جمهورية العــراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

الشبكات اللاسلكية

الحاسوب وتقنية المعلومات

أجهزة الهاتف والحاسوب المحمولة

الثــاني

تأليف

د. محمود زكي عبد الله د. أياد غازي ناصر د. محمد نجم عبـــــدالله د. سعد عبد الرضا مكي
سميـــرة ماجـد مناتي شذى صبحي محمد أيمان محمـــــود أحمـــد فاتــن حميـــــد وادي
إبراهيم خليل رســـن صالــح كربــول ساير شــروق عبــود هاشــم محمد عامر محمـــود

الطبعة السادسة
1446هـ - 2024م

تمهيد

يشهد قطاع الإتصالات تغيرات هائلة ادى إلى نشر شبكات النطـــاق العريضـــة المتقاربـــة (شبكات الجيل الجديد)، والتقارب التقني وسائل الإعلام والأنترنت وخدمات الإتصالات، ووصول أطراف جديدة إلى سوق وتوصيلية الأشياء (أنترنت الأشياء) بالإضافة إلى توصيلية الناس، وتغير سلوكيات المستهلكين الذين يطالبون بنفاذ دائم وفوري إلى تكنولوجيا المعلومات والإتصالات في كل مكان بالإضافة إلى ذلك يقوم مقدمو المحتوى والتطبيقات الجدد، مثل الأطراف الفاعلة لتقديم الخدمات غير التقليدية، بتغير قوأعد العمل، وديناميات السوق والممارسات التجارية، كما أن الزيادة الحادة في تدفق البيانات الناتج عن سهولة النفاذ إلى المعلومات، والتطور السريع للخدمات، والتطبيقات الجديدة مثل الخدمات السحابية أو التطبيقات المنتقلة، إلى جانب التعقيد المتزايد بإستمرار لأسواق تكنولوجيا والإتصالات.

وإذ نضع في الإعتبار الدور الحاسم الذي تؤديه الإتصالات الإلكترونية في المجتمع الرقمي اليوم، وإذ ندرك الحاجة إلى تكييف تنظيم تكنولوجيا المعلومات والإتصالات للاستجابة بكفاءة، وفي الوقت المناسب لتوقعات السوق المتغيرة، التي تعزى إلى تقارب الخدمات والشبكات وسلوكيات المستهلكين، مع تحسين الشمول الاجتماعي والتنمية الاجتماعية، فقد وضعت وزارة التربية، المديرية العامة للتعليم المهني في مقدمة مهامها تطوير المناهج كأحد الأهداف الاستراتيجية لعملها، ومن هنا تم تأليف لجنة متخصصة في مجال الحوسبة المتنقلة لوضع منهج علمي يواكب المفاهيم والتطورات الحديثة في مجال أجهزة الهاتف، والحاسوب المحمول، لكي يكتسب الطالب أحدث المفاهيم المعرفية والمهاراتية في الأجهزة الخلوية وتطبيقاتها.

لقد تطورت المناهج والتقنيات المتعلقة ببناء نماذج الشبكات اللاسلكية، وقد أسهمت هذه المناهج والتقنيات في تضخيم دور الشبكات اللاسلكية بشكل ملموس داخل المؤسسات والمجتمع، ويأتي هذا الكتاب الذي يقع في ثمانية فصول دراسية لتعريف الطالب بأهم تقنيات الشبكات اللاسلكية، وتصميمها ونمذجتها كمراحل هامة في سياق عملية حوسبة الإتصالات، وأننا إذ نضع كتابنا هذا بين أيدي الجميع نتمنى أن يجد الاستحسأن ونسأل الله التوفيق والسداد.

المؤلفـــون

المحتـــــــــويات	
المـــــــــــــادة	رقم الصفحة
الفصل الاول مبادئ المجال الكهرومغناطيسي	7
1-1 مقدمة	8
2-1 المجال الكهربائي	8
3-1 المجال المغناطيسي	12
4-1 الموجات الكهرومغناطيسية	20
5-1 أنواع الموجات الكهرومغناطيسية	21
6-1 الطول الموجي	22
7-1 جبهة الموجة	22
8-1 انتشار الموجات الكهرومغناطيسية	25
9-1 الموجات الأرضية	27
10-1 الموجات السماوية	29
11-1 الموجات المنتشرة بشكل مستقيم خلال الفضاء (الموجات الفضائية)	30
12-1 الموجات المنتشرة عبر الأقمار الصناعية	33
أسئلة الفصل الاول	40
الفصل الثاني خطوط النقل	41
1-2 مقدمة	42
2-2 أنواع خطوط النقل	42
3-2 الخواص الكهربائية لخط النقل والدائرة المكافئة	53
4-2 ممانعة خط النقل	55
5-2 الاضمحلال والتلاشي	60
6-2 أنواع الأسلاك	62
أسئلة الفصل الثاني	68
الفصل الثالث التضمين والكشف Detection &Modulation	70
1-3 مفهوم التضمين	71
2-3 انواع التضمين	72
3-3 كاشف تضمين الاتساع	83
4-3 التعدد	85
5-3 التعدد بتقسيم الزمن	88
6-3 الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي	90
7-3 التعيين، التكميم والترميز	92
8-3 التضمين النبضي المشفر	94

9-3 تضمين ازاحة السعة مفتاحيا	96
10-3 تضمين ازاحة التردد مفتاحيا	101
11-3 تضمين ازاحة الطور مفتاحيا	104
اسئلة الفصل الثالث	107
الفصل الرابع مبادئ الشبكات الخلوية	108
1-4 مقدمة	109
2-4 النظام العالمي للاتصالات المتنقلة	109
3-4 خدمة الرسائل القصيرة	120
4-4 متابعة مكالمة من المحطة المتنقلة الى مكتب التحويلات	123
5-4 الاستدعاء	124
6-4 التجوال	127
7-4 التسليم	127
8-4 تأثيرات الانتشار الاذاعي للهاتف الخلوي وشدة الاشارة	129
اسئلة الفصل الرابع	131
الفصل الخامس وحدات الشبكة الخلوية Units Cellular Network	132
1-5 مكونات البرج	133
2-5 خطوات نصب البرج	135
3-5 التعرف على أجهزة مكونات الوقاء	135
4-5 أجهزة الإرسال وأجهزة الاستلام	140
5-5 هوائي المايكرويف	141
6-5 مراقبة هوائي المايكرويف	141
7-5 المغذي	142
أسئلة الفصل الخامس	145
الفصل السادس محطات الشبكة الخلوية	146
1-6 محطة الإرسال والاستقبال الأساسية	147
2-6 وحدة تعريف المشترك	150
3-6 سجل الموقع الرئيسي HLR	154
4-6 سجل موقع الزائر VLR	155
5-6 مركز التوثيق	155
6-6 سجل هوية الأجهزة EIR	157
اسئلة الفصل السادس	160
الفصل السابع نظـام CDMA2000 3G	161
1-7 مقدمة	162
2-7 المكونات الأساسية لنظام GSM	162

3-7 تقنية الوصول المتعدد بالتقسيم التشفيري CDMA	165
4-7 المكونات الأساسية لنظام CDMA	169
5-7 وظيفة عقدة خدمة معلومات الرزمة PDSN	171
6-7 مفهوم IMEI	171
أسئلة الفصل السابع	176
الفصل الثامن تقنيات وتطبيقات الشبكات اللاسلكية	177
1-8 مقدمة	178
2-8 مزايا الشبكات اللاسلكية	178
3-8 تقنية 802.11IEEE	179
4-8 تقنية الشبكات اللاسلكية حسب المساحة	180
5-8 تقنية الـ Ad-Hoc	184
6-8 تقنية واي ماكس Wi Max	186
7-8 تقنية لاي – فاي Li - Fi	190
أسئلة الفصل الثامن	191
استمارة قائمة الفحص	192

الفصل الأول: مبادئ المجال الكهرومغناطيسي

أهداف الفصل الاول

أن يكون الطالب قادرا على:-

- ✓ معرفة المجال الكهرومغناطيسي.
- ✓ معرفة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي.
- ✓ معرفة الموجات الكهرومغناطيسية وأنواعها.
- ✓ معرفة الموجات الأرضية.
- ✓ معرفة كيفية انتشار الموجة بشكل مستقيم خلال الفضاء.
- ✓ معرفة التطبيقات التي توضح الموجات المنتشرة عبر الأقمار الصناعية

محتويات الفصل

مقدمة.

المجال الكهربائي.

المجال المغناطيسي.

الموجات الكهرومغناطيسية.

أنواع الموجات الكهرومغناطيسية.

الطول الموجي.

جبهة الموجة.

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية.

الموجات الأرضية.

الموجات السماوية .

الموجات الفضائية .

الموجات المنتشرة عبر الأقمار الاصطناعية.

الموجات المنتشرة بشكل مستقيم خلال الفضاء.

الفصل الأول

مبادئ المجال الكهرومغناطيسي

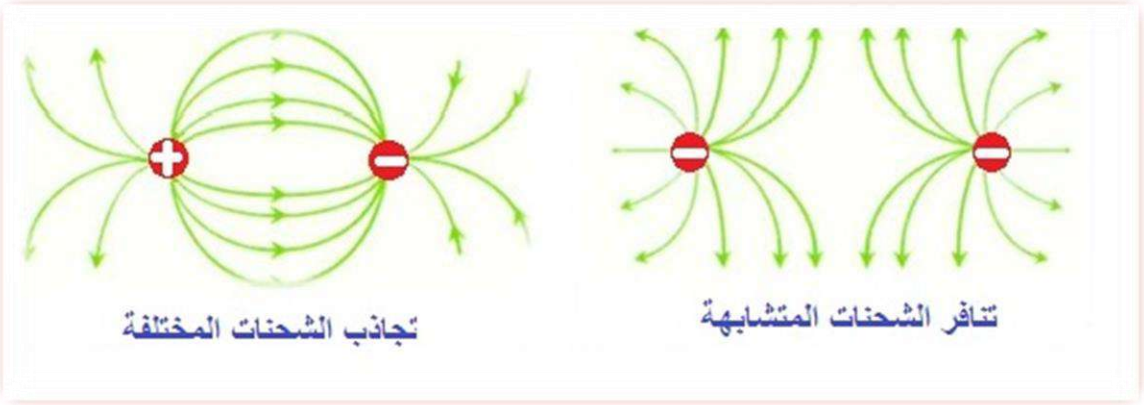
1 -1 مقدمة

كان من المُعتقد سابقاً أن القوة المغناطيسية والقوة الكهربائية قوَّتان منفصلتان، تعمل كلٌّ واحدةٍ على حِدة، ولكن هذا الاعتقاد بدأ يتغيَّر في عام 1820 عندما لاحظ "هانز كريستيان أورستيد" صدفةً أنه يتولَّد مجـــــال مغناطيسي في سلك الدائرة الكهربائية التي يقوم بفتحها أو إغلاقها؛ حيث لاحظ انحراف إبرة البوصلة شمـــالاً عندما كان يُجري بعض التَّجارب، وعندها تأكد من وجود علاقة بين الطاقة الكهربائية والمغناطيسية، ولكنه لم يستطع صياغة معادلة رياضية لهذه الظاهرة، حتى جاء من بعده جيمس ماكسويل عام 1873، والذي وضـــع معادلات كهرومغناطيسية تحقق فيها نظرية الارتباط بين الكهرباء والمغناطيس.

تتابعت الاكتشافات في مجال الكهرومغناطيسية على يد العديد من العلماء، "كأندريه أمبير" الذي وضـــع المعادلة الرياضية التي تصف قوة التيار الكهربائي والقوة المغناطيسية التي تكون بين سلكين يمر بهما تيـــار كهربائـــي وكذلك ما قام به العالم "ميشيل فراداي" وكيف إستطاع إكتشاف علاقة الموجات الكهرومغناطيسية بالضوء، ثمَّ جاء "هنريخ رودلف هيرتز"، والمشهور باكتشاف الموجات الراديوية ومع بداية القرن العشريـن، بـــدأت اكتشافاتٌ أخرى في مجال الكهرومغناطيسية كنظريَّة "الكم" التي وسَّعت فهم الضوء، وكيفية إنتشاره، وإنتقاله بشكل موجاتٍ كهرومغناطيسية، والتي ساعدت على وضع القوانين للموجات الراديوية ذات التَّـــردُّدات المنخفضة، والترددات الضوئية المرئية المتوسطة، وأشعة "إكس" ذات الترددات العالية، ومن بعدها أشعـــة "غاما" ذات الترددات العالية جداً.

2-1 المجال الكهربائي (Electrical Field)

هو المنطقة المحيطة بالشحنة والذي تظهر فيه آثار القوى الكهربائية على أية شحنة تدخله أي أن الأجسام المشحونة تولد حولها مجالاً كهربائيا غير مرئي تتناسب شدته عند أي نُقطة تقع على بُعد ما من الجسم المشحون تناسباً طردياً مع كمية الشحنة الموجودة عليه وعكسياً مع مربع المسافة بين النقطة والجسم. إذا كانت الشحنات متشابهة بالإشارة ستظهر قوة تنافر بين الشحنات وإذا كانت مختلفة بالإشارة فسيكون هناك تجاذب بين تلك الشحنات موجبة كانت ام سالبة، كما هو موضح في الشكل (1-1).

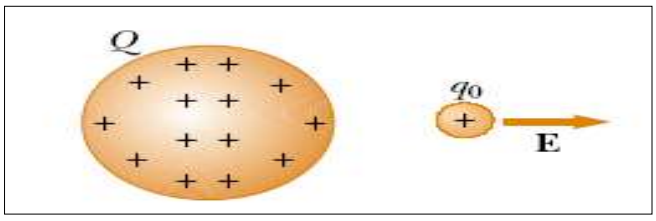


الشكل 1-1 تجاذب الشحنات المختلفة وتنافر الشحنات المتشابهة

ويمكن الكشف عن وجود مجال كهربائي عند نقطة ما بوضع جسم مشحون بشحنة موجبة صغيرة q_o وتسمى شحنة اختبار (Test Charge) فإذا تأثرت هذه الشحنة بقوة كهربائية فهذا يعني وجود مجال كهربائي عندها. وتعرف شدة المجال الكهربائي E في نقطة ما بأنها القوة على وحدة الشحنات الموضوعة في هذا المجال كما في المعادلة (1-1).

$$E = \frac{F}{q_0} \quad \text{.....(1-1)}$$

حيث تمثل E المجال الكهربائي، و F القوة (Force) التي يؤثر بها على شحنة إختبار (Test charge) موجبة قيمتها q_0 موضوعة في تلك النقطة كما في الشكل (1-2) و من هذا التعريف نرى أنه لحساب شدة المجال الكهربائي E عند نقطة ما، فإنه يمكن تخيل وجود شحنة موجبة q_0 في تلك النقطة، ثم حساب القوة التي يؤثر المجال بها على هذه الشحنة، و من ثم توجد قيمة المجـــال E من المعادلـــــة (1-1). وحدة المجال الكهربائي هي نيوتن لكل كولوم. ومن خصائص شحنة الاختبار (Test Charge) أنها موجبة وصغيرة جدا.



