. الهوائيات في قاعدة محطة الإرسال والاستقبال (BTS) يتم السيطرة على إرسالها عن طريق منظومة تحكم المحطة (BSC).هذه المنظومة توفر الربط إلى شبكة منظومة إدارة عمليات التشغيل والصيانة . عمل الهوائي يعتمد على التكنولوجيا الجوالة المستخدمة ، والهاتف الجوال المستخدم، تسهيل الإرسال و تلقى المعلومات من محطة الجوال (MS) من خلال الاتصال الهوائي(Um) . تقوم موائمات (A-bis interface) خاصة بإرسال المكالمات نحو منظومة تحكم المحطة الارضيه (BSC) بعدها يقوم ألهاتف بالاتصال بمحطة مركزية لتحويلات ألهاتف الجوال (Mobile Telephone Switching Office–MTSO) تعمل هذه المحطة على تعقب مكان تواجد الجوال وتخزن بيانات الموقع في قاعدة بيانات لاستخدامها في لحظة الاتصال وذلك لأنها تراقب دوما مكان الجوال والخلية التي تغطي الخدمة لتلك المنطقة المتواجد فيها الجوال الشكل (4 – 8).

كذلك تعمل هذه المحطة على التحكم في المحطات المنتشرة في المدينة (الخلايـــا) وتعمل أيضا على ربط كل الاتصالات من الهواتف الجوالة مع الهواتف الارضيه التي تعمل بنظام الاتصال التقليدي. وتحتوي هذه المحطة كذلك على حاسب يتحكم في نظام الاتصال و يعطي الأمر للانتقال إلى خلية أخرى عندما تضعف الإشارة ,كما ويربط كل محطات التقوية الموجودة في كل الخلايا التابعة للمحطة المركزية و من مهامه أيضاً قياس قوة الإشارة التي تصل للهاتف وتعقب مكان تواجد الهاتف

و تخزن بيانات الموقع في قاعدة بيانات وكذلك حساب مبلغ المكالمة. قدرة مرسلات المحطات الارضيه تتراوح بين عدة واطات إلى 100 واط أو أكثر ويعتمد ذلك على حجم المنطقة أو الخلية التي صممت لهذه الخدمة. هوائيات المحطات الارضيه عرضها حوالي 20- 30 سم ، وطولها متر واحد ، وتركب على المباني أو الأبراج على ارتفاع من 15- 50 مترا فوق سطح الأرض. هذه الهوائيات تنبعث منها الترددات الراديوية التي عادة ما تكون ضيقة جدا في الاتجاه الرأسي وواسعة جدا في الاتجاه الأفقي. بسبب ضيق الانتشار الرأسي للحزم فان شدة المجال لترددات على الأرض تحت الهوائي مباشرة تكون منخفضه . ولكن شدة مجال الترددات اللاسلكية تزداد زيادة طفيفة كلما ابتعدنا عن المحطة ثم تنخفض أكثر في المسافات البعيدة عن الهوائي. بعض الهوائيات المثبتة على أسطح المنازل يجب إحاطتها بسور عرضة 2 -5 متر لكي يبقى الناس بعيدا عن مجالات التردد الراديوية التي تتجاوز حدود التعرض. ولان الهوائيات توجه قدرتها نحو الإمام (الخارج) فإنها لا تشع من الخلف أو أعلى أو أسفل الهوائي ، ومستويات الطاقة اللاسلكية في الداخل أو على جانبي المبنى عادة ما تكون منخفضه جدا.

openkanal.com

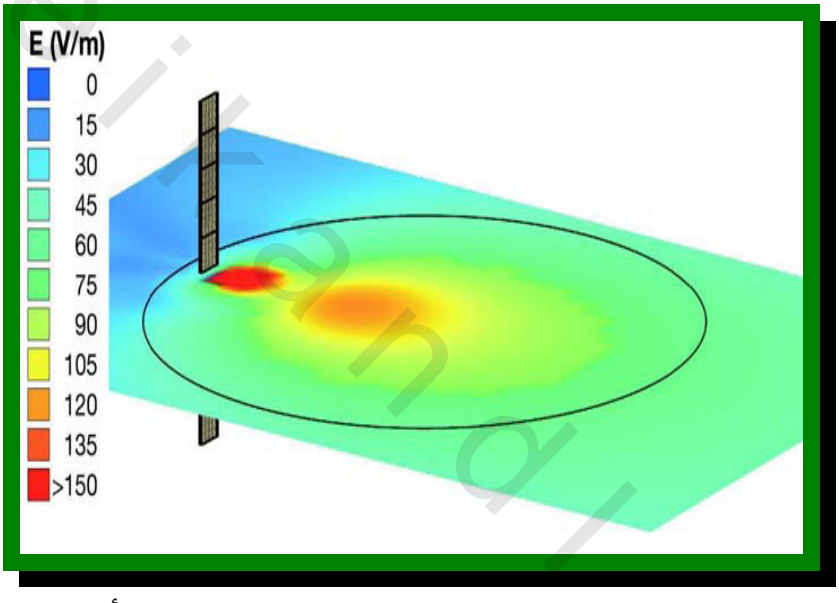
الشكل (4 – 8) محطة الإرسال الارضيه



المستويات المرجعية لعامة الناس لمحطة هوائي نـــوع 3G/WCDMA ربـــح الهوائي له يتراوح بين (14.5 - 18 ديسي بيل) (ربح الهـــوائيantenna gain هو النسبة بين القدرة المطلوبة لهوائي مرجعي إلى القدرة الداخلة إلـــى الهـــوائي الفعلي في اتجاه معين حتى يعطي الهوائيان نفس كثافة القدرة عند نفـــس المســـافة

ويقاس بالديسي ببل dBi لهوائي نصف موجي و ثنائي القطب) وارتفاع الهوائي (60 - 130 سم) مستويات القدرة الخارجة المنبعثة تصل إلى 25 واط . تتكـــون حول كل هوائي منطقة لتوزيع شدة المجال تسمى حدود الامتثال وتكون على شكل اسطوانة قطرها 3 أمتار ويقابل ارتفاع الهوائي مضافا له 20 سم (10 سم اعلـــي الهوائي و 10 سم أسفلة). الشكل (4 – 9)

الشكل (4 – 9) حساب توزيع شدة المجال الكهربائي قرب المحطة الارضيه للهوائي (قدرتها الخارجة 20 watt . الدائرة قطرها 3 متر)