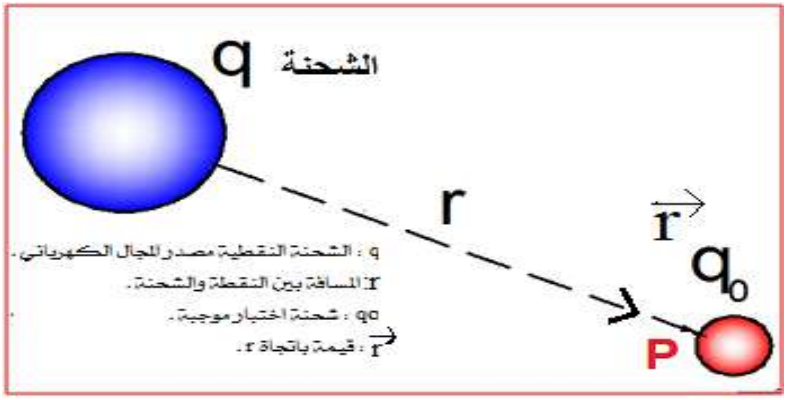
الشكل 1-2 تمثيل المجال الكهربائي

ملاحظة: قد يكون المجال متجهاً (Vector) وهي كمية لها مقدار واتجاه ، أو يكون قياسياً (Scalar) وهي كمية لها مقدار فقط ، فمثلاً يؤثر مجال الأرض على الأجسام الموجودة فيه باتجاه الأرض فهو لذلك مجال متجه، بينما لا تعتمد قيمة مجال مصدر الحرارة على الاتجاه، ولذلك فهو مجال قياســي (ليس له اتجاه).

ولإيجاد المجال الكهربائي E الناتج عن شحنة نقطية q، كما موضح في الشكل (1-3)،عند نقطة مثل p تبعد عن الشحنة مسافة r. نفترض وجود شحنة اختبار موجبة صغيرة، مثل q_0 في النقطة. ثم نحسب القوة التي تؤثر بها الشحنة q على شحنة الاختبار q_0. كما في المعادلة أدناه.

$$F = K\frac{q\,q_0}{r^2} \quad \text{.....(1-2)}$$

ملاحظة: K هو الثابت وقيمه ($9*10^9$)



الشكل 1-3 الكشف عن وجود المجال الكهربائي والناتج عن شحنة نقطية

حيث تمثل $\hat{r}$ وحدة متجهات باتجاه r، كما في المعادلة (1-3).

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|r|} \quad \text{..... (1-3)}$$

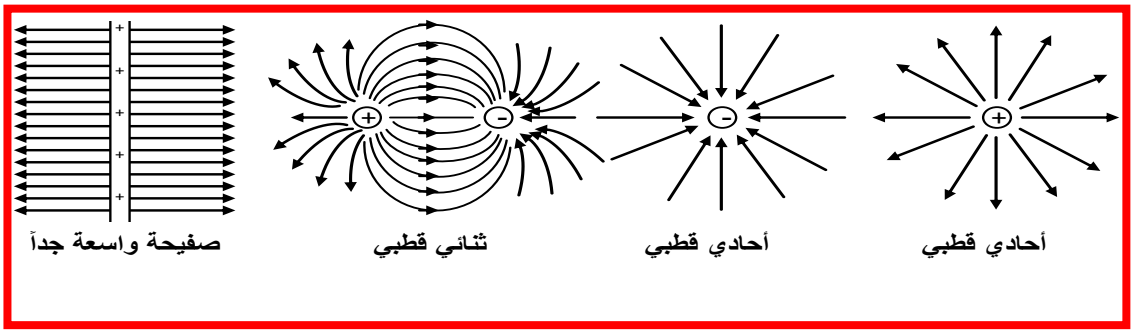
واخيراً تقسم القوة F على q_0 لحساب قيمة المجال الكهربائي E، ثم نعوض قيمة F في المعادلة (1-1) وسنحصل على المعادلة (1-4).

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = K\frac{q}{r^2}\hat{r} \quad \text{.....(1-4)}$$

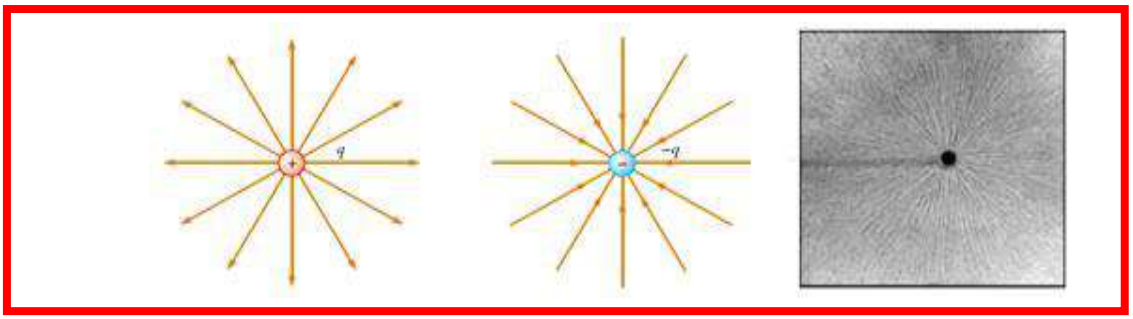
ونلاحظ من هذه المعادلة أن قيمة المجال E لايعتمد على مقدار شحنة الاختبار q_0، و إنما يعتمد على الشحنة q (مصدر المجال)، و على المسافة r (التي تحدد مكان النقطة المراد حساب المجال عندها). و بينما يكون اتجاه المجال $\vec{E}$ الناتج عن شحنة موجبة هو اتجاه r (مثل اتجاه القوة $\vec{F}$) يكون اتجاه المجال $\vec{E}$ الناتج عن شحنة

سالبة يكون عكس اتجاه المجال r. ويعرف اتجاه المجال الكهربائي على أنه اتجاه القوى المؤثرة على شحنة الاختبار الموجبة كما يسمى مسار هذه الحركة بخط القوة (Line of force) وهى خطوط وهمية تستخدم لوصف المجال الكهربائي مقداراً واتجاهاً. ويوضح الشكل (1-4-أ- ب-ج) بعض خطوط القوى حول شحنة موجبة حيث نرى أن خطوط القوى تبدأ منها أي يكون اتجاه الخطوط خارج من الشحنة الموجبة، وكذلك حول الشحنة السالبة حيث يكون اتجاه خطوط القوى متجها إلى الشحنة السالبة.

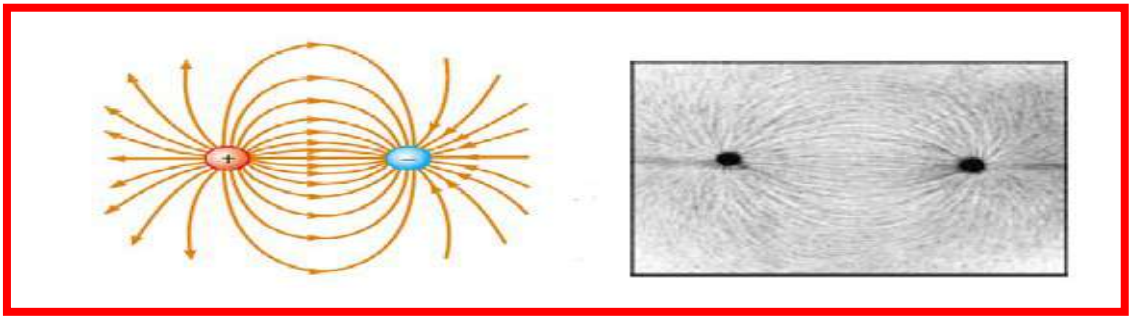
وفي حالة صفيحة طويلة منتظمة الشكل مشحونة بشحنة موجبة فإن خطوط القوى تكون متعامدة على مستوى الصفيحة ومتوازية مع بعضها البعض وتكون قيمة المجال E واحدة لكل النقاط القريبة من الصفيحة. وفي حالة شحنتين موجبة وسالبة يكون المجال عند أي نقطة محصلة المجالين الناشئين عن الشحنتين واتجاه يمثل المماس لخط القوى الكهربائية.



الشكل 1-4 - أ



الشكل 1-4 - ب



الشكل 1-4 – ج

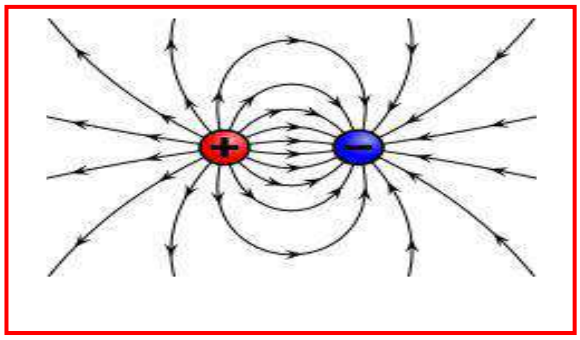
ملاحظة:-

يأخذ المجال الكهربائي نفس اتجاه القوة إذا كانت الشحنة المتأثرة موجبة أما إذا كانت الشحنة المتأثرة سالبة فيكون اتجاه المجال عكس اتجاه القوة.

إن خطوط المجال الكهربائي هي المسار الوهمي الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي.

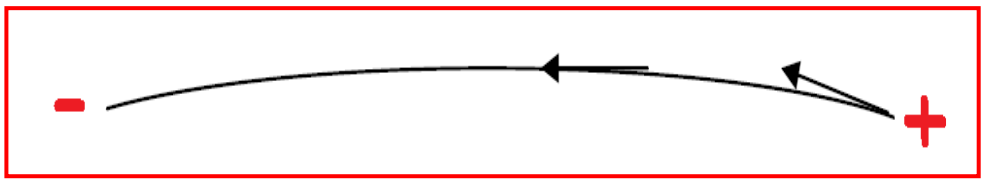
1-2-1 خصائص المجال الكهربائي

1. تخرج خطوط المجال الكهربائي من الشحنة الموجبة وتدخل في السالبة كما في الشكل (1-5).



الشكل 1-5 اتجاه خطوط المجال الكهربائي

2. يكون اتجاه المجال عند أي نقطة على خط المجال باتجاه المماس لخط المجال عند تلك النقطة كما في الشكل (1-6).

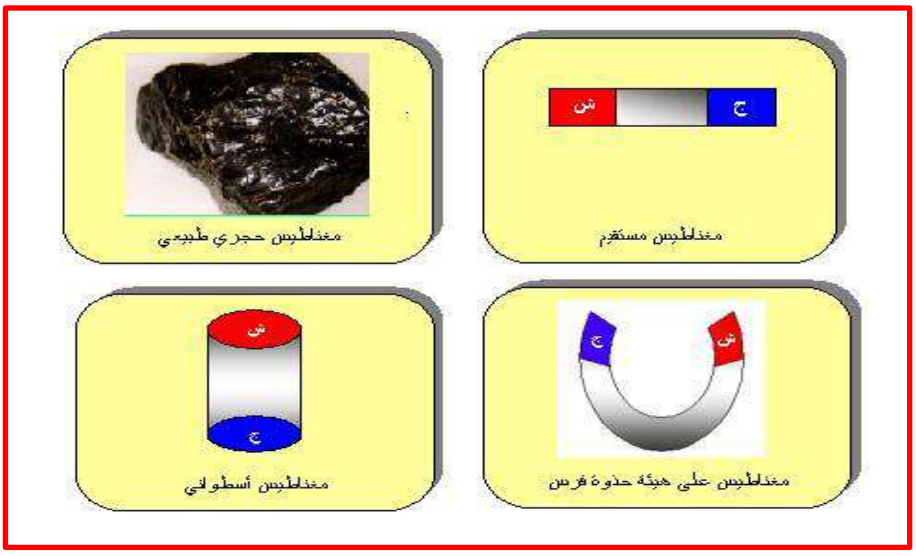


الشكل 1-6 اتجاه المماس لخط المجال عند نقطة

3. تتناسب شدة المجال تناسبا طرديا مع مقدار الشحنة الكهربائية وتتناسب عكسيا مع المسافة عن المصدر .
4. خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع لأنه لو تقاطع خطان من خطوط المجال لأصبح عند نقطة التقاطع اتجاهان للمماس الكهربائي وهذا يناقض مفهوم الكمية المتجهة.
5. تدل كثافة خطوط المجال عند نقطة على شدة المجال عند تلك النقطة، حيث تتناسب طرديا معها.
6. تتناسب قوة المجال الكهربائي مع حجم الشحنه المولدة له وينقص كلما زادت المسافة عن المصدر .

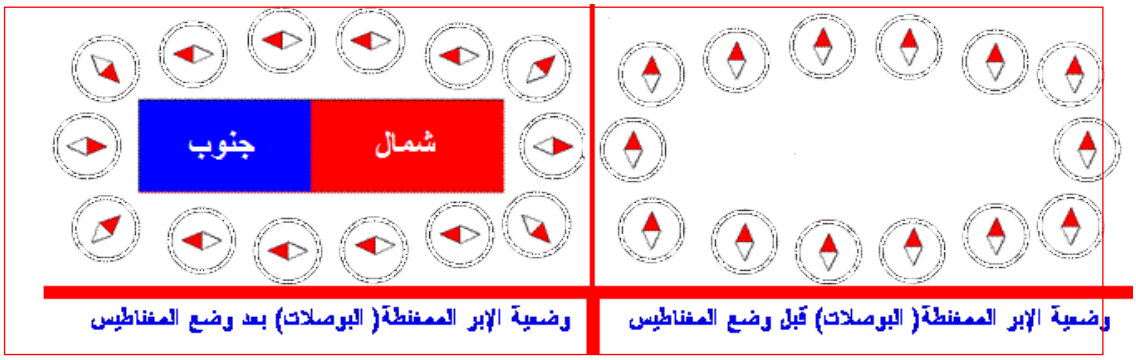
1-3 المجال المغناطيسي (Magnetic Field)

تعرف الإنسان على المصادر المغناطيسية منذ زمن بعيد وذلك على شكل حجر أسود (مكون من الحديد) كان موجودا في الطبيعة وكانت له خصائص جذب المواد الحديدية، وللمغناطيس عدة أشكال منها: الاسطواني، المستقيم، وأنواع أخرى كما موضح في الشكل (1-7).



الشكل 1-7 أنواع المغناطيس

فالمجال المغناطيسي هو منطقة تظهر فيها اثار القوة المغناطيسية، والمغناطيس محاط بمنطقة (مجال) اذا وضعت في موضع ما من تلك المنطقة بوصلة تأثرت به وغيرت من اتجاهها لتأثرها بالمجال المغناطيسي الذي أحدثه التيار، وللجسم المتحرك المشحون بالكهربائية مجالٌ مغناطيسي فعند حركته داخل مجال مغناطيسي آخر تظهر عليه آثار قوة وعند سكونه يزول مجاله فتزول تلك القوة المؤثرة عليه. وللاستدلال على وجود مجال مغناطيسي في موضع ما، نضع بوصلة في ذلك الموضع فان تأثرت (غيرت من إتجاهها) وذلك دليل على وجود مجال مغناطيسي في ذلك الموضع، (إلا إذا كان المجال المغناطيسي باتجاه – شمال – جنوب) كما موضح في الشكل (1-8).