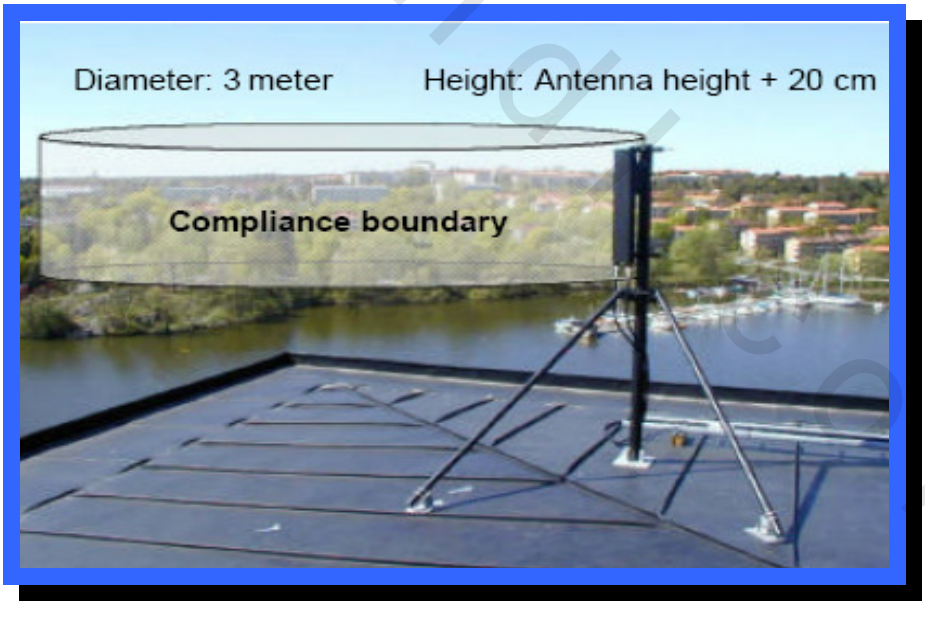


تبدأ الاسطوانة 10 سم وراء ظهر الهوائي. باستخدام المحددات الأساسية للمقـــدار SAR لعموم الجسم والتعرض المحلي ، فقد تبين من خلال الحســـابات العدديـــة باستخدام موديل عموم الجسم البشري بان قطر حدود الامتثال أقل من 1 م لـــنفس النوع من المحطة الارضيه وعند تطبيق حدود التعرض المهني حسب توصـــيات ICNIRP فان حدود الامتثال ينخفض إلى نحو عشر المتر الشكل(4 – 10)

الادلة الارشادية للتعرض حسب توصيات ICNIRP تتحدد بمعدل زمـــن ســـت دقائق بسبب الاتجاهيه العالية لبث هوائيات المحطة ، مما يعني أن طاقة الحزمة الرئيسية المرسلة تتركز أمام الهوائي ، وفي احـــد التجـــارب لشـــخص يمشـــي

قرب المحطة بسرعة طبيعية إمام الهوائي بلغ معدل زمن التعرض أقل بكثير من حدود التعرض. وينبغي أن تتاح للعاملين الذين يرومون أصلاح المباني التي على سطحها المحطة والهوائيات معلومات ذات صلة عن التعرض لمجال الموجات االكهرومغناطيسية EMF من المحطة والهوائيات ، والاحتياطات التي يتعين القيام بها قبل وأثناء تنفيذ المهام على سطح المباني ، وتعليمات العمل ، والمحددات المفروضة على الدخول وأي تحذيرات أخرى، كثير من عاملي الشبكة التقنين يقومون بتقديم هذه المعلومات لأصحاب العقارات أو أصحاب المباني التي يتم تركيب الهوائيات فيها . قد تكون هناك حاجة لتوحيد هذا النوع من المعلومات إلى العمال.وبالإضافة إلى ذلك ، يمكن أيضا أن تكون هناك حاجة ، لتحذير العمال اللذين يرتدون منظم لضربات القلب ، والمعالجات الدقيقة microprocessor التي تسيطر على جرعة الدواء والأجهزة والمعدنية ألاصطناعية ، الخ.

الشكل(4– 10) مثال للحدود الامتثال للمستويات المرجعية للجمهور حسب توصيات ICNIRP

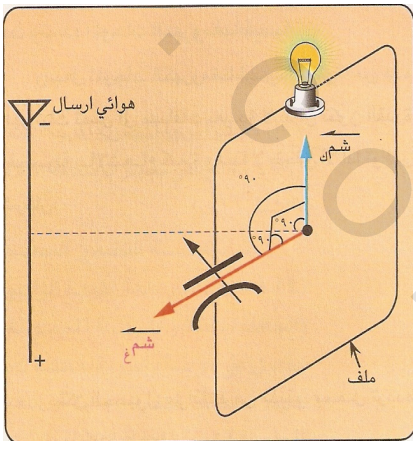


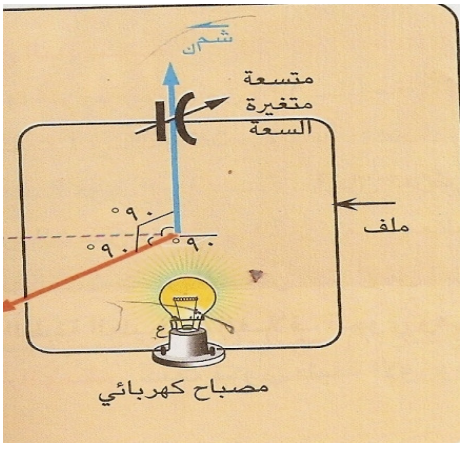
4 – 5 الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية

جميع أنواع البث للموجات الكهرومغناطيسية (الإذاعية و التلفازية ، الهاتف الجوال) ذات التردد الراديوي يمكن الكشف عنها على نفس الأساس ويتم ذلك بواسطة دائرة رنينيه تتألف من ملف متسعة وان مستوى الدائرة الرنينية يحدد أي نوع من المجالين الكهربائي والمغناطيسي هو الذي يتم بواسطته الكشف عن الموجة االكهرومغناطيسية ، والكشف نوعين موضحين في الشكل(4– 11) والجدول (4– 2).ولبث الموجات الصوتية نحول الموجات الصوتية الميكانيكية إلى إشارة كهربائية تسمى الإشارة السمعية وهذه الإشارة ترددها قليل (20– 20000 هرتز) لذلك لا يمكنها الانتقال إلى مسافات بعيدة ولغرض نقلها نستخدم عدة هوائيات طويلة يلاءم كل منها تردد صوت معين ومستقبلي هذه الموجات سيستلمون الترددات من المحطات المجاورة مرة واحدة وبذلك تكون أجهزة التسلم ضوضائية. لذلك يفضل ان تحمل الموجات السمعية على موجات راديوية حاملة عالية التردد وفق عملية تسمى التضمين. أنواع التضمين:

الشكل ((4– 11)) الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية

ا – بواسطة المجال المغناطيسي ب – بواسطة المجال المغناطيسي





openkanal.com

1- التضمين الرقمي: وهو خاص بالاتصالات الرقمية الحديثة وشبكة الانترنيت.

2 - التضمين التماثلي: وهو عبارة عن تغير لأحد خواص موجة التيار عالي التردد (السعة، التردد، الطور) ويقسم إلى:

أ-التضمين السعوي: تغير سعة الموجة الراديوية الحاملة بتأثير سعة الموجة الحرارية (السمعية) فنحصل على موجة راديوية حاملة ثابتة التردد متغيرة السعة.من مشاكل هذا التضمين: التداخلات للموجات االكهرومغناطيسية الراديوية الناشئ عن الزوابع الرعدية أو المكائن الكهربائية والتي تؤثر على سعة الموجة بشكل ضوضاء.

ب- التضمين الترددي: يتغير تردد الموجة الراديوية الحاملة بتأثير تردد الموجة السمعية فنحصل على موجة راديوية حاملة ثابتة السعة متغيرة التردد.

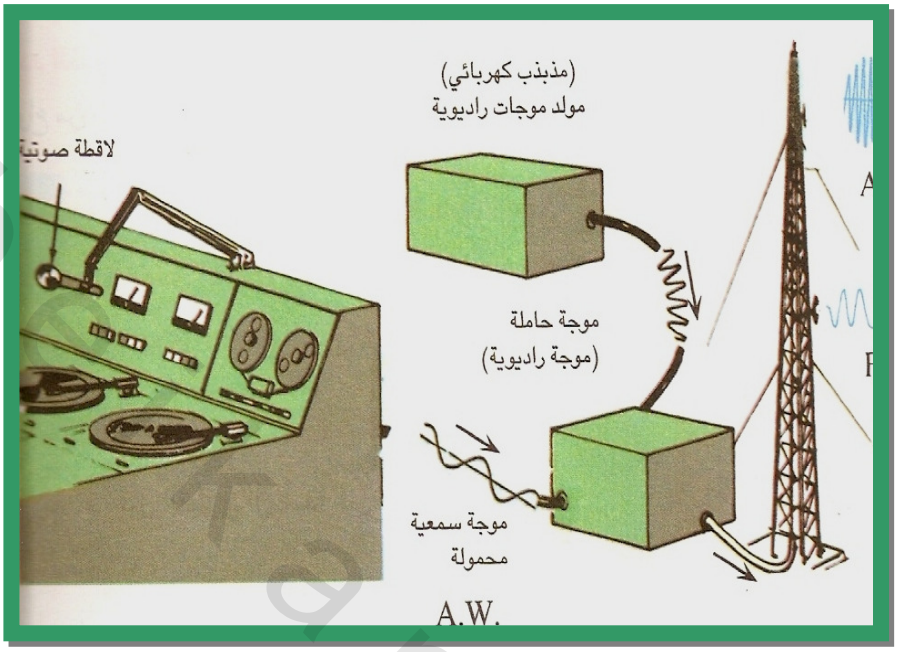
obeikandl.com

جدول (4 - 2) الكشف عن الموجات االكهرومغناطيسية ذات التردد الراديوية

ت	الكشف عن الموجة االكهرومغناطيسية بواسطة المجال المغناطيسي	الكشف عن الموجة االكهرومغناطيسية بواسطة المجال الكهربائي
1	نستخدم هوائي اطاري الشكل دائرته تتكون من متسعة متغيرة وملف ومصباح على التوالي.	نستخدم هوائي مستقيم دائرته تتكون من متسعة متغيرة وملف ومصباح على التوالي.
2	نجعل هوائي التسلم عمودي على المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي موازيا للوحي المتسعة.	نجعل هوائي التسلم (الملف) عمودي على المجال الكهربائي وموازيا للمجال المغناطيسي.
3	بحث المجال المغناطيسي المتغير ق.د.ك.محتثة (فرق جهد كهربائي) بينما لا يحث المجال الكهربائي لأنه موازي للوحي المتسعة.	يولد المجال الكهربائي تيار الازاحة والذي يولد فرق جهد بين لوحي المتسعة.
4	تولف الدائرة بتغير سعة المتسعة حتى يتوهج المصباح.	تولف الدائرة بتغير سعة المتسعة حتى يتوهج المصباح.

بث الموجات الراديوية: تتكون شبكة بث الموجات الراديوية من لاقطة صوتية (تحتوي بلورة محولة للطاقة) تحول الموجات الصوتية الميكانيكية الى موجات سمعية بشكل اشارة كهربائية نبض التردد وبعد تضخيم الإشارة الكهربائية تحمل على موجات راديوية يولدها المذبذب وتحمل باستخدام المضمن بعدها تضخم الموجة الراديوية المضمنة وتبث بواسطة الهوائي. الشكل(4– 12)

الشكل(4– 12)عملية تضمين وبث الموجات الراديوية



استلام الموجات الراديوية

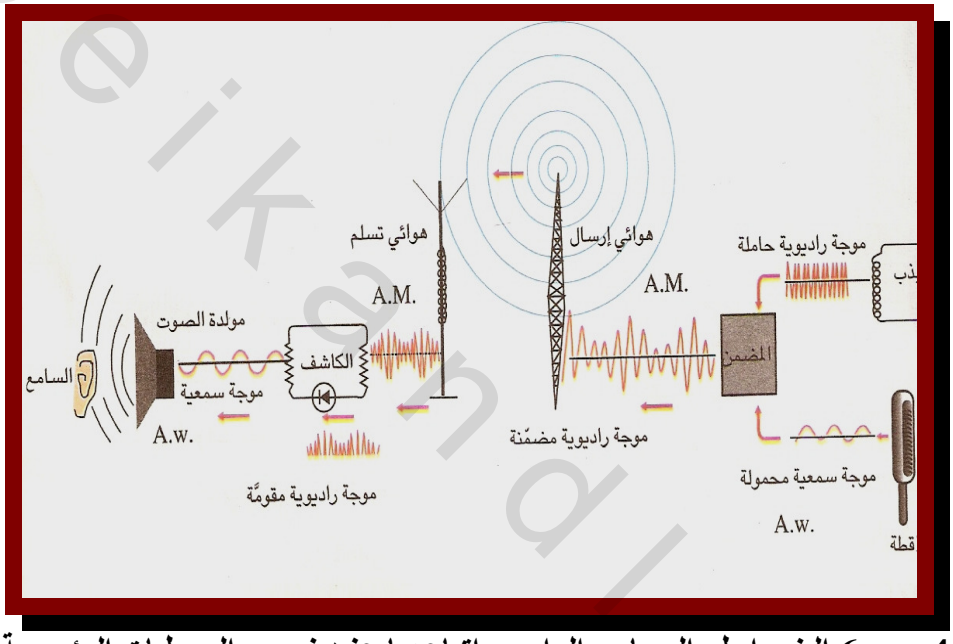
عملية التسلم تتم بواسطة الهوائي حيث تمرر على الدائرة الرنينية في جهاز التسلم ثم يتم انتقاء الإشارة المطلوبة بعملية التوليف أي تغير سعة المتسعة المتغيرة في الدائرة الرنينية حتى يتساوى تردد الدائرة الطبيعي مع تردد الموجة المراد استلامها. الشكل(4– 13)بعد ذلك تمرر الى الكاشف لغرض فصل الموجة السمعية عن الموجة الراديوية ويتم ذلك:

1– يحتوي الكاشف على ثنائي بلوري (دايود) يقوم هذا الثنائي بالحصول على إشارة متغيرة سمعية باتجاه واحد فقط (أي يقوم بعملية التقويم).

2– تمرر هذه الإشارة على متسعة ذات سعة مناسبة تمرر الترددات الراديوية بسهولة وتعرقل مرور الترددات السمعية الواطئة $X_L \alpha$ ١/ .

3- تمرر الموجات السمعية على السماعة لجهاز التسلم والذي تحتوي على ملف يقوم بإمرار الترددات السمعية وخنق الترددات الراديوية العالية (عكس المتسعة) ويحولها بعد ذلك إلى إشارة صوتية ميكانيكية.

شكل (4– 13)مراحل بث وتسلم الموجات الراديوية



4 – 6 الضوابط والمعايير الواجب إتباعها عند نصب المحطات الرئيسية والهوائيات :

1- يفضل إقامة محطات البث الرئيسية خارج حدود التصاميم الأساسية للمدينة أما أبراج الهوائيات فيسمح بنصبها داخل المدن .

2- يكون ارتفاع المبني الذي تركب فوقه الهوائيات ما بين 15متراً كحد أدني إلي 50 متراً كحد أقصى عن مستوى سطح الأرض ،وفي حال تعذر وجود مثل هذا الارتفاع يتم تركيب الهوائيات على برج معدني أو سارية بحيث يصبح ارتفاع الهوائي عن سطح الأرض 15 متراً .أو أكثر.