الشكل 1-8 تأثير المغناطيس على اتجاه البوصلة

ان كان هنالك اختلاف بين طبيعة المجالين الكهربائي والمغناطيسي إلا ان للمجال المغناطيسي بعضاً من صفات وخصائص المجال الكهربائي ويمثل بنفس الطريقة التي يمثل فيها المجال الكهربائي، فالمجال المغناطيسي له مقدار إتجاهي كما في المجال الكهربائي ويمثل بخطوط افتراضية كما سبق وإن مثل بالمجال الكهربائي يطلق على تلك الخطوط (خطوط الحث المغناطيسي Magnetic Lines of Induction).

1-3-1 تسمية قطبي المغناطيس بالشمالي و الجنوبي

تعد الأرض مغناطيساً كبيراً له قطبان شمالي يتمركز عند القطب الجغرافي الجنوبي والآخر جنوبي يتمركز عند القطب الجغرافي الشمالي. ولما كانت الأقطاب المختلفة تتجاذب، فإنه عند تعليق المغناطيس الصناعي تعليقاً حراً فإن أحد الطرفين المتجه نحو الشمال الجغرافي للأرض يسمى بالقطب الشمالي لأنه قد انجذب نحو القطب المغناطيسي الأرضي الجنوبي وكذلك الطرف الآخر الباحث والمتجه نحو القطب الجغرافي الجنوبي يسمى بالقطب الجنوبي لأنه قد انجذب نحو القطب المغناطيسي الأرضي الشمالي، كما موضح في الشكل (1-9).

الشكل 1-9 تجاذب قطبي المغناطيس

2-3-1 خصائص المغناطيس

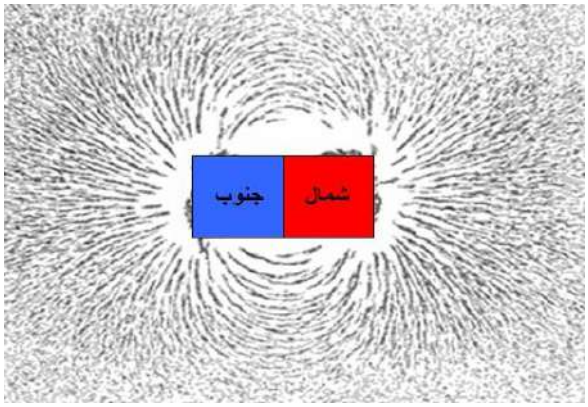
المغناطيس هو جسم قادر على انتاج حقل مغناطيس وجذب الاجسام المغناطيسية يتضمن المغناطيس الخصائص الرئيسية الآتية:

1. عند تقريب قطعة حديد اعتيادية من مغناطيس طبيعي فانها تكتسب جميع الخواص المغناطيسية من الأخير، اذا ابعدنا المغناطيس الطبيعي عن قطعة الحديد ولم تفقد الاخيرة الخواص التي اكتسبتها فتسمى عند ذلك بالمغناطيس الدائم، وإلا فتسمى بالمغناطيس المؤقت.
2. عند تقطيع القطعة المغناطيسية الى أجزاء أصغر فكل قطعة ستكون مغناطيسياً كاملاً بحد ذاته له اقطابه وخواصه المغناطيسية.
3. لا يمكن أن يكون للمغناطيس قطب واحد أو اقطاب بعدد فردي مهما غيرنا من شكله الهندسي او تركيبه الجزيئي.
4. الاقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب.
5. تفقد القطعة المغناطيسية خواصها عند الطرق او التسخين او كليهما.
6. يمكن للمغناطيس ان يوّلد تيار كهربائي في الموصل عندما يترك في حقل مغناطيسي

3-3-1 خطوط المجال المغناطيسي

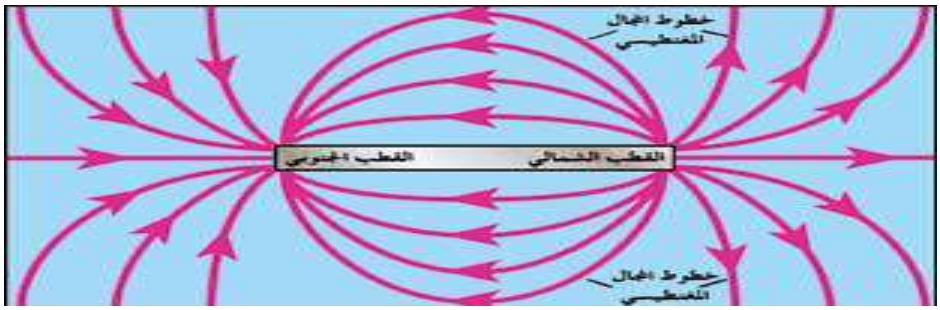
ان خطوط المجال المغناطيسي تشبه خطوط المجال الكهربائي في كونها وهمية، وهي تستخدم لتساعدنا على تصور المجال، وتوفر لنا القدرة على قياس شدة المجال المغناطيسي، ويسمى عدد خطوط المجال

المغناطيسي التي تخترق السطح بالـ (التدفق المغناطيسي)، والتدفق عبر وحدة المساحة يتناسب طردياً مع شدة المجال المغناطيسي، إن معظم التدفق المغناطيسي مركز عند القطبين الشمالي والجنوبي حيث يكون المجال المغناطيسي عندهما أكبر ما يمكن كما في الشكل (1-10).



الشكل 1-10 التدفق المغناطيسي

يعرف المجال المغناطيسي بأنه المنطقة التي تحيط بالمغناطيس ويظهر فيها تأثيره المغناطيسي، أما خط المجال المغناطيسي فيعرف بأنه خط وهمي يمثل مسار حركة وحدة الأقطاب الشمالية الإفتراضية حيث تبدو خارجة من القطب الشمالي وداخلة إلى القطب الجنوبي خارج المغناطيس وفي داخلة من الجنوبي إلى الشمالي كما موضح في الشكل (1-11).



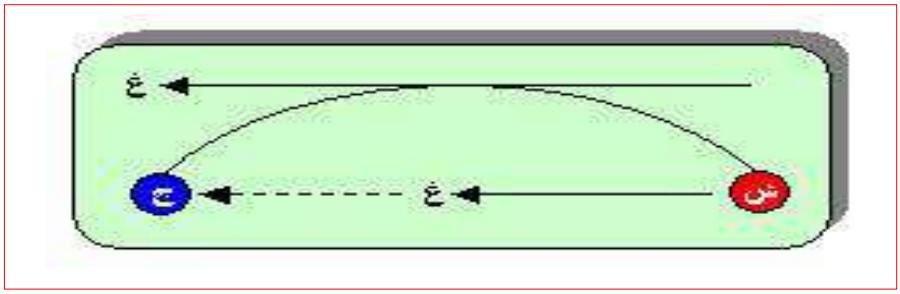
الشكل 1-11 خطوط المجال المغناطيسي

1-3-4 خصائص خطوط المجال المغناطيسي

ولخطوط المجال المغناطيسي العديد من الخصائص الهامة ومن بينها :

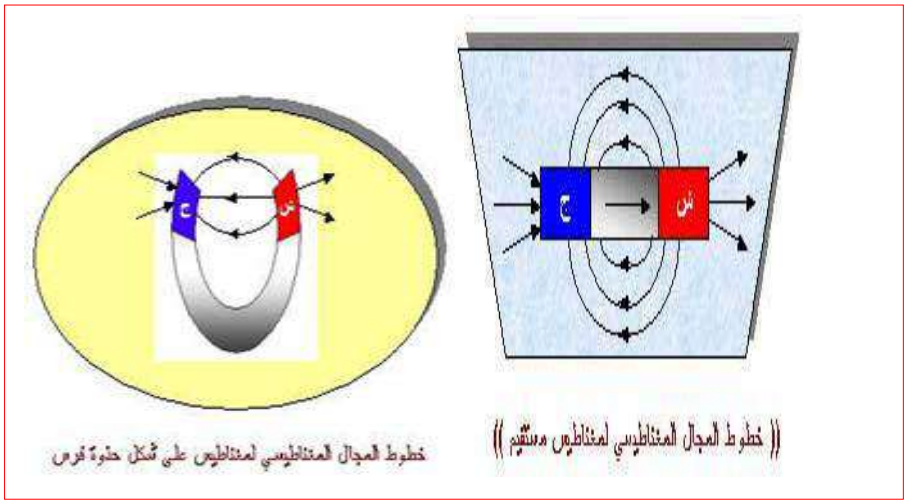
1. انها تكون على شكل حلقات منتظمة ومغلقة.
2. جميع الحلقات التي تمثل خطوط المجال غير متقاطعة.
3. تتمتع بخاصية مطاطية متميزة تساعدها في الرجوع الى موضعها الاصلي دائماً بعد زوال القوة التي تبعدها عن ذلك الموضع.
4. خطوط المجالات المتجاورة تتنافر اذا كان اتجاهها متشابهاً وتتجاذب اذا كان اتجاهها متعاكساً.

5. إذا كان خط المجال المغناطيسي منحنياً فان المماس عند نقطة فيه يمثل اتجاه المجال المغناطيسي وإذا كان مستقيماً فان اتجاهه يمثل اتجاه المجال مباشرة كما في الشكل (1-12).



الشكل 1-12 خط المجال المغناطيسي

6. تزداد المسافة بين الحلقات الممثلة لخطوط المجال كلما ابتعدنا عن مركزها او عن محور القطعة المغناطيسية.
7. تعتمد كثافة خطوط المجال على خواص القطعة المغناطيسية وعلى الوسط الذي تمر فيه فتكون اكثر كثافة بالقرب من الأقطاب المغناطيسية وتتخفض كلما ابتعدنا عنها .
8. التدفق المغناطيسي خلال سطح مغلق يساوي صفراً، وذلك لأن عدد خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس موجود داخل السطح المغلق التي تخترق السطح من الداخل إلى الخارج يساوي عددها الذي يخترق السطح نفسه من الخارج إلى الداخل كما في الشكل (1-13).

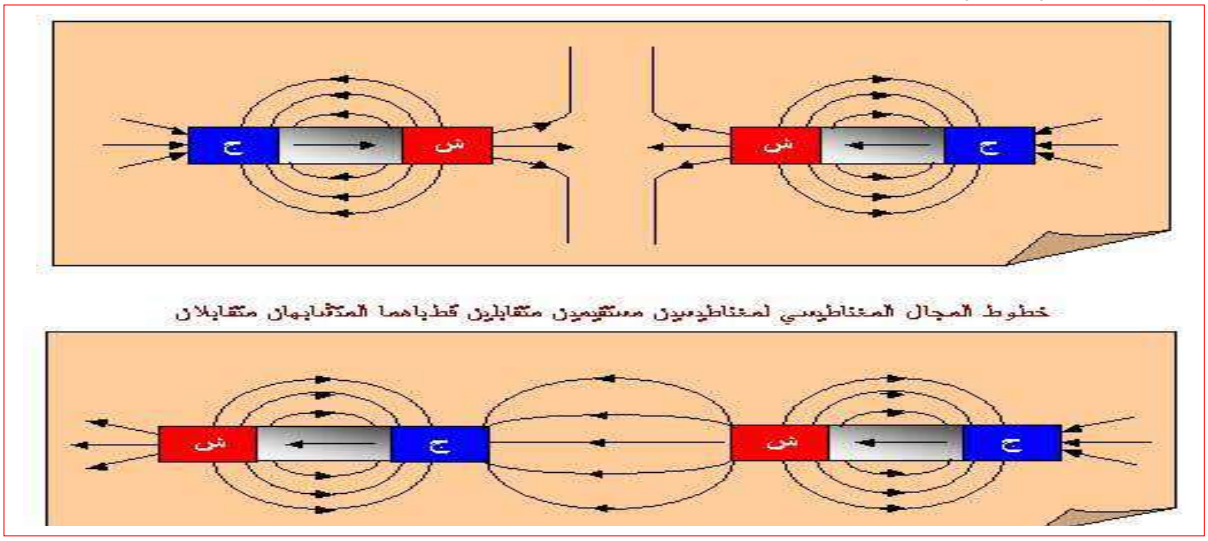


الشكل 1-13 خطوط المجال للمغناطيس المستقيم ومغناطيس حذوة الفرس

1-3-5 أنواع خطوط المجال المغناطيسي

1. المجال المغناطيسي المنتظم (Uniform Magnetic Field): يكون ثابت المقدار والاتجاه في جميع النقاط داخل منطقة محددة من الفضاء وخطوطه مستقيمة ومتوازية ومتباعدة بشكل متساو مما يخلق نمطاً منتظماً ومثال على ذلك المجال داخل اسطوانة مغناطيسية.
2. المجال المغناطيسي غير المنتظم (Non Uniform Magnetic Field): يكون متغير في المقدار والاتجاه او كليهما .

3. المقدار أوالاتجاه أو كليهما عند نقاط مختلفة داخل منطقة محددة من الفضاء خطوطه غير متوازية أو متباعدة بشكل متساوٍ مما يخلق نمطاً غير منتظم مثال على ذلك المجال خارج قضيب مغناطيسي. كما في الشكل (1-14).



الشكل 1-14 خطوط المجال للمغناطيس لمغناطيسين مستقيمين متقابلين

رقم التمرين: 1 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين: اثبات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي

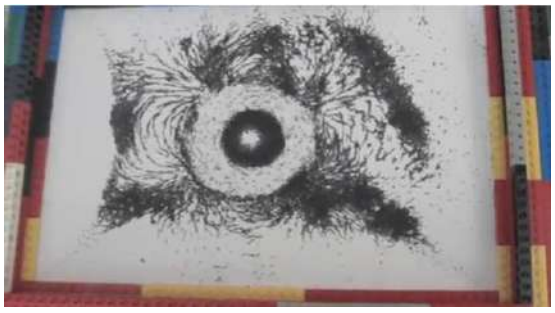
أولاً: الأهداف التعليميـــة:-

أن يكون الطالب قادراً على اثبات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي.

ثانيا: التسهيلات التعليميـة:-

1- لوحة تدريبية خاصة بالكهربائية الساكنة مع الكشاف الكهربائي.
2- لوحة تدريبية خاصة بالمجال المغناطيسي.
3- حقيبة ادوات الكترونية.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات	
إدلك قطعة من المطاط أو البلاستك بقطعة من الفرو وعين نوع الشحنة على المطاط أو البلاستك بإستخدام الكشاف الكهربائي.	

2	نحقق من ظاهرة التنافر بين قطعتين من البلاستك ذات نفس الشحنة.	
3	إدلك قطعة من الزجاج بقطعة من الحرير وعين نوع الشحنة باستخدام الكشاف الكهربائي وتحقق من ظاهرة التجاذب.	
4	ضع برادة من الحديد على سطح اللوحة التدريبية.	
5	حرك أربعة مغانيط تحت اللوحة موضوعة في صف وأحد ولاحظ التغير في شكل خطوط المجال المغناطيسي.	
6	حرك أربعة مغانيط كل قطبين متجهين إلى بعضهما ولاحظ التغير في شكل خطوط المجال المغناطيسي.	