3- يجب أن يكون ارتفاع هوائيات محطة الهاتف الجوال أعلى من المباني المجاورة للمبنى المختار بدائرة نصف قطرها 10 متراً .

4 – يجب أن يكون سطح المبنى الذي يتم تركيب الهوائيات عليه من الخرسانة المسلحة لكي يكون درعا واقيا من إشعاع الموجات الراديوية. يتم غلق السطح بالكامل بباب مغلق ويتم وضع سور غير معدني من جميع الاتجاهات على مسافة 6متر من مركز قاعدة البرج ومترين بالنسبة للسارية الموجود على حافة المبنى مع وضع إشارات تحذيرية . و لا يسمح بتركيب الهوائيات على الشرفات التي بدون سقف خرساني مسلح.

5 - عند تركيب أكثر من هوائي على نفس البرج يتم تركيب برج معدني بحيث تكون الهوائيات على ارتفاع لا يقل عن 6 متر من سطح المبنى ويفضل أن لا يزيد عدد الهوائيات التي يتم تركيبها على المستوى نفسه عن ثلاثة هوائيات مرسلة وثلاثة هوائيات مستقبلة. هوائيات في المستوى الواحد يشترط ان لا تقل المسافة الرأسية بين مركز الهوائيات عن 4 متر بين كل مستويين متتاليين .

6 – يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين مركزي برجين لمحطتي الهاتف الجوال على سطح المبنى نفسه عن 12 مترا .

7 – عند تركيب الهوائيات يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بينها وبين العنصر البشري عن 6 متر باتجاه الشعاع الرئيسي

8– لا يفضل تركيب الهوائيات فوق المستشفيات والمراكز الصحية والمراكز العلمية والمدارس كي لا يحدث أي تداخل موجي مع الأجهزة الموجودة فيها والوقاية من التأثيرات الصحية المحتملة ,إلا في الضرورة القصوى وعزل الهوائي كهربائيا . ويجب عدم السماح لسقوط شدة عالية من الموجات الراديوية من المحطة في أي جزء من فناء المدرسة او المستشفيات والمراكز الصحية والتي عادة ما تسقط هذه الشدة الكبيرة على الأرض عند مسافة تتراوح بين 50 –200 متر من قاعدة الهوائيات.لذلك 10 يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين الهوائيات

وسور المدارس عن هذه المسافات وذلك لكونهم في مرحلة نمو تجعلهم أكثر حساسية للترددات الراديوية .

قاعدة هوائي المحطة للهاتف الجوال ،الذي يكون على ارتفاع 10 أمتار فوق الأرض ، وتعمل على أعظم كثافة ممكنة ، قد تنتج كثافة قدرة تصل إلى 0.01 ملي واط / سم^2 على الأرض بالقرب من موقع الهوائي ، ولكن مستوى كثافة القدرة على سطح الأرض سوف يكون في أكثر الأحيان في المدى 0.00001 إلى 0.00005 ملي واط / سم^2. هذه القيم هي أقل بكثير من المبادئ التوجيهية للسلامة ، علما بان المعايير الموضوعة هي أقل بكثير من المستوى الذي تسبب الخطر.وعلى بعد 200 متر من قاعدة موقع الهوائي ، تزداد كثافة القدرة كلما ارتفعنا فوق قاعدة موقع الهوائي (على سبيل المثال ، في الطابق الثاني من مبنى أو على تل). حتى في حالة وجود هوائيات متعددة على البرج نفسه ، فان كثافة القدرة قد تكون أقل من 5 ٪ من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه على جميع الارتفاعات وعلى جميع المسافات لأكثر من 55 مترا من موقع الهوائي.وعلى ارتفاع 200 متر (من موقع الهوائي فان كثافة القدرة لا ترتفع مع زيادة الارتفاع.كثافة القدرة داخل المبنى سيكون أقل من بمقدار 3 إلى 20 مرة من الخارج .الباحث بيترسن قام بقياس كثافة الطاقة حول محطات قاعدة الهاتف الجوال. كانت القياسات لهوائي قدرته 1600 واط للأبراج التي تراوح ارتفاعها بين 40 حتى 83 مترا. الحد الأقصى لكثافة القدرة على ألأرض تساوي 0.002 ملي واط / سم^2، وكان الحد الأقصى على بعد 20 إلى 80 مترا من قاعدة الأبراج. في حدود 100 متر من قاعدة للأبراج ، بلغ متوسط كثافة القدرة أقل من 0.001 ملي واط / سم^2. أقصى كثافة لهذه الترددات اللاسلكية أقل من 1٪ من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لمعايير ألتعرض للجمهور.في

عام 1999 قام مجموعة من الباحثين من كنـــدا ، بقيـــاس مســـتويات التـــرددات اللاسلكية في خمس مدارس ، ثلاث منها كانت المحطات القاعديه عليها أو بالقرب منها جميع المدارس كانت ضمن المعايير الدولية بهامش واســـع. أقصـــى هـــذه القراءات مبينة في الجدول (4 – 3).

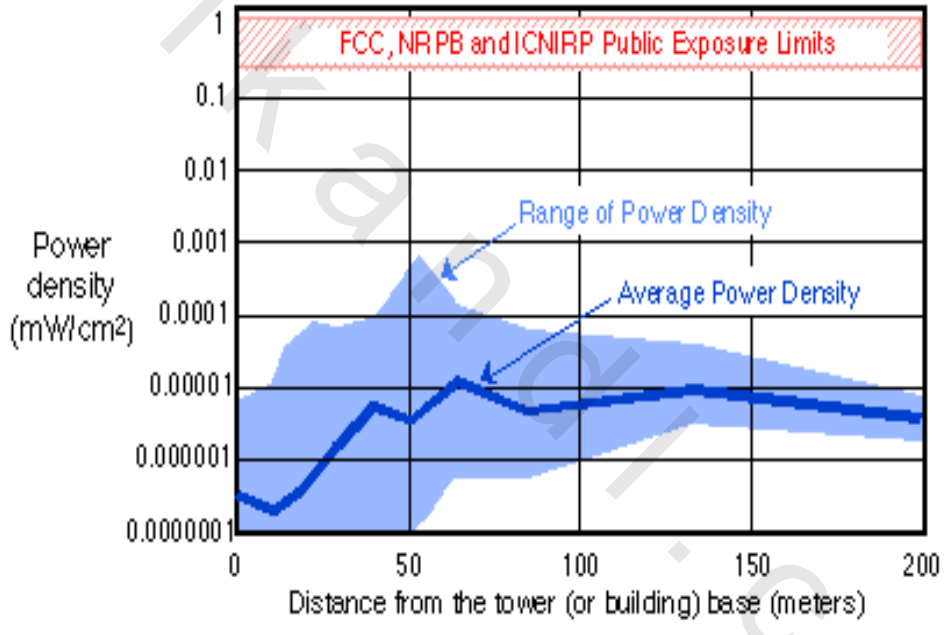
في عام 2000 ، أنجز المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع في المملكة المتحـــدة قياس مستويات الإشعاع للموجات الراديوية في 118 موقعا يمكن الوصول إليها والناتجة من نحو 17 قاعدة هوائي الهاتف الجوال. التعرض الأقصى في أي موقع كان 0.00083 ملي واط / سم^2 على ملعب يبعد 60 مترا من مبنى مدرسة مثبت هوائي على سطحها. كثافة القدرة كانت أقل من 0.0001 ملي واط / سم^2 وهـــي أقل من 0.01% من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقايـــة من الإشعاعات غير المؤينه لتعرض الجمهور. كما في الشكل (4– 14).