رقم التمرين: 2 الزمن المخصص: 3 ساعات

إسم التمرين:- تحديد كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي

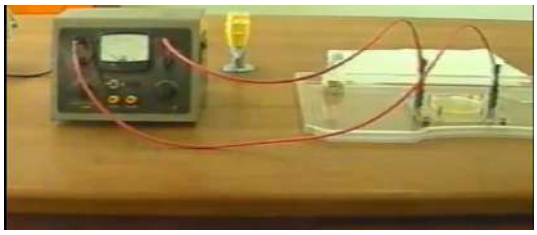
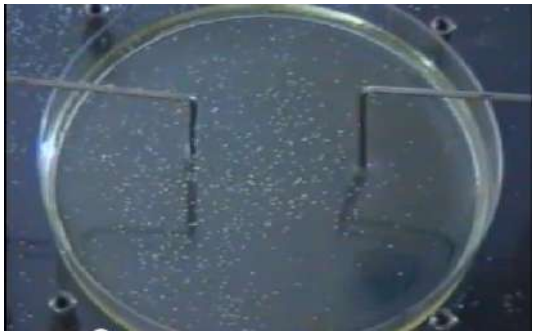
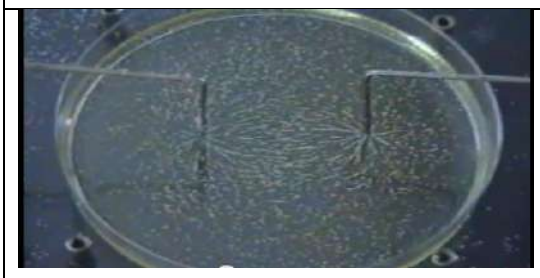
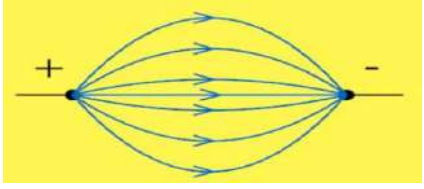
مكان التنفيذ:- مختبر الإتصالات

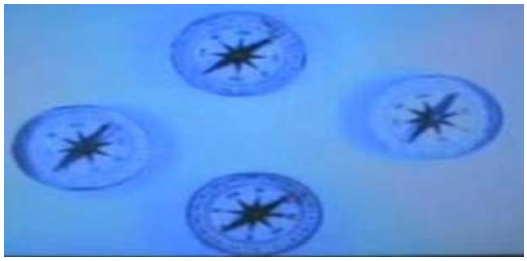
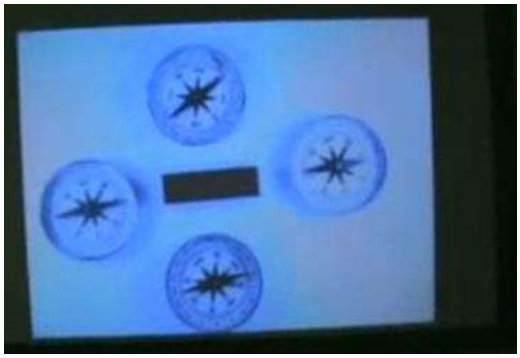
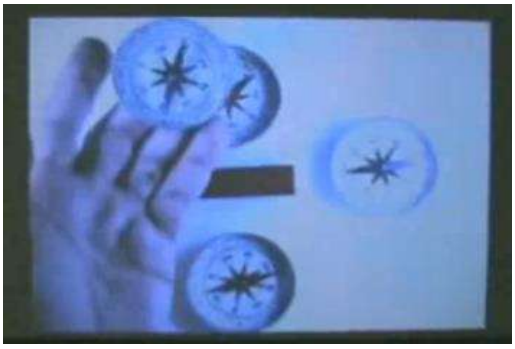
أولاً: الأهداف التعليميـــة

أن يكون الطالب قادرا على تحديد المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي

ثانياً: التسهيلات التعليمية

1- خمس بوصلات. 2- مغناطيس

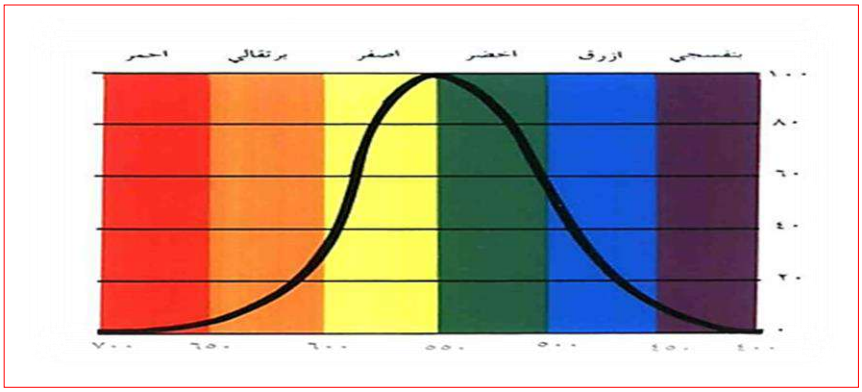
ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	تم تطبيق هذه التجربة عملياً لتوضح كيفية تحديد خطوط المجال الكهربائي بين شحنتين موجبة وسالبة، المطلوب منك عزيزي الطالب متابعة الخطوات فقط.	
2	تحتاج هذه التجربة إلى زيت عالي العازلية من نوع (castor oil) وقطبين وصحن وحبوب السميد يمكنها الاستقطاب باتجاه معين، ومجهز قدرة بالفولتية العالية جداً (3000) فولت يثبت القطبين، ويصب الزيت وتوصل الفولتية العالية 3000 فولت إلى القطبين.	
3	نشر حبوب السميد لتظهر خطوط المجال الكهربائي بين الشحنتين تنتقل من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة.	 

4	لاحظ في هذا الشكل اتجاه البوصلات الأربعة إلى الشمال.	
5	ضع مغناطيس بين البوصلات الأربعة. ثم لاحظ تغير اتجاه البوصلات، حيث يشير القطب الشمالي للأبرة للقطب الجنوبي للمغناطيس والقطب الجنوبي للأبرة إلى القطب الشمالي للمغناطيس.	
6	حرك بوصلة حول المغناطيس ولاحظ كيف يتغير اتجاه المجال المغناطيسي فهو يخرج من القطب الشمالي متجهاً نحو القطب الجنوبي.	

1- 4 الموجات الكهرومغناطيسية (Electromagnetic waves)

وهي ظاهرة تأخذ شكلاً من أشكال الانتشار الذاتي للموجات في وسط معين، كأن يكون (فراغ أو مادة). تتكون تلك الموجات من مجالين، احدهما كهربائي والآخر مغناطيسي، يتذبذب هذان المجالان بشكل عمودي على بعضهما البعض ويتعامدان على اتجاه القوة.

يعد الضوء أحد أنواع الموجات الكهرومغناطيسية ويلعب الضوء دوراً أساسا في حياتنا اليومية وحياة جميع الأحياء، وان النور الأبيض مثل نور الشمس يتكون من مزيج من الألوان هي البنفسجي والأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالي والأحمر. ولكل منها طول موجي وتردد يتميز به عن غيره ويعطيه اللون الخاص به. ومن الجدير بالذكر أن استشعار العين للألوان المختلفة متباين، مثلاً أكثر تحسساً للونين الأصفر والأخضر منها للونين البنفسجي والأحمر كما هو موضح في مخطط نسب استشعار العين للضوء في الشكل (1-15). فالإحداثي السيني يمثل الطول الموجي ويقاس بوحدة النانو متر، والاحداثي الصادي يمثل استشعار العين للضوء.



الشكل 1-15 الاستشعار النسبي لعين الإنسان للألوان المختلفة

والضوء يعد قطرة في محيط بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية غير المتناهية التي سميت بهذا الاسم نظراً لأنها تتكون من مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين على بعضها البعض وعلى)إتجاه انتشار الموجة. لذا فالموجات الكهرومغناطيسية هي من الموجات المستعرضة، وهي تتحرك بسرعة عالية جداً. ففي الفراغ تبلغ سرعتها ثلاثمائة ألف كيلومتر بالثانية. ($3*10^8$)متر / ثانية

1-5 أنواع الموجات الكهرومغناطيسية

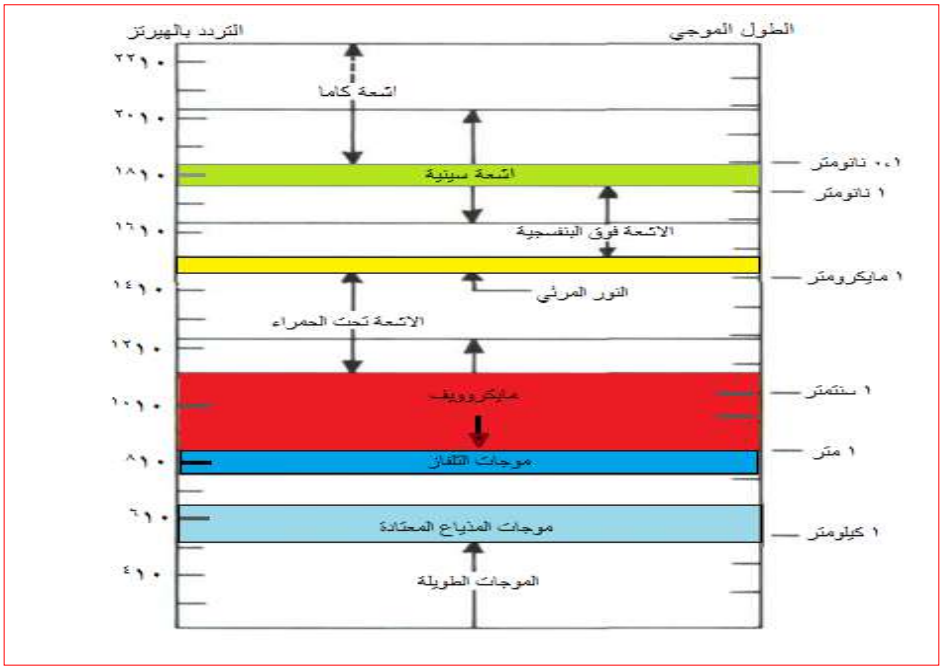
فيما يأتي بعض أنواع الموجات الكهرومغناطيسية:

1. موجة الطيف المرئي (Visible Light).
2. الموجات الدقيقة (Microwaves).
3. الموجات تحت الحمراء (Infrared Waves).
4. الأشعة الكونية (Cosmic Rays).
5. الأشعة السينية (X-Rays).
6. الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet rays).
7. أشعة كاما (G-Rays).
8. الموجات الراديوية (Radio Wave).

إن كل هذه الأنواع وغيرها من الموجات الكهرومغناطيسية عندما تكون مجتمعة تشكل ما يسمى (الطيف الكهرومغناطيسي) يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من مدى واسع من الأطوال الموجية، وكل شكل من أشكال الطاقة الإشعاعية، فالطيف الكهرومغناطيسي يتميز بمدى معين من الأطوال الموجية الخاصة به وبالقرب من منتصف الطيف الكهرومغناطيسي (الطاقة الإشعاعية) يوجد مدى من الأطوال الموجية يسمى (الطيف المرئي)، وهو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي نستطيع رؤيته، أما بقية الطيف الكهرومغناطيسي فإننا لا نستطيع رؤيته ولكننا نستطيع الكشف عنه بوسائل أخرى.

1- 6 الطول الموجي Wave Length

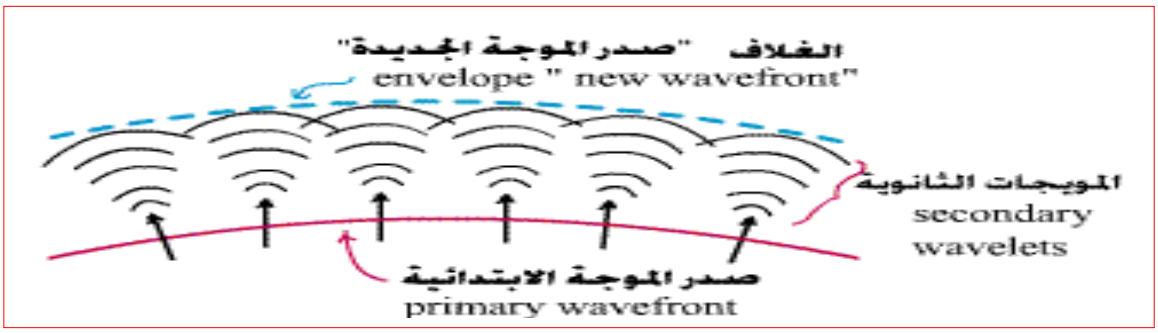
أنواع مختلفة من الموجات الكهرومغناطيسية لها اطوال موجية مختلفة فمن خلال الشكل (1-16) يتبين أن الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء، وموجات الميكروويف والراديو، أكبر من الأطوال الموجية للطيف المرئي. وكذلك فإن الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة كاما والأشعة الكونية لها أطوال موجية أقصر من الأطوال الموجية للطيف المرئي، إن أطول الموجات هي موجات الراديو التي يمتد طولها إلى نحو 100 ألف كيلو متر . وأقصرها هي الأشعة الكونية فهي لا تتجاوز $1*10^{-16}$ من المتر الطولي. ويتراوح الطول الموجي للضوء المرئي ما بين 400 نانومتر إلى 700 نانومتر.



الشكل 1-16 الطول الموجي لأنواع الموجات الكهرومغناطيسية

1-7 جبهة الموجة (Wave front)

تعرف جبهة الموجة أو واجهة الموجة (Wave front) على إنها هي السطح الذي يمر بكل النقاط التي يصلها الاهتزاز في لحظة واحدة. فعندما نضع رأس قلم بحيث يلامس سطح الماء فإننا نلاحظ نبضات دائرية الشكل تنتشر إلى الخارج ومركزها نقطة التلامس، فكل دائرة من هذه الدوائر المنتشرة تعد جبهة للموجة. وحسب مبدأ هايجنز (Huygens' Principle) فان كل نقطة على جبهة الموجة يمكن عدها مصدراً لموجات ثانوية (Secondary Wavelets) تنتشر في جميع الاتجاهات بسرعة مساوية لسرعة انتشار الموجة والمماس لهذه الموجات يكون غلافاً (Envelope) يعد واجهاً للموجة الجديدة (جبهة للموجة الجديدة)، كما في الشكل (1-17).



الشكل 1-17 الموجتان الابتدائية والثانوية

رقم التمرين: 3 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- إثبات الموجات الكهرومغناطيسية.

مكان التنفيذ:- مختبر الاتصالات

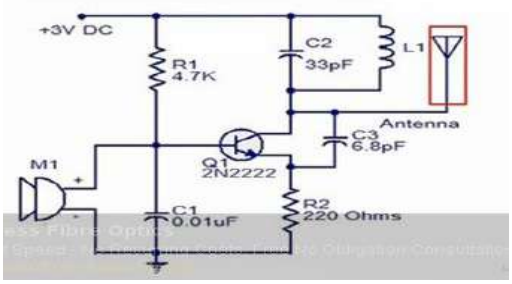
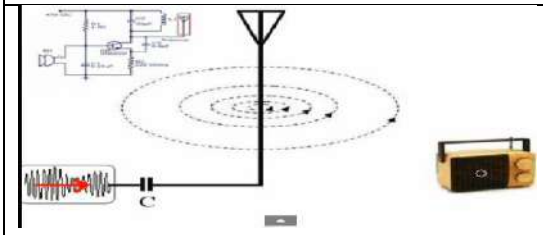
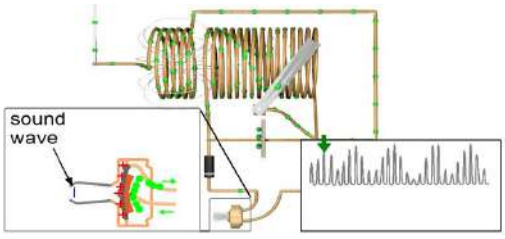
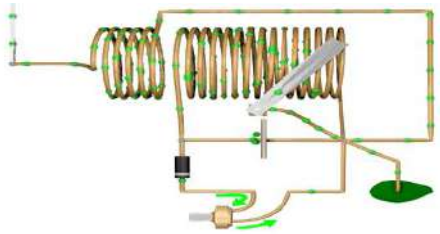
أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على كيفية اثبات الموجات الكهرومغناطيسية.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- لوحة تدريبية خاصة بالموجات الكهرومغناطيسية.

2- جهاز قياس شدة الإشارة. 3- جهاز راسم الإشارة.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.		
1	بعد تشغيل مرسلة من اللوحة التدريبية قرب جهاز قياس شدة الإشارة من المرسلة وسجل قيمة الإشارة.	

2	في اللوحة التدريبية حدد دائرة المرسلة.	
3	أحسب شدة الإشارة.	
4	ضع مجسي راسم الإشارة على طرفي دائرة الرنين لجهاز راديو وارسم شكل الإشارة المستلمة.	
5	حرك الملف (الفارايت) ولاحظ التغير في شكل الإشارة المستلمة. سجل فولتية الإشارة.	
6	إرسم شكل الإشارة على طرفي السماعة باستخدام جهاز راسم الإشارة. قارن بين الاشارتين.	

1-7-1 خواص الموجات الكهرومغناطيسية

إن الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص معينة نذكر منها الآتي:

1. الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة تساوي $3*10^8$ m/s.
2. لا تتأثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية.

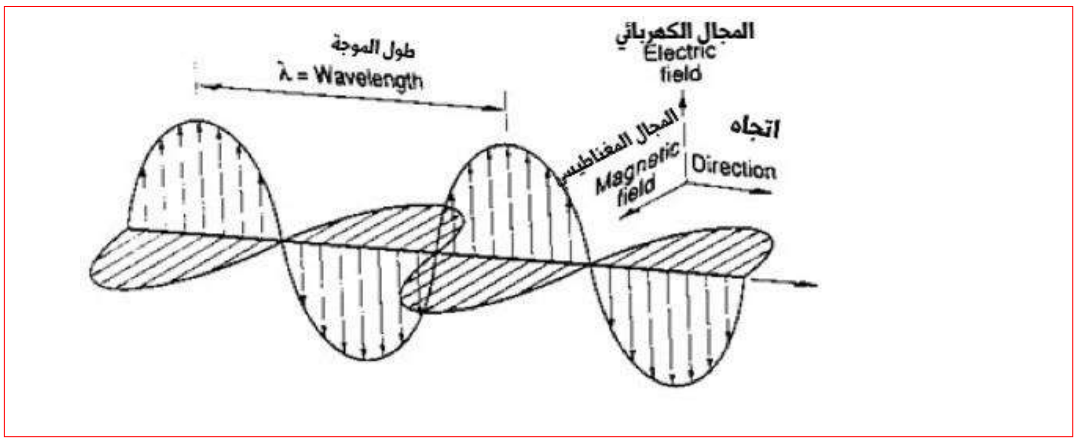
3. تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في خطوط مستقيمة وتخضع للخصائص الموجية من حيث الحيود والتداخل.

4. هي موجات مستعرضة قابلة للاستقطاب.

ومن أنواع الإشارات الكهرومغناطيسية هي الإشارات الراديوية، الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة تحت الحمراء، الطيف المرئي، والأشعة السينية، كل هذه الأشعة هي من نوع أشعة اكس (X) أو أشعة كامـــا (ɣ)، كل نوع من هذه الأشعة يحتل جزءاً معيناً من مصطلح يسمـــى بالطيـــف الكهرومغناطيســـي (Electromagnetic Spectrum).

8-1 انتشار الموجات الكهرومغناطيسية

تتكون الموجة الكهرومغناطيسية من مجالين كهربائي و مغناطيسي، هذان المجالان متعامدان مع بعضهما البعض في الفضاء ويتغيران بشكل دوري مع الزمن بحيث تنتشر الموجة باتجاه يتعامد مع اتجاهي المجالين الكهربائي والمغناطيسي حسب قاعدة معينة كما في الشكل (1-18). وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الأوساط المختلفة بسرعة ثابتة تتحدد من قيم السماحية الكهربائية (Permittivity) والنفاذية المغناطيسية (Permeability) للوسط المعني حيث تساوي معكوس الجذر التربيعي لحاصل ضرب السماحية في النفاذية. وتبلغ سرعة الانتشار في الفضاء الحر ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية تقريبا وهي نفس سرعة الضوء في الفراغ الذي ما هو إلا أحد أشكال الموجات الكهرومغناطيسية كما اكتشف ذلك ماكسويل.



الشكل 1-18 انتشار الموجات المغناطيسية

إن سرعة انتشار الموجات في أي وسط لا يمكن أن تزيد عن سرعتها في الفراغ لأن قيم السماحية والنفاذية لهذه الأوساط أعلى من قيمهما في الفراغ. وعندما تنتشر موجة كهرومغناطيسية في وسط ما فإن المسافة بين قمتين من قممها مقاسة بالأمتار يسمى طول الموجة (wavelength) التي تساوي حاصل تقسيم سرعة انتشار الموجة في الوسط على ترددها (frequency).

يمثل حلول الموجة الكهرومغناطيسية = W

سرعة الموجة الكهرومغناطيسية في الوسط = V

تردد الموجة الكهرومغناطيسية = f

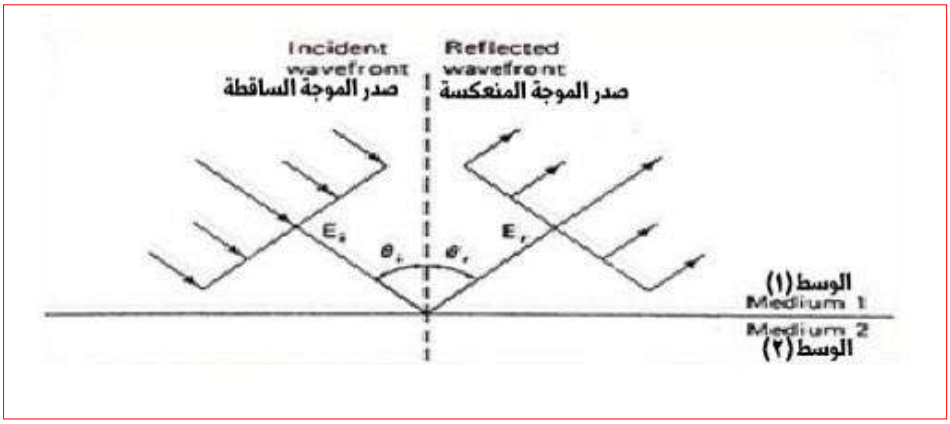
$$w = \frac{v}{f} \quad \ldots\ldots\ldots (1\text{-}5)$$

إن نسبة شدة المجال الكهربائي إلى شدة المجال المغناطيسي في الموجة الكهرومغناطيسية يسمى المقاومة المتأصلة (intrinsic impedance) التي تساوي الجذر التربيعي لحاصل قسمة النفاذية على السماحية للوسط الذي تنتشر فيه هذه الموجة.

$$\gamma = \sqrt{\frac{\text{النفاذية}}{\text{السماحية}}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1-6)$$

ويعرف استقطاب الموجة (Wave Polarization) بأنه الاتجاه الذي يشير إليه مجالها الكهربائي في الفضاء وعند اتخاذ سطح الأرض كمرجع، فإن الموجة تكون عمودية الاستقطاب (Vertical Polarization) إذا كان إتجاه مجالها الكهربائي عموديا على سطح الأرض وأفقية الاستقطاب (Horizontal Polarization) إذا كان اتجاه مجالها الكهربائي موازيا لسطح الأرض.

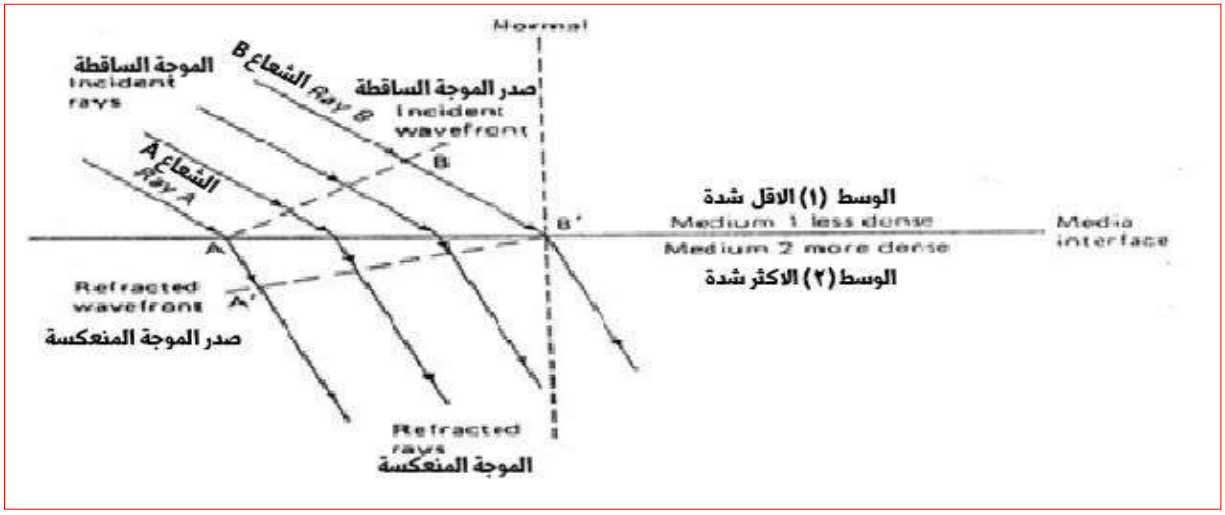
وتسير الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ أو في أي وسط متجانس على شكل خطوط مستقيمة ولكنها قد تتعرض لظواهر عدة عند انتقالها من وسط إلى وسط وهي ظواهر الانعكاس (Reflection)، والانكسار (Refraction)، والانحراف (Diffraction)، والتشتت (Scattering). كما في الشكل (1-19).



شكل 1-19 ظاهرة انعكاس الموجة الكهرومغناطيسية

فعند إنتقال موجة كهرومغناطيسية من وسط إلى وسط بينهما حد منتظم غير متعرج، فإن جزءاً من هذه الموجة سينعكس راجعا في الوسط الذي جاء منه بحيث تساوي زاوية الانعكاس زاوية السقوط بينما ينفذ الجزء المتبقي من الموجة الساقطة إلى الوسط الثاني ويسير فيه بشكل منكسر حيث تتحدد زاوية الانكسار من زاوية السقوط وكذلك معامل الانكسار (Refractive Index) لكلا الوسطين حسب قانون سنل (Snell's Law). إذا

سقطت موجة على وسط ذي سطح متعرج فإن الانعكاس لن يكون في اتجاه واحد بل في اتجاهات متعددة وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة (التشتت). وعندما تسقط موجة على جسم له أبعاد تقل عن طول الموجة فإن هذه الموجة لن تتأثر كثيرا بوجود هذه الجسم بل ستحيد عنه وتكمل مسارها وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة (الأنحراف). وجدير بالذكر أن جميع المعادن لا تسمح بالموجات الكهرومغناطيسية بالنفاذ من خلالها بل تعكسها كليا إلى الوسط الذي جاءت منه وعليه فإنه لا يمكن استقبال أو إرسال هذه الموجات من داخل مباني جدرانها وأسقفها من المعادن. وبما أن معظم أنظمة الاتصالات الكهربائية تعمل على سطح الأرض الكروية الشكل وكذلك ضمن الغلاف الجوي المحيط بها الذي تتغير خصائصه بشكل مستمر مع تغير الليل والنهار وتغير الفصول فإنها تتعرض في الغالب إلى عدد من الظواهر بعضها ذو فائدة كبيرة لبعض أنظمة الاتصالات وبعضها الآخر يقلل من حسن أدائها. من هذه الظواهر انعكاس الأمواج عند اصطدامها بالأرض وبعض طبقات الغلاف الجوي مما يؤدي إلى تغيير اتجاه انتشارها، ومنها انكسار الأمواج عند انتقالها من طبقة إلى طبقة أخرى في الغلاف الجوي، وهناك ظاهرة الانحراف حيث تقوم بعض الأمواج بتخطي بعض العوائق الطبيعية وتكمل مسارها، وهناك الفقد الناتج عن امتصاص مكونات الغلاف الجوي لبعض طاقة الأمواج، وهناك التبعثر الناتج عن ارتداد جزء من الموجة عند اصطدامها بمنطقة غير متجانسة في الغلاف الجوي. ويمكن تقسيم الموجات من حيث طريقة انتشارها فوق سطح الأرض وضمن الغلاف الجوي إلى ثلاثة أنواع وهي الموجات السطحية أو الأرضية والسماوية والفضائية كما في الشكل (1-20).