الجدول (4 – 3) مستوى الموجات الراديوية القريبة من بعض المدارس الكندية القريبة المحطات الارضيه

المدرسة	موقع قاعدة هوائي الهاتف الجوال	الحد الأقصى لمستوى الموجات الراديوية
1	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية عبر الشارع	0.00016 ملي واط /سم^2
2	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية على سقف المدرسة	0.0026 ملي واط / سم ^{2}
3	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية عبر الشارع	0.00022 ملي واط / سم ^{2}
4 و 5	لا قاعدة لهوائي الهاتف الجوال توجد	أقل من 0.00001 ملي واط / سم ^{2}

لأن كثافة القدرة للترددات الراديوية اللازمة لإنتاج التأثيرات البايولوجية تعتمد على التردد ، وهذا الرقم لا ينطبق إلا على ترددات تتراوح بين 800 و 2200 ميجاهرتز (أي تلك التي تستخدمها حاليا والهاتف الجوال التناظرية والرقمية) .لذلك لا يجوز الدخول إلى المحطات الارضيه للهاتف بحيث يكون البعد الأفقي عن الهوائيات 6 متر .

الشكل (4– 14).مستوى الإشعاع للموجات الراديوية قرب قواعد هوائي الهاتف الجوال في بريطانيا



أو بالقرب من سطوح المباني. ولقد وجد بأنة على بعد (1 متر) من هوائي علـــى السقف فان القدرة المرسلة الفعالة ERP لـه 1600 واط وكثافة الطاقة تصل إلى 2 ميجا واط / سم^2 بالمقارنة مع التعرض القياسي للجمهور والذي يتـــراوح بـــين (0.57 - 1.2 ملي واط /سم^2).

بعض المعايير العامة لتحديد مواقع المحطات الارضيه للهاتف .

1 – مواقع الهوائي يجب أن تكون مصممة بحيث لا يمكن للجمهور الوصول إلى المناطق التي تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لتعرض الجمهور. وكقاعدة عامة ، لا يمكن للجمهور الوصول إلى مسافة 6 أمتار من الهوائي .

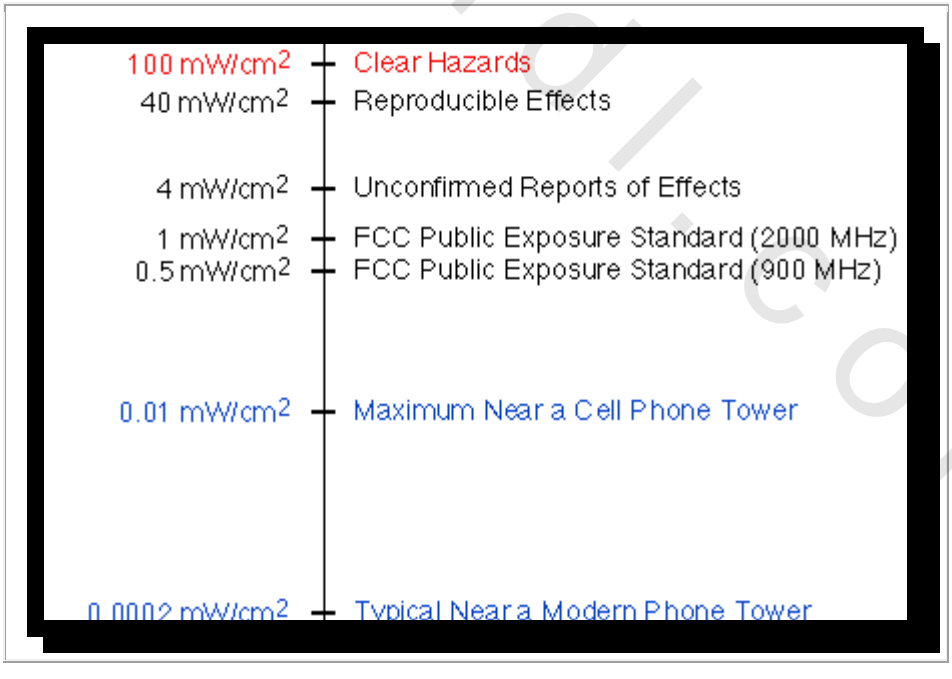
2. إذا كانت هناك مناطق يمكن للعمال الوصول إليها و التي تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لتعرض الجمهور يجب أن يتأكد العاملين من الاحتياطات الواجب اتخاذها عند دخول هذه المناطق. وبشكل عام ، يكون للمناطق التي تبعد 6 أمتار من الهوائيات .

3. إذا كانت هناك مناطق تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه للتعرض المهني يجب على العاملين معرفة هذه المناطق ، و يمكنهم إيقاف أجهزة الإرسال عند دخولهم لهذه المناطق. ومثل هذه المناطق قد لا تكون موجودة ، ولكن إذا وجدت ، فإنها ينبغي أن تقتصر على المناطق الواقعة ضمن 3 أمتار من الهوائيات. القدرة المرسلة Transmitter power هو مقياس للقدرة الكلية ، في حين أن القدرة المرسلة الفعالة ERP والمقاسة بالواط هو مقياس للقدرة في الشعاع الرئيسي. إذا كان الهوائي متعددة الاتجاهات وكفائتة 100% ، فان القدرة المرسلة و القدرة المرسلة الفعالة ، سيكون لهما نفس المقدار. هوائيات الهاتف الجوال (مثل جميع الهوائيات) ليست متعددة الاتجاهات ، وتكون هوائياتها ذات ربح gain اتجاهي معتدل أي منخفض (و يعرف الربح بأنة مقياس لمدى اتجاه الهوائي ويقاس بالديسيبل) أو ذات ربح عالي. أي أنها اتجاهية حيث تتركز طاقتها في بعض الاتجاهات ، وتقل طاقتها كثيرا في الاتجاهات ألأخرى. ،. نتيجة لذلك ، يمكن لقاعدة محطة إرسال قدرتها 20–50 واط ذات ربح هوائي عالي ان تولد قدرة مرسلة فعالة

من أي مكان بقدرة تتراوح بين من عدة مئات من الواطات إلى أكثر مـــن 1000 واط. العلاقة بين مستوى كثافة القدرة للترددات الراديوية اللازمة لإنتاج تـــأثيرات بيولوجية معروفة و مستويات كثافة القدرة للترددات الراديوية المحددة في المبادئ التوجيهية للجنة الاتصالات الفدرالية الأمريكية ،و كثافة القدرة للترددات الراديوية حول أبراج محطات الهاتف الجوال موضحة في الشكل (4– 15).

يمكن تفسير كل من مفهوم الربح و القدرة المرسلة الفعالة بمقارنة مصـــباحين كهربائيين احدهما مصباح اعتيادي قدرته 100 واط والأخر مصباح نقطي له نفس القدرة لكن المصباح النقطي أكثر ضوءا عند النظـــر باتجـــاه الحزمـــة النقطيـــة وأضعف خارج الشعاع الرئيسي بالرغم من تساوي فـــدرتيهما . قاعـــدة هـــوائي الهاتف الجوال (ولاسيما الهوائي ذات الربح العالي) هو مماثل للمصباح النقطي ، و القدرة المرسلة الفعالة تكون مكافئة لقدرة الشعاع الرئيسي للمصباح النقطي.

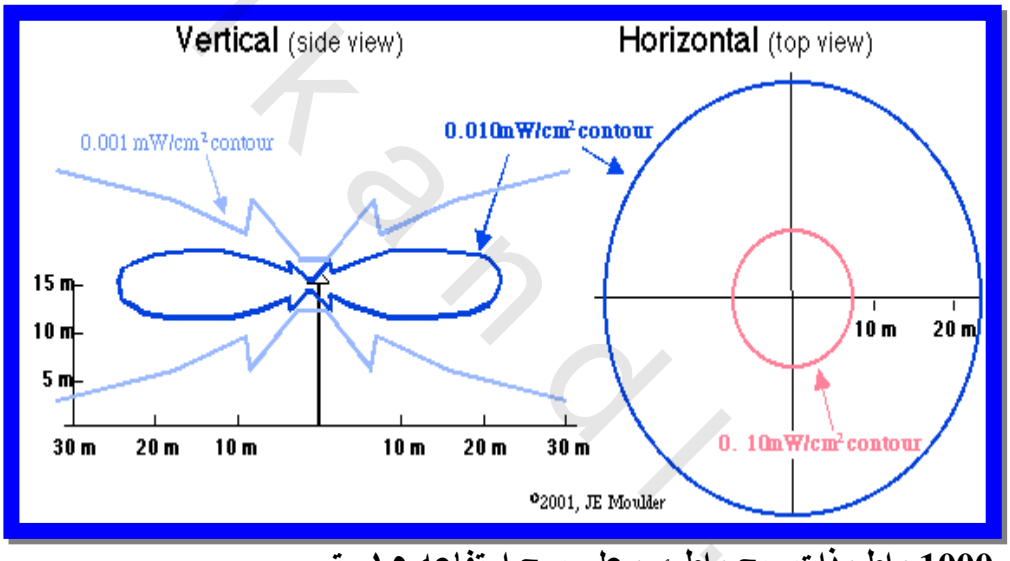
الشكل (4– 15)المعايير لأبراج محطات الهاتف الجوال



obeikandl.com

ويوضح الشكل (4– 16) و الشكل (4– 17)مخطط الموجات الراديوية لموجة لهوائي قدرته المرسلة الفعالة 1000 واط ذات ربح واطئ وهو من النوع الذي يستعمل عادة في المحطات الارضيه للهواتف الحرارية القديمة وأخر ذات ربح عالي وهو من النوع الذي يستعمل عادة في المحطات الارضيه للهواتف الحرارية الحديثة .

الشكل (4 - 16) مخطط الموجات الراديوية لهوائي قدرته المرسلة الفعالة



1000 واط وذات ربح واطئ وعلى برج ارتفاعه ١٥ متر

وبناء على ما تقدم يمكن العيش في بناية مثبت على سقفها قاعدة برج هوائي الهاتف الحرارية للأسباب التالية :

1 – يتضح من الشكلين السابقين بان كل من الهوائيات ذات الربح العالي أو الواطئ لا تشع كثيرا من طاقتها نحو الأسفل

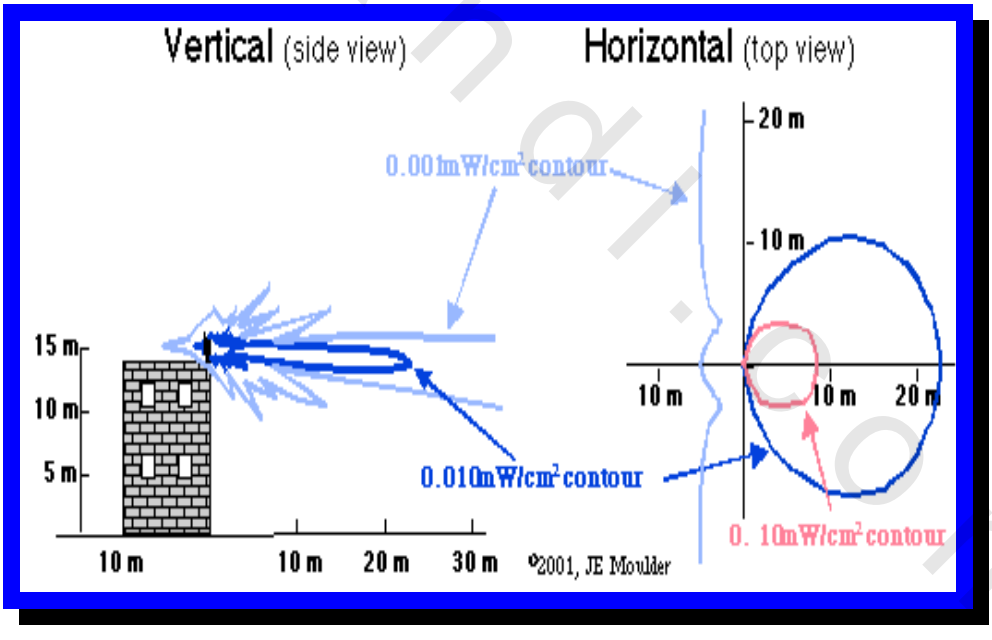
obeikandl.com

2 – سطح المبنى سوف يمتص كميات كبيرة من الطاقة الموجات الراديويـــة. وعادة ما يتوقع بان سطح المبنى يمكن أن يقلل من قوة الإشارة بمعامل 5 إلى 10 (أو أكثر بالنسبة للسقوف ألخرسانية المسلحة أو المعدنية).

3– وقد تمت الحسابات حتى في أسوأ الحالات ووجد بأن كثافة الطاقـــة فـــي البناية وتحت الهوائي سيكون ضمن قيم إرشادات السلامة المسموح بها.

4– كذلك أكدت كثير من القياسات الفعلية للشقق في الطابق العلوي والممرات بان كثافة الطاقة أقل بكثير من جميع قيم المبادئ التوجيهيـــة للســـلامة مـــن الترددات الراديوية.

الشكل (4 – 17) مخطط الموجات الراديوية لهوائي قدرته المرسلة الفعالة 1000 واط وذات ربح عالي وعلى برج ارتفاعه ١٣متر



من أهم المبادئ التوجيهية لنصب أبراج الهوائي فوق البنايات .

1 – ترفع هوائيات الإرسال فوق البناية (وليس قاعدة البرج) إلى ارتفاع أكثر من ارتفاع أي شخص قد يكون على السطح الشكل (4– 18).

2– يفضل أن تكون هوائيات الإرسال بعيدا عن المناطق التي يمكن أن يتواجد بها الناس فوق البناية (مثل نقاط الدخول إلى السطح ، نقاط الخدمة الهاتفية ومعدات التكييف).