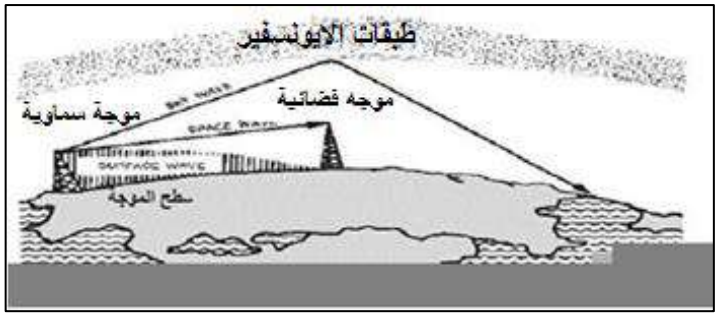


الشكل 1-20 إنكسار الموجة الكهرومغناطيسية

1-9 الموجات السطحية أو الأرضية (Surface or Ground Waves)

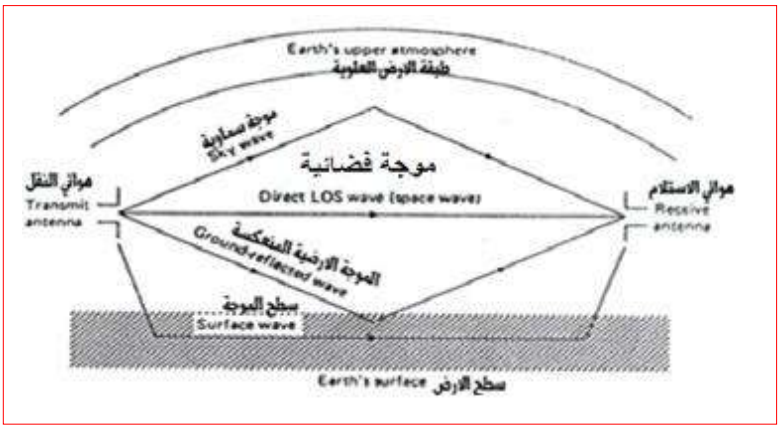
تعرف الموجات السطحية أو الأرضية بأنها تلك التي تسير ملاصقة لسطح الأرض وينحني مسار إنتشارها مع انحناء سطح الأرض، ويعود السبب في ذلك إلى ظاهرة انحراف الموجات الكهرومغناطيسية حول سطح الأرض الكروي الشكل. وقد وجد العلماء إنه كلما قل تردد الموجة الراديوية كلما ازداد انحرافها وتسير بذلك مسافات طويلة ملاصقة لسطح الأرض . وعلى العكس من ذلك فكلما ازداد ترددها كلما قل انحرافها حيث تختفي

ظاهرة الانحراف حول الأرض تدريجيا عند التـــرددات العاليـــة (ما يزيد عن 3 ميغاهيرتز)، أي أن ظاهرة الانحراف تظهر بشكل واضح في الترددات المتوسطة والمنخفضة وما دونها. ولقد تمت الاستفادة من هذه الظاهرة لبناء أنظمة اتصالات بعيدة المدى كأنظمة البث الإذاعي التي تعمل عند الترددات المتوسطة التي قد تصل تغطيتها لعدة آلاف من الكيلومترات وكذلك في أنظمة الاتصالات البحرية التي تعمل عند الترددات المنخفضة وتصل تغطيتها لعشرات آلاف من الكيلومترات كما في الشكل (1-21).



الشكل 1-21 الموجات السطحية أو الأرضية

تكمن مساوئها في حاجتها لقدرات بث عالية نظرا للفقد الذي تتعرض له الموجة من قبل امتصاص بعض طاقتها من قبل سطح الأرض وعادة ما يستخدم الاستقطاب العمودي في هذه الموجات للتقليل من أثر الفقد وذلك لكون اتجاه المجال الكهربائي عموديا على سطح الأرض كما في الشكل (1-22).



الشكل 1-22 الطرق التقليدية لانتشار الموجات

1-9-1 دور الأرض في انتشار الموجات الكهرومغناطيسية

ان الهوائي يشع في جميع الاتجاهات، ومن ذلك يتجه جزء من هذا الإشعاع نحو الأرض، في هذه الحالة تقوم الأرض مقام عاكس كبير للأمواج الراديوية، فتعكس هذه الأمواج كما ينعكس الضوء عندما يصطدم بمرآة ونتيجة لهذا الانعكاس تندمج الموجات المنعكسة مع الموجات الخارجة من الهوائي مباشرة، فيتغير بذلك منحنى إشعاع الهوائي ويعتمد ذلك على عدة عوامل منها:

1- إرتفاع الهوائي عن سطح الأرض.

2- وضع الهوائي رأسي أم أفقي.

ولكن هذا المنحنى يتغير لان الأرض ليست مثل المرآة المصقولة ولكنها سطح عاكس ضبابي أي غير واضح لذلك نستنتج مما سبق إن معظم القدرة التي تشع من الهوائي تذهب للأعلى باتجاه السماء.

توجد في الغلاف الجوي طبقة عاكسة تسمى طبقة الأيونوسفير، كما في الشكل (1-23)، تعكس هذا الإشعاع مرة أخرى للأرض على مسافة حسب زاوية الإرسال وذلك يسمى (بالقفزات الموجية)، يمكن أن تصل هذه الموجات الى مسافات شاسعة بهذه الطريقة ولكن لسوء الحظ هذه الطبقة من الغلاف الجوي تعمل كعاكس بشكل جيد للترددات تحت تردد (30 MHz)، أما بالنسبة للترددات الواقعة فوق هذا التردد فلا يعمل العاكس بشكل منتظم ولكن يعمل بشكل متقطع وذلك هو السبب في اختلاف مسافة التغطية بالبث الإذاعي بين الترددات الأدنى من (30 MHz)، والتي يمكن أن تغطي الكرة الأرضية عن طريق بعض قفزات موجية بانعكاسها عن طريق هذه الطبقة الجوية والمسافة التي تقطعها التـــرددات الأعلـــى من (30 MHz)، والتي تعمل في أوقات معينة من السنة وتعتمد على أشعة الشمس لذلك فهي تعمل عمل العاكس مع الترددات العالية في الصيف، ويمكن أن تصل إشارتها إلى ألاف الأميال، يمكن أن تصل الإشارة إلى المحطة المستقبلة بقفزة موجية واحدة أو بعدة قفزات موجية حسب بعدها عن محطة الإرسال.

الشكل 1-23 الطبقة العاكسة (الايونوسفير)

10-1 الموجات المنعكسة من طبقات الجو العليا (الموجات السماوية Sky Waves)

يستفيد هذا النـــــوع من الموجـــــات من وجـــــود مناطـــق عاليـــة التأيـــــــن (التأين هو فقدان الذرة لبعض من الكتروناتها) في طبقات الجو العليا يطلق عليها اسم طبقات الأيونسفير (Ionosphere Layers) الموضحة في الشكل (1-24) التي تمتد في الجو من خمسين كيلومتراً إلى ما يزيد عن أربعمائة كيلومتر فوق سطح الأرض. ويعود السبب في ظهور هذه الطبقات لتأين ذرات الهواء المختلفة من الإشعاعات القادمة من الشمس وخاصة الأشعة فوق البنفسجية، ولذلك فإن هذه الطبقات تكون عالية التأين عند منتصف النهار وقليلة التأين أثناء الليل حيث تختفي الطبقات القريبة من الأرض تماما. وتعمل هذه الطبقات على رد بعض أنواع الأمواج الراديوية الموجهة إليها من محطات البث الأرضية ثانية إلى الأرض حيث تتحدد قوة الموجة المنعكسة

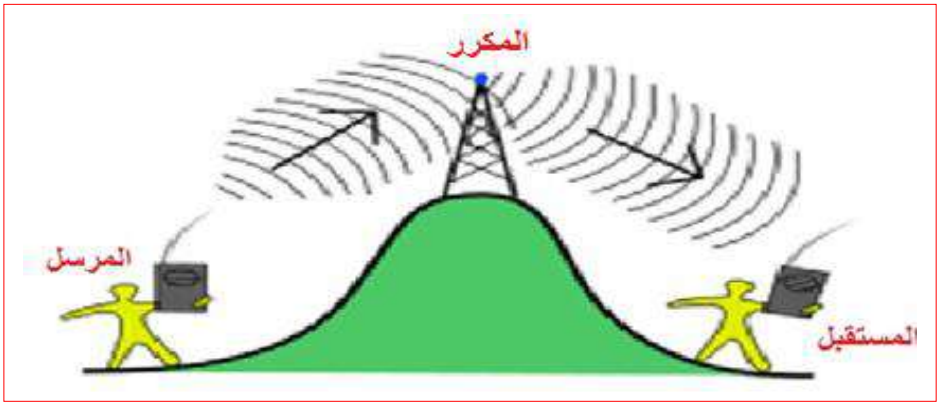
على زاوية السقوط وارتفاع الطبقة التي عملت على ردها وكذلك درجة تأينها. ولحسن الحظ أن طبقة الأيونسفير لا تعكس إلا الترددات الواقعة من ضمن الترددات العالية وما دونها (أقل من 30 ميغاهيرتز) وإلا لما كان بإمكاننا استخدام الأقمار الصناعية في أنظمة الاتصالات الحديثة. ولقد تمت الاستفادة من طبقة الأيونسفير في بناء أنظمة اتصالات بعيدة المدى حيث يتم توجيه هوائيات الإرسال باتجاه طبقة الأيونسفير بزاوية محددة فتنعكس الأمواج عنها باتجاه منطقة أخرى على سطح الكرة الأرضية وتصل تغطية مثل هذه الأنظمة لعدة آلاف من الكيلومترات. وتعمل أنظمة البث الإذاعي ذات الترددات العالية (الموجات القصيرة) بناءاً على هذا المبدأ ولكن من عيوبها أنها لا تعمل إلا في أوقات زمنية محددة وذلك بسبب تغير خصائص طبقة الأيونسفير مع تغير موقع الشمس التي هي المسبب الرئيسي في عملية تأين هذه الطبقات. يمكن تعريف طبقة الأيونسفير: بانها إحدى طبقات الغلاف الجوي وتمتد من (70 كم إلى 775 كم) إلى حوالي 1000كم عن سطح البحر أي بسمك 685 إلى 910 كم وسميت بالطبقة المتأينَة لاحتوائها على كميات من الأوكسجين والنتروجين المتآين،والسبب الرئيسي لتأينها هو امتصاص هذه الطبقة للأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية القادمة والموجودة في أشعة الشمس حيث تعمل هذه الأشعة على نزع الكترونات هذه الذرات وتركها في حالة تأين.

الشكل 1-24 الموجات السماوية

11-1 الموجات المنتشرة بشكل مستقيم خلال الفضاء (الموجات الفضائية Space Waves):

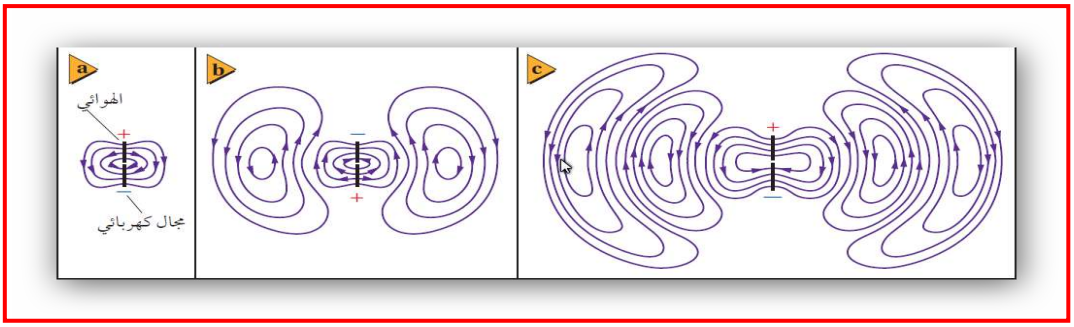
الموجات الفضائية هي تلك الموجات التي تسير في خطوط مستقيمة لا تستطيع الأرض أن تحيد تلك الموجات عن مسارها المستقيم ولا تتمكن طبقة الأيونسفير من اعتراض طريقها بل تنفذ من خلالها دون فقد يذكر. تشمل هذه الموجات جميع الترددات التي تزيد عن 30 ميغاهيرتز أي نطاق الترددات العالية جدا وما فوقها. ونظرا لأن هذه الموجات تسير في خطوط مستقيمة فلا بد من توفر ما يسمى بخط النظر بين هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال (Line Of Sight) لإتمام عملية الاتصال بينهما. ونعني بخط النظر بين الهوائيين أنه لو تم مد خط مستقيم بينهما فيجب أن لا ينقطع هذا الخط بأي عائق مادي يحول دون وصول الأمواج من هوائي الإرسال إلى هوائي الاستقبال. وبسبب أن الأرض كروية الشكل فيجب أن لا تزيد المسافة بين الهوائيين عن مسافة محددة وإلا انقطع خط النظر بينهما نتيجة لتباعد الأرض بينهما. وتتحدد مسافة الإرسال القصوى بين الهوائيين من ارتفاع كل منهما عن سطح البحر والذي يساوي ارتفاع موقع الهوائي عن سطح البحر مضافا إليه طول الهوائي وكذلك من ارتفاعات الجبال الواقعة بينهما. ولقد وجد عمليا أن المسافة القصوى بين الهوائيات لا تتجاوز فـــــي

الغالب إلى 100 كيلومتر وذلك نتيجة للصعوبات الفنية والاقتصادية في بناء أبراج عالية للهوائيات. إن هذا التحديد في المسافة القصوى بين الهوائيات ليس عائقا دون بناء أنظمة اتصالات بعيدة المدى بين المدن وبين الدول طالما أنه لا يوجد عوائق طبيعية كالبحار والمحيطات تفصل بينها وذلك باستخدام ما يسمى بالأنظمة متعددة القفزات (Multi - hop systems). يتكون نظام الاتصالات متعدد القفزات من مرسل رئيسي موجود عند مصدر المعلومات ومستقبل رئيسي موجود عند مورد المعلومات ومن عدة محطات تقوية تسمى المكررات (Repeaters) حيث يستقبل المكرر الإشارة الضعيفة من هوائي الاستقبال ويقوم بتكبيرها ثم يبثها بهوائي الإرسال بإتجاه المكرر الذي يليه وهكذا حتى تصل الإشارة للمستقبل الرئيسي.



الشكل 1-25 الأنظمة متعددة القفزات

أما بخصوص الدول التي تفصل بينها عوائق طبيعية كالمحيطات مثلا فلم يكن بالإمكان استخدام الأمواج الفضائية في أنظمة الاتصالات إلى أن تم استخدام الأقمار الصناعية كمكررات معلقة في السماء في عام 1975م. وتستخدم هذه الموجات الفضائية في أنظمة البث التلفزيونية وفي البث الراديوي بتعديل التردد وفي أنظمة الهواتف الخلوية وفي معظم وصلات أنظمة الاتصالات كما في أنظمة اتصالات الأمواج الدقيقة وأنظمة الأقمار الصناعية والرادارات وأنظمة الاتصالات الفضائية. يعود سبب انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء إلى مسافات هائلة دون أن تضعف، إلى أنها تتكون من مجالين متعامدين (كهربائي ومغناطيسي) يولد كل منهما الآخر فالمجال الكهربائي المتغير الناشئ من مصدر التيار المتردد في هوائي الإرسال يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً والذي بدوره يولد مجالاً كهربائياً متغيراً وتستمر هذه العملية فتنتشر الموجة مبتعدة عن هوائي الإرسال.



الشكل 1-26 إنتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء

رقم التمرين:- 4 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- انتشار الموجات بشكل مستقيم خلال الفضاء

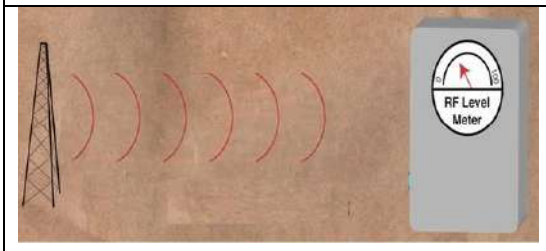
مكان التنفيذ:- مختبر الاتصالات

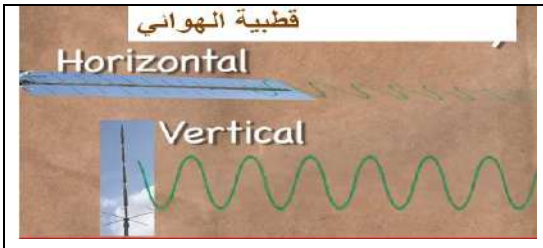
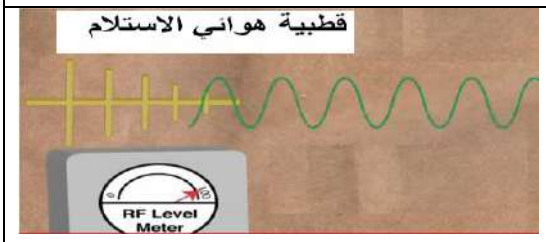
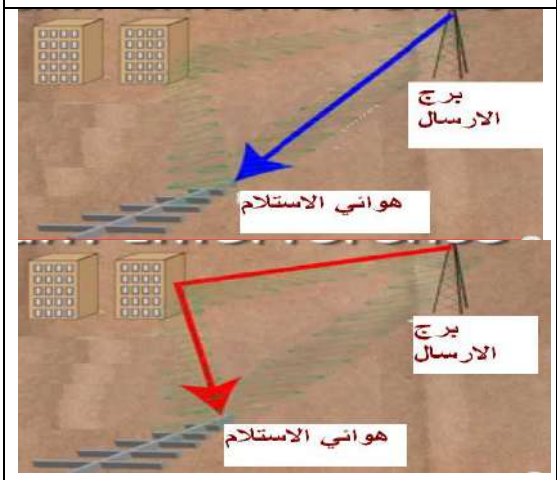
أولاً: الأهداف التعليميـــة

أن يكون الطالب قادراً على اثبات أنتشار الموجات بشكل مستقيم في الفضاء

ثانياً: التسهيلات التعليمية

1-لوحة تدريبية خاصة بالمرسلة. 2-هوائي

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	شغل اللوحة التدريبية الخاصة بالمرسلة. وقياس شدة الإشارة.	
2	ابعد هوائي المرسلة عن جهاز القياس ثم لاحظ سجل قيمة الإشارة وقارن بين الحالة الأولـــى والثانية. ضع عائق بين هوائي الإرسال وجهاز القياس وسجل الظاهرة.	

3	ضع نوعين من الهوائيات توضح قطبية الهوائي الافقي والعمودي وسجل مقدار الإشارة.	
4	سجل قيمة الإشارة لهوائي الاستلام.	
5	لاحظ الفرق بين الإشارة المستلمة المباشرة وغير المباشرة.	

1- 12 الموجات المنتشرة عبر الأقمار الصناعية

قبل أن نبدأ بالتعرف على أنواع الموجات المستخدمة في الأقمار الصناعية لابد من التعرف على القمر الصناعي واستخداماته وطريقة عمله ؛ القمر الصناعي هو جسم يدور حول جسم آخر أكبر فعلى سبيل المثال كوكب للأرض ولكن عندما نتحدث عن الأقمار الصناعية فإننا نعني عادةً التوابع الصناعية التي صنعها الإنسان والتي قام بإطلاقها إلى الفضاء لتدور حول الأرض. يرتفع كل قمر صناعي في الفضاء الهادئ المظلم مئات الكيلومترات فوقنا، إلا أن القمر الصناعي ليس خامدًا فهو يستقبل في كل ثانية آلاف الإشارات اللاسلكية من الأرض كما يعيد إلى الأرض آلاف الإشارات اللاسلكية في كل ثانية. وتوجد أنواع متعددة من الأقمار الصناعية منها أقمار التجسس التي تصور قواعد القوات العسكرية وحركة الغرف والقواعد الصاروخية في كل ركن على الكرة الأرضية.كما توجد أقمار المسح التي ترسم خريطة لليابسة وتدرس استخداماتها في الزراعة واستكشاف الموارد الطبيعية، وفي التخطيط العمراني، وتساعد أقمار الملاحة المستكشفين البحارة والطيارين والرحالة على إيجاد طرقهم .

1-12-1 استخدامات الأقمار الصناعية

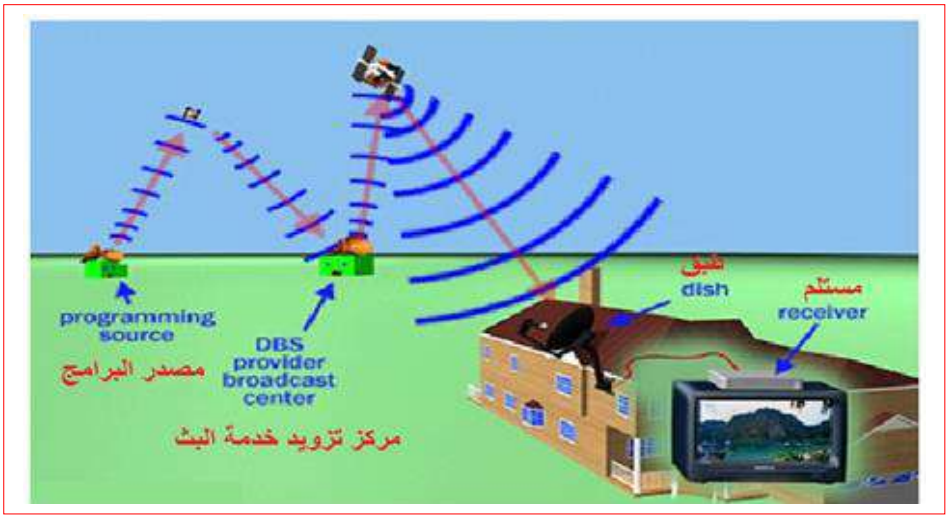
يُعد قمر الاتصالات، المعروف اختصارًا باسم (كومسات Comsat)، قمرًا صناعيًا يسبح بالفضاء لأغراض الاتصالات كما في الشكل (1-27). وتقدم أقمار الاتصالات للخدمات الثابتة تكنولوجيا مكملة لتكنولوجيا كيبلات الاتصالات البحرية عن طريق الألياف الضوئية. ويتم استخدام هذه الأقمار الصناعية أيضًا في التطبيقات المتحركة مثل الاتصالات بالسفن والطائرات، التي يكون استخدام التقنيات الأخرى معها غير تقنية الكابل غير عملي بل مستحيل. يتمثل أول وأهم استخدامات أقمار الاتصالات في الاتصالات الهاتفية الدولية. وتقوم الهواتف الثابتة بنقل المكالمات إلى محطة أرضية حيث يتم بثها إلى قمر مداري ثابت (Geostationary Satellite)، ويتم بعد ذلك تتبع مسار مناظر لبث الإشارات من الفضاء إلى الأرض. وعلى النقيض من ذلك، ينبغي أن يتم توصيل الهواتف المحمولة (من وإلى السفن والطائرات) بصورة مباشرة إلى الأجهزة من أجل بث الإشارة إلى القمر الصناعي. فضلاً عن ذلك، ينبغي أن تكون قادرة على ضمان جودة إشارات الأقمار الصناعية في ظل وجود مصادر التشويش، مثل الموجات الصادرة من أي سفينة. ان الهواتف المحمولة أو الخلوية التي يتم استخدامها في المناطق الحضرية لا تستفيد من تكنولوجيا الاتصالات عبر الأقمار الصناعية، بل ترسل إشاراتها إلى مجموعة أرضية من محطات الاستقبال وإعادة البث. ويتم استخدام تكنولوجيا الإتصالات عبر الأقمار الصناعية خلال السنوات الأخيرة كوسيلة للاتصال بشبكة الأنترنت عن طريق الأتصالات واسعة النطاق (Broadband Links)، ويمكن أن يكون ذلك مفيدًا للغاية للمستخدمين المقيمين في المناطق النائية الذين لا يستطيعون الاتصال بشبكة الانترنت عن طريق خطوط الهاتف الأرضية واسعة النطاق.

الشكل 1-27 قمر صناعي خاص بالاتصالات

2-12-1 أهمية الأقمار الصناعية

تؤثر أقمار الاتصالات تأثيرًا كبيرًا على حياتنا اليومية. وعلى سبيل المثال، تربط تلك الأقمار الصناعية بين المناطق النائية من كوكب الأرض عن طريق الهاتف والتلفزيون وتيسير الأنشطة المالية الدولية الحديثة، بل وتسمح بنسخ طباعة الصحف ثم إرسالها إلى المطابع في مختلف أنحاء الدولة.تُعد الإشارات الإذاعية التي يتم بثها من وإلى الأقمار الصناعية على شكل الموجات الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Radiation)، تعرف باسم الموجات الدقيقة أو موجات الميكروويـــف (Microwaves)، وعلى غرار الموجات التي تنشأ من إلقاء

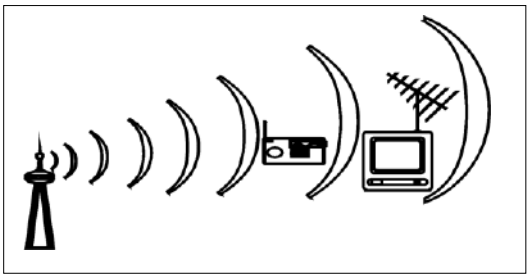
حجر في الماء، تصدر الأقمار الصناعية موجات من الطاقة. ومن خلال إشارات الأقمار الصناعية، يمكن أن يتم التحكم في موجات الطاقة من أجل حمل تفاصيل المعلومات. ومن خلال الموجات الدقيقة المستخدمة في الإتصالات عبر الأقمار الصناعية يكون التردد، أو معدل الموجات في الثانية، مرتفعًا للغاية. ويسمح ذلك للإشارة بالانتقال لمسافات طويلة، بل ويسمح بالاتصال بمركبات الفضاء التي تستكشف المجموعة الشمسية. تُعد الإشارة الإذاعية القريبة من مدى تردد الموجات الدقيقة أو الموجات الميكروويف ملائمة بصورة أفضل لحمل أحجام كبيرة من حركة الاتصالات، نظرًا لأنها لا تنحرف بفعل الغلاف الجوي للكرة الأرضية على غرار الترددات الأقل. وتنتقل الإشارات الإذاعية في الأساس في خط مستقيم، يعرف باسم خط الاتصال البصري (Line of Sight)، وإذا حاول شخص ما في نيويورك أن يطلق إشارة موجة دقيقة إلى بغداد مباشرة، فلن تصل إلى هناك مطلقًا، بل تختفي في الفضاء أو تتبدد في المحيط ونظراً لأن الأرض كروية، تكون هناك حاجة إلى قمر اتصالات لعكس الإشارة الإذاعية في اتجاه الأرض ليلتقطها أي طبق استقبال على الجانب الآخر، كما في الشكل (1-28).



الشكل 1-28 استقبال الموجات الكهرومغناطيسية من الأقمار الصناعية

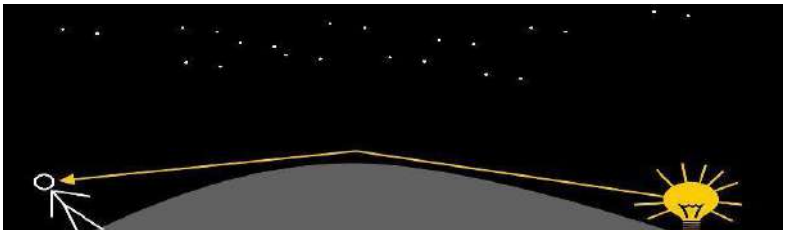
1-12-3 أنواع الموجات المنتشرة عبر الأقمار الصناعية واستخداماتها

1. **موجات الراديو (Radio Wave):** تنشأ موجات الراديو عن اهتزاز الالكترونات في الهوائي حيث تُرسَل موجات الراديو بطريقة خاصة يتم استخدامها كموجات للراديو أو للتلفاز وكيفية استخدامها لتكوين الصور أو الأصوات كما في الشكل (1-29).



الشكل 1-29 موجات الراديو

2. **الموجات الطويلة والمتوسطة (Long and Medium Wave):** هذا النوع من الموجات يتميز بأنه يستطيع أن ينحرف حول التلال بحيث تتمكن أجهزة الراديو من التقاطها حتى في منخفضات الوديان كما في الشكل (1- 30).



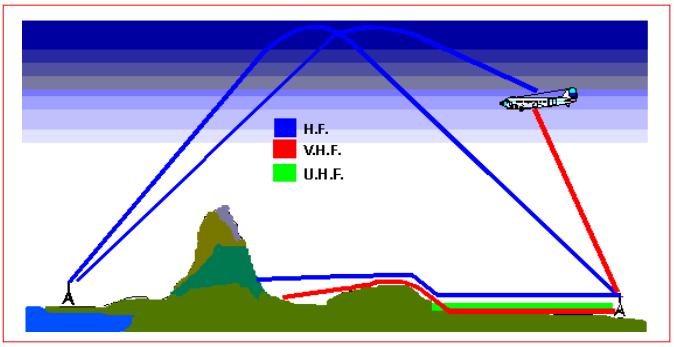
الشكل 1-30 الموجات الطويلة والمتوسطة

3. **الموجات ذات التردد العالي (Very High Frequency Waves VHF):** تستخدم في أنظمة الراديو الصوتية المجسمة ذات الجودة العالية كما في الشكل (1-31).

الشكل 1-31 الموجات ذات التردد العالي

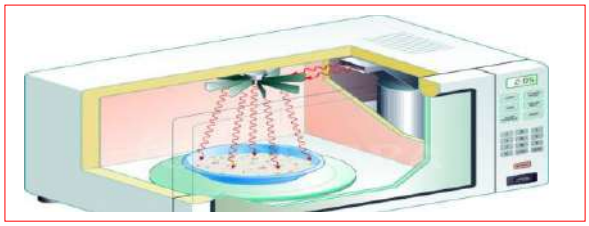
4. **الموجات ذات التردد فائق العلو (Ultra-High Frequency Waves UHF):**

تستخدم هذه الموجات في التلفاز. وهذه الموجات لا تنحرف جيداً حول التلال. لذلك فإنك لا تستطيع الحصول على استقبال جيد لها إلا إذا كان هوائي التلفاز أو المذياع على طريق مستقيم من محطة الإرسال كما في الشكل (1-32).