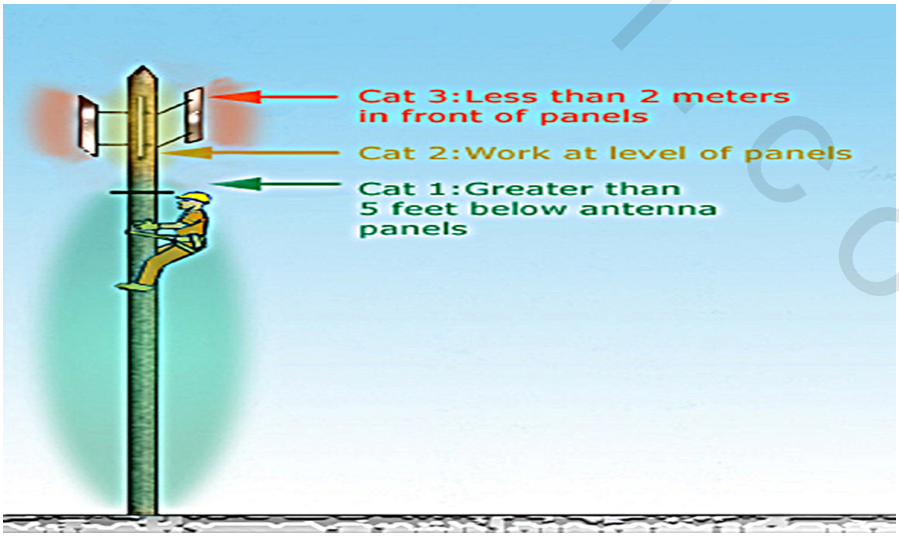
3– يوضع الهوائي بالقرب من محيط البناية ويوجه بعيدا عن المبنى.

4– معايير الترددات الراديوية أكثر صرامة للهوائيات ذات الترددات الواطئة (900 ميجاهرتز) عنها للهوائيات ذات الترددات العالية (1800 ميجاهرتز).

5– اتخاذ إجراءات وقائية خاصة لكي تكون الهوائيات ذات القدرة العالية بعيدا عن المناطق التي يمكن الوصول.

6– إبقاء الهوائيات في موقع متباعدة ما أمكن ذلك ؛ على الرغم من أن هذا قد يتعارض مع متطلبات تقسيم المناطق المحلية.

شكل (4– 18) الهوائيات ترفع فوق البناية



openkan.com

7- اتخاذ احتياطات خاصة عند تصميم المواقع المسماة "المشاركة في الموقع" ، حيث توضع هوائيات متعددة مملوكة لشركات مختلفة على نفس الهيكل. هذا ينطبق بشكل خاص على المواقع التي تتضمن هوائيات بث الطاقة العالية (الترددات الراديوية والتلفاز) الشكل (4– 19).

تقسم المناطق المحلية غالبا ما تفضل المشاركة في الموقع ، ولكن المشاركة في الموقع يمكن أن توفر تحديا لمشاكل السلامة للترددات الراديوية .

ولتقليل المخاطر للعاملين قرب الهوائيات ينبغي التقيد بما يلي :

1 - ينبغي إعلام الأفراد الذين يعملون في موقع الهوائي عن وجود إشعاع التردد الراديوي ، واحتمال التعرض للمخاطر والخطوات التي يمكن اتخاذها للحد من التعرض.

شكل (4– 19)هوائيات متعددة"المشاركة في الموقع"

obeikandl.com

2. إذا كان تردد الموجات الراديوية في الموقع يؤدي إلى تعرض يمكن أن يتجاوز المستويات الموصى بها عالميا لعامة الناس ، ينبغي وضع إشارات تحذيريه مناسبة في الموقع.

3 – يجب قياس مستويات الإشعاع للموجات الراديوية في موقع.

4 – نفترض أن جميع الهوائيات تعمل في جميع الأوقات.

5 – قبل العمل قرب ألهوائي يجب إغلاق جميع أجهزة الإرسال المربوطة.

6 – استخدام أجهزة الكشف الشخصية لضمان أن جميع أجهزة الإرسال قد تم بالفعل إيقافها.

7 – الحفاظ على مسافة آمنة تتراوح بين1-2 متر عن الهوائيات لغرض تقليل التعرض.

8 – تجنب التعرض لفترات طويلة على مقربة من هوائيات وذلك بتقليل زمن التواجد.

9 – في بعض المواقع التي توجد فيها هوائيات متعددة ولا يمكن إغلاق بعضها يكون من الضروري استخدام ملابس واقية.

10 – عدم التعرض إلى العديد من المخاطر الناتجة من غير الترددات الراديوية في معظم المواقع (مثل ، آلمكائن الخطرة و الخطر من الصدمات الكهربائية ، ومخاطر السقوط) ، بحيث لا يسمح بالعمل إلا للعاملين المدربين جيدا في الموقع.

من أجل حماية السكان الذين يعيشون حول المحطات القاعديه ومستخدمي الهواتف الجوالة ، اعتمدت الحكومات والهيئات التنظيمية معايير السلامة ، والتي تضع قيود على مستويات التعرض والتي أوصت بها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP للتعرض المهني ، و لعموم السكان. وقد

ضعت إجراءات الترخيص في معظم الدول لضمان الامتثال لمعـــايير ICNIRP أو لغيرها من التشريعات البيئية. العديد من الهيئـــات الحكوميـــة تلـــزم شـــركات الاتصالات المنافسة لتحقيق تقاسم الأبراج من أجل الحد من الآثار البيئية الجمالية و رفض تركيب هوائيات وأبراج جديدة إذا كانت هناك أبراج لبعض الشركات .

4 – 7 الإرسال من المحطات القاعديه

هوائي المحطات القاعديه التي تكون خلاياها كبيرة macrocells إما أن تكـــون محمولة على أبراج قائمة بذاتها ،عادة ما ترتفع 10–30 مترا ، أو علـــى أبـــراج قصيرة على أعلى المباني ، أو تعلق على جانب المباني. في الترتيبات النموذجية ، فان كل برج يحمل ثلاثة هوائيات ، كل منهما يبث إلى القطاع 120 °. نسبة كبيرة من القدرة يتركز بشكل شعاع أفقي تقريبا عادة عرضة حوالي 6 ° فـــي الاتجـــاه الرأسي والباقي يذهب إلى سلسلة من الحزم الضعيفة (تسمى فصـــوص الجانـــب) على جانبي الشعاع الرئيسي. الشعاع الرئيسي يميل قليلا إلى أسفل ، ولكن لا يصل إلى مستوى الأرض حتى مسافة لا تقل عن 50 مترا من البرج (عـــادة 50–200 م).

هوائيات المحطة القاعديه تبث قدرة أكبر من تلك التي يبثها الهواتف. حدود للقدرة يتم وضعه لكي يتم تجنب تداخل الترددات الراديوية والتي حددها الترخيص التي أصدرته سلطة الاتصالات اللاسلكية. هذه الطريقة لا تحد من القدرة الكلية المنبعثة ولكنه يفعل ذلك بصورة غير مباشرة عن طريق تحديد الشدة القصوى التي يمكـــن أن يبثها الهوائي إلى الشعاع الرئيسي. يتم ذلك من خلال تحديد الحـــد الأقصـــى " لقدرة ألإشعاع الفعالة والتي تبث بشكل متماثـــل equivalent isotropic ally" radiated power" (EIRP) . قدرة الإشعاع الفعالة (EIRP) هي القدرة التـــي يجب أن تبث بشكل متماثل" بجميع الاتجاهات لتنتج شدة معينة. في الواقع ، وكما سبقت الإشارة إليه ، فان الهوائيات المستخدمة تكون بعيدة جدا من أن تبث بشكل متماثل isotropic ، حيث أن معظم القدرة المنبعثة تكون باتجاه الشعاع الرئيسي ،

نسبة قدرة الإشعاع الفعالة إلى القدرة الكلية يسمى كسب الهوائي. لقطاع 120 ° فإن كسب الهوائي ما بين 40 و 60. الترخيص يعين المقدار الأقصى لقدرة الإشعاع الفعالة عند المقدار ١٥٠٠ واط لكل تردد قناة المقابلة للحد الأقصى لمجموع القدرة الإشعاعية لحوالي 30 واط لكل قناة (=EIRP / الكسب). كما أنه يحد من عدد القنوات لكل هوائي إلى 16 (لترتدد1800 ميجاهيرتز) و 10 (لتردد 900 ميجاهرتز). ومع ذلك ، فانه في الممارسة العملية يكون عدد القنوات عادة أقل من 4 لتردد 1800 ميجاهرتز ، و 2 إلى 4 في تردد 900 ميجاهيرتز ، التي من شأنها أن تتوافق مع الحد الأقصى للقدرة التي يشعها لأقل من 120 واط و60– 120 واط ، على التوالي. وبالمثل ، فإن القدرة الكلية المشعة المنبعثة من الهوائي تحدد بسبب خصائص المعدات إلى حد ما تحت 70 واط ،. لا بد من التأكيد على أن عدد القنوات المستخدمة ، وبالتالي فإن القدرة الكلية المشعة ، تحدد تقنيا وليس لمتطلبات قانونية ، والتي من شأنها أن تسمح بإشعاع قدرة اكبر. كما هو الحال للهاتف ، وإلى حد كبير لنفس الأسباب ، فإن متوسط القدرة التي ترسلها المحطة القاعديه عادة أقل من أقصى قدرة ، في هذه الحالة يمكن أن يرتفع إلى الحد الأقصى في زمن (واحد إلى ثمانية من ذروة القدرة في حالة وجود الهاتف). من قانون التربيع العكسي ، فان الحد الأقصى للشدة في الشعاع الرئيسي عند نقطة على الأرض تبعد 50 مترا من برج ارتفاعه 10 يحمل هوائي يرسل 60 واط بقطاع 120 ° هو حوالي 100ملي واط / م ^{2} هذا يطابق مجالات كهربائية ومغناطيسية مقدارهما حوالي 5 فولت / م و 0,02 مايكرو تسلا، على التوالي أي حوالي تقريبا 50 إلى 100 مرة أصغر من تلك التي على مسافة 2.2 سم من هوائي للهاتف. آثار التسخين التي سوف تولدها هذه المجالات سوف تختلف مع الكثافة وتكون حوالي 5000 مره أقل من القيمة القصوى على مسافة 2.2 سم من هوائي الهاتف النقال.

كثافة الترددات الراديوية على سطح الأرض ليست صفرا خارج الشعاع الرئيسي ، وذلك بسبب القدرة التي تنبعث في الفصوص الجانبية. قيمتها سوف تعتمد على تصميم الهوائي ولكن يبدو من غير المحتمل أن تكون أكثر من ذلك في الشعاع. حتى القيم المذكورة أعلاه يجب أن تكون مؤشرات معقولة عن الحد الأقصى للكثافة والمجالات التي من شأنها أن تكون موجودة على سطح الأرض حول مركز المحطة القاعديه. مع ذلك فان الكثافة تكبر بشكل ملحوظ عند الاقتراب من الهوائي ، كما يحصل لعمال الصيانة.قامت NRPB بالقياس الموقعي لمعدل الكثافات حول المحطات القاعديه التي بعضها كانت محمولة على أسطح المدارس ، على الأبراج ،وعلى المباني. أجريت القياسات في نقاط مختلفة داخل المباني ، على سطح الأرض ، وفي مواقع أخرى لدخول الجمهور. تراوحت الكثافة المقاسة ما بين 0.01 و 1 ملي واط / م ^{2} والمقدار الأقصى لم يكن أبدا أكثر من 10 ملي واط / م ^{2} ، هذه القيم أقل بكثير من القيم المحسوبة في الشعاع المذكور أعلاه ، على الرغم من أن العينة صغيرة. وقد لوحظ بأن معظم الحسابات والقياسات كانت لأبراج مستخدمة من قبل مشغل واحد فقط. إن متوسط الكثافة المتوقع يكون أكبر قرب ألبرج المستخدم من قبل أكثر من مشغل.هناك خاصيتين مهمتين للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهواتف الجوالة ، والمحطات القاعديه ، يمكن أن تكون ذات أهمية لتفاعلها مع الأنسجة البايولوجية ، هما الطيف الترددي وزمن التشاكة (coherence time). الانبعاث من الهاتف الجوال يكون بتردد واحد أما من لمحطات القاعديه فيكون بترددات محددة مختلفة ، في كلتا الحالتين فان الموجات لديها زمن طويل نسبيا للتشاكه يصل حوالي 4 ميكروثانية (زمن التشاكة هو متوسط الزمن بين التغير في الطور العشوائي). هاتان الخصيتان مختلفتان تماما عن تلك التي تحصل من الإشعاع الشمس الذي يتكون من طيف واسع من الترددات والموجات الكهرومغناطيسية بزمن تشاكه أقصر بحوالي مائة ألف. مجالات الموجات اللاسلكية تخترق الجسم إلى حد بحيث يقل مع زيادة التردد.

لفهم تأثير ذلك على الأنسجة البايولوجية ، فان مقدار المجال يجب معرفته في مختلف ألأجزاء المعرضة من الجسم. هذا يتطلب معرفة الخصائص الكهربائية لأنواع مختلفة من الأنسجة وعند معرفة ذلك ، فيمكن حساب المجال الكهربائيE والمغناطيسيB في كل جزء من أجزاء الجسم الناجمة عن مصدر معين من الإشعاع مثل الهاتف الجوال.

معدل امتصاص الطاقة من كتلة معينة من الأنسجة $m = \sigma E^2 / \rho$ ،

حيث σ و ρ الموصلية وكثافة النسيج على التوالي ، وE هو قيمة معدل مربع الجذر التربيعي rms للمجال الكهربائي. والمقدار $\sigma E^2 / \rho$ يسمى معدل امتصاص الطاقة SAR ، ويقاس في (واط / كجم). وهي تختلف من نقطة إلى أخرى في الجسم بسبب التغييرات المجال الكهربائي مع الموقع، وكذلك فان الموصلية تختلف لأنواع مختلفة من الأنسجة. (الكثافة متساوية تقريبا لجميع الأنسجة عدا العظام) .ولان متوسط قيم الموصلية في التردد 900 ميجاهرتز وكثافة أنسجة الجسم هي 1 S/m و 0.001 كغم / م^3، على التوالي ، القيمة النموذجية للمجال الكهربائي اللازمة لإحداث SAR مقداره 1 واط / كجم يساوي حوالي 30 فولط/ متر. (متوسط قيمة الموصلية يكون كبيرا إلى حد ما في التردد 1800 ميجاهرتز لذلك فان المجالات الكهربائية المطلوبة تكون قليلة وبحدود، 25 فولط / م (SAR والتي تنتجها قيمة معينة من المجال الكهربائي يكون تأثيرها على الأطفال أكثر من البالغين لأن أنسجتهم يحتوي على عدد أكبر من الأيونات وبالتالي تكون التوصيلة عالية.