الشكل 1-32 الموجات ذات التردد فائق العلو

5. **الموجات الدقيقة (Microwaves):** هي موجات راديوية قصيرة الطول الموجي يتراوح طولها بين (10^{6} نانومتر إلى 3 ×10^{8} نانومتر) ويمكن توليدها بوساطة أجهزة الكترونية خاصة. ولقصر طولها الموجي فإنها تستثمر في أنظمة البث الإذاعي وفي التلفاز والرادار وملاحة الطيران وأنظمة الاتصالات مثل أجهزة الهاتف النقال. ومن التطبيقات العملية لهذه الموجات أيضاً أفران الميكروويف إذ تؤمن عمليات الطبخ المنزلي بوقت قصير كما في الشكل (1-33).



الشكل 1-33 الموجات الدقيقة

6. **موجات الاشعة تحت الحمراء (Infrared Waves):** تطلق الأجسام الحارة هذا النوع من الإشعاع. وفي الحقيقة فإن كل الأجسام تطلق الأشعة تحت الحمراء بنسب متفاوتة حيث ينتج هذا الإشعاع عن اهتزاز الجزيئات السريع. وكلما زادت حرارة الجسم فإن الموجات تحت الحمراء تصبح أقصر كما في الشكل (1-34).

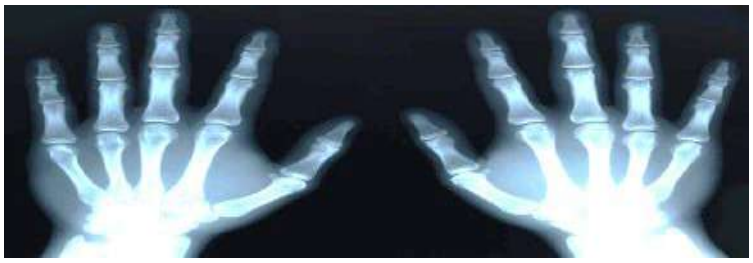
الشكل 1-34 الموجات تحت الحمراء

7. **موجات الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Waves Rays):** لا تستطيع العين الكشف عن الإشعاعات فوق البنفسجية على الرغم من توافرها بكثرة في الإشعاع الشمسي. تعتبر الاشعة فوق البنفسجية مسؤولة عن تلوين جلد الانسان باللون الذي يحمله. ان التعرض للإشعاعات فوق البنفسجية بصورة مستمرة يتسبب في حروق في جسم الانسان وضرر كبير على العينين، وبعض المواد الكيميائية

عندما تمتص الإشعاع فوق البنفسجي فإنها تطلق الضوء كما في الشكل (1-35) وهو ما يعرف بظاهرة التهيج "الفلورسنت" أو النور الإشعاعي.

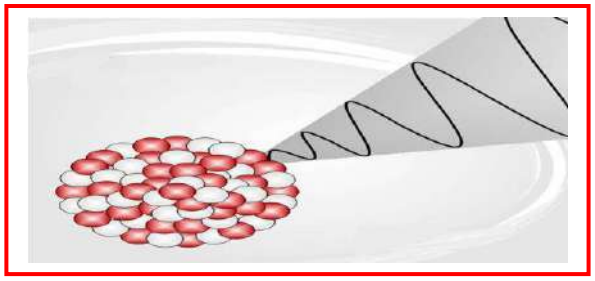
الشكل 1-35 الموجات فوق البنفسجية

8. **موجات الأشعة السينية (X - Rays Waves):** يستخدم أنبوب خاص لإنتاج هذا النوع من الموجات حيث تقذف الالكترونات السريعة جداً على سطح معدني مما ينتج عنه انطلاق أشعة قصيرة الموجة وتتميز بقدرة عالية على الاختراق. وتستطيع هذه الأشعة الانتقال عبر المواد عالية الكثافة مثل الرصاص. وكلما كان الطول الموجي للأشعة السينية كبيراً كلما قلّت قدرتها على الاختراق وعندئذ تستخدم لإختراق اللحم داخل جسم الإنسان ولكنها لا تستطيع اختراق العظم، ولذلك فإن الصورة باستخدام الأشعة السينية تظهر صورة العظام واضحة كما في الشكل (1-36)، ويعد تأثير الاشعة السينية ضاراً للإنسان حيث أنها تتسبب في تلف الخلايا الحية لجسم الإنسان.



الشكل 1-36 الموجات فوق البنفسجية

9. **موجات أشعة كاما (γ-Rays Waves):** هي اشعة كهرومغناطيسية عالية التردد ذات طاقة عالية جداً لها آثار مدمرة على الأنسجة والخلايا الحية، تستخدم في الطب لعلاج الأورام السرطانية كما في الشكل (1-37).



الشكل 1-37 استخدام أشعة كاما في المجال الطبي

رقم التمرين:- 5 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- الموجات المنتشرة عبر الأقمار الصناعية.

مكان التنفيذ:- مختبر الحاسوب

أولا: الأهداف التعليميـــة:-

أن يكون الطالب قادراً على معرفة كيفية استخدام الارسال والإستلام بإستخدام القمر الصناعي.

التسهيلات التعليمية

1- لوحة تدريبية خاصة بنظام القمر الصناعي. 2- شاشة عرض مع النظام.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.		
1	شغل اللوحة التدريبية الخاصة بالإرســـــال والاستلام باستخدام القمر الصناعي بالــتردد 2.4 GHz.	
2	بواسطة الميكرفون السعوي ارسل موجـــــة صوتية بتردد معين، ثم قم بإعادة الموجة إلى بتردد آخر Downlink المستلم.	
4	إرسل صورة معينة بواسطة الكاميرا موضحة على شاشة العرض للنظام. سجل تردد الإرسال وتردد الاستلام.	

أسئلة الفصل الاول

س1: ما هي خصائص المجال الكهربائي؟

س2: أكمل الفراغات الآتية:

1. القوة المؤثرة على شحنة كهربائية تتحرك في.....
2. تعرف شدة المجال الكهربائي E في نقطة ما بأنها..... المجال.
3. يأخذ المجال الكهربائي نفس اتجاه القوة إذا كانت الشحنة المتأثرة..... أما إذا كانت الشحنة المتأثرة..... فيكون اتجاه المجال عكس اتجاه القوة.
4. نور الشمس، يتكون من مزيج من الألوان هي.....و.....و.....و.....، و.....و..... ولكل منها..... و..... يميزه عن غيره ويعطيه اللون الخاص به.
5. الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر في..... بسرعة..... تساوي..... م/ثا.

س3: عرف مما يأتي:

المجال المغناطيسي، جبهة الموجة، الموجات الأرضية، الموجات الفضائية.

س4: ما هي خواص الموجات الكهرومغناطيسية؟

س5: وضح كيف يتم انتشار الموجات بشكل مستقيم خلال الفضاء.

س6: ما هو دور الأرض في انتشار الموجات الكهرومغناطيسية؟

س7: عدد أنواع خطوط المجال المغناطيسي مع الرسم.

س8: ما هي خصائص خطوط المجال المغناطيسي.

س9: كيف يتم انتشار الموجات الكهرومغناطيسية، بين ذلك.

س10: عدد أنواع الموجات المستخدمة عبر الأقمار الصناعية وما هي إستخداماتها.

الفصل الثاني: خطــوط النقــل

أهداف الفصل الثاني

أن يكون الطالب قادرا على:-

- ✓ معرفة خطوط النقل وأنواعها.
- ✓ معرفة الخواص الكهربائية لخط النقل.
- ✓ معرفة الممانعة في حالات مختلفة.
- ✓ معرفة أنواع الأسلاك.

محتويات الفصل

مقدمة.
أنواع خطوط النقل.
الخواص الكهربائية لخط النقل والدائرة المكافئة.
العوامل المؤثرة في الممانعة الخاصة.
ممانعة خط النقل.
الاضمحلال أو التلاشي Fading.
أنواع الأسلاك.
دليل الموجة.
القابلوات أو حزمة الاسلاك الغليظة المستخدمة في شبكات الهاتف المحمول.

الفصل الثاني

خطــوط النقــل

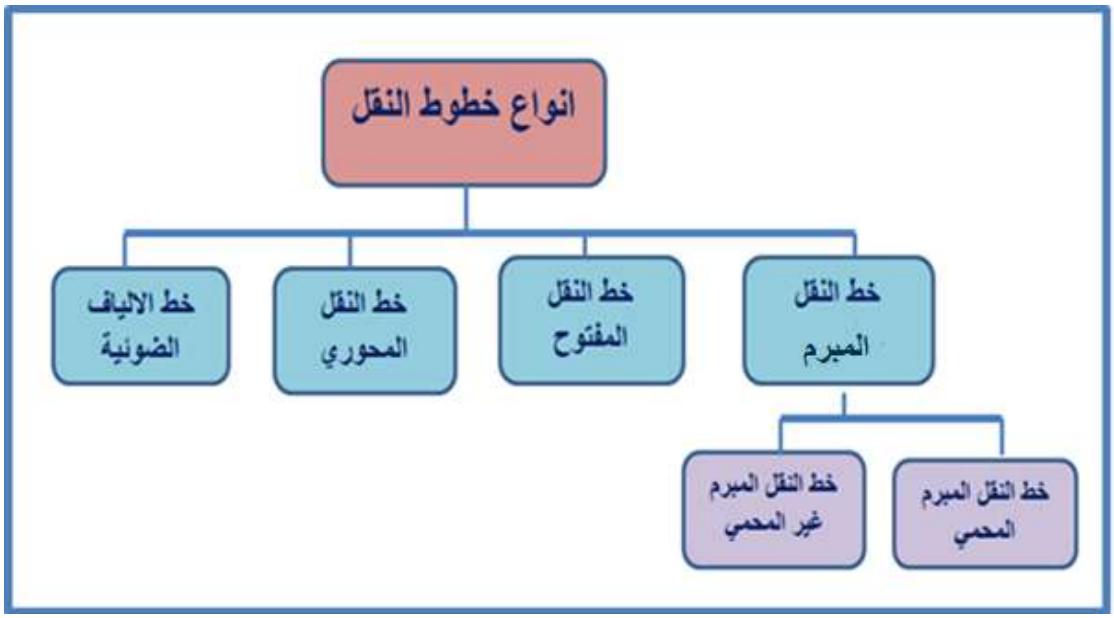
2-1 مقدمة

إن الاتصالات بصورة عامة هي العملية التي يتم فيها نقل او تحويل معلومات نقطة ما في مكان ما وزمن ما، تسمى المصدر (Source) الى نقطة أخرى تسمى مكان الوصول (Destination)، ومنظومات الاتصالات الالكترونية هي الآليات والأساليب التي تسهل عملية نقل وتحويل المعلومات أو البيانات من المصدر إلى المقصد باستخدام الأجهزة والمكونات الكهربائية والإلكترونية. وتستخدم خطوط النقل لنقل الطاقة الكهربائية أو إشارات المعلومات والتحكم والقياس من المصدر إلى المقصد او بين المرسل والمستلم، وفي هذا النوع من النقل تقوم الأسلاك بمختلف أنواعها بتقييد حركة الإشارات الكهربائية المنقولة بحيث تتبع مسار هذه الأسلاك.

2-2 أنواع خطوط النقل (Types of Transmission Lines)

تعد خطوط النقل احدى المكونات الرئيسة لاي نظام إتصالات، وقد بدأ الاهتمام بها منذ إختراع التلغراف في منتصف القرن التاسع عشر، في انظمة الاتصالات نحتاج غالبا لنقل الاشارات بكفاءة عالية، والامر يمكن تحقيقه باستخدام خطوط النقل (Transmission Lines) ويطلق مصطلح (خط النقل) على المسار الفيزيائي الواصل بين المرسل والمستقبل. تعد خطوط النقل من العناصر الاساسية والاكثر تكلفة لأنظمة الاتصالات وتقوم بنقل وتوجيه الطاقة "الكهربائية او الكهرومغناطيسية أو الضوئية" التي تحمل المعلومات المراد ارسالها من المرسل للمستقبل في نظم الإتصالات السلكية، أو من جهاز الارسال لهوائي الارسال او من هوائي الاستقبال لجهاز الاستقبال في نظم الاتصالات اللاسلكية. توجد مسميات كثيرة لخـــط النقـــل منهـــا (خط إتصال، خط إرسال، خط تراسل، قناة إتصال) وفي عالم الاتصالات يستخدم نوعين من الأسلاك إما المعدنية التي تعتمد على نقل الاشارة بصورة كهربائية، أو قابلوات الالياف الضوئية التي تستخدم تقنية النبضات الضوئية. تعرف وسائط النقل (Transmission Mediums) بأنها المادة الفيزيائية التي من خلالها يتم بث وإنتشار الموجات (Waves)، تقسم وسائط النقل الى وسائط موجهة ووسائط غير موجهة، تعرف الوسائط الموجهة بانها الوسائط التي يتم توجيه الموجات من خلالها عبر اوساط صلدة مثل (الزوج النحاسي المضفور والسلك المحوري والالياف الضوئية) وتعرف الوسائط غير الموجهة بانها الوسائط التي لا تحتاج ان نوجه الموجات فيها لغرض نقل الاشارات الكهرومغناطيسية وان هذا النوع يسمى احيانا بالوسط اللاسلكي مثـــــل (البث عبر طبقة الاتموسفير والبث خلال الفضاء الخارجي).

توجد عدة أنواع من خطوط النقل تتفاوت تفاوتاً كبيراً في خصائصها، أهمها مدى الترددات التي يمكن لها أن تنقلها وكمية الفقد التي تتعرض له الإشارات المنقولة عليها. ان أهم أنواع خطوط النقل، هي كما موضحة في الشكل (2-1).



الشكل 2-1 أنواع خطوط النقل

أولاً:- خط النقل المبروم ويسمى أيضا السلك المزدوج المجدول (Twisted Pairs Transmission Line)

يستخدم هذا النوع من الاسلاك في شبكات الـ Ethernet: وهي إحدى تقنيات الشبكات المحلية LAN وهي تستخدم طريقة خاصة لتوصيل الاجهزة بالشبكة عن طريق ارسال بياناتها الى الشبكة لتنظم حركة المرور على الشبكة باستخدام طريقة تحسس الناقل متعدد الوصول من نوع النجمي (Star)، والربط النجمي هو إحدى نماذج ربط الشبكات وسمي نجمي نسبة الى شكل التوصيل فيه حيث يرتبط فيها كل جهاز بخط الى خادم مركزي مثل جهاز توزيع الشبكة وترسل البيانات الى الجهاز المحدد حين يكون الخادم عبارة عن موزع مركزي HUB، فان البيانات ترسل الى جميع الاجهزة المتصلة بالشبكة) ولا تزيد توصيلها عن (100) متر وفائدة برم الاسلاك هي لتقليل الضوضاء (Noise)، إن أكثر إستخدامات الاسلاك المزدوجة هو في انظمة الإتصالات الهاتفية حيث كان في الانظمة القديمة قناة الاتصال الوحيدة في جميع مراحل نقل المكالمات أما في الأنظمة الحديثة فلا يستخدم الا في الوصلة الاخيرة من الشبكة وهي التي تربط منزل المشترك بالمقسم، ومكون من ثمانية اسلاك داخلية وسمي بالمزدوج لأن كل سلكين من الثمانية يكونان ملفوفين على بعضهما فتكون عندنا أربعة أزواج من تلك الأسلاك.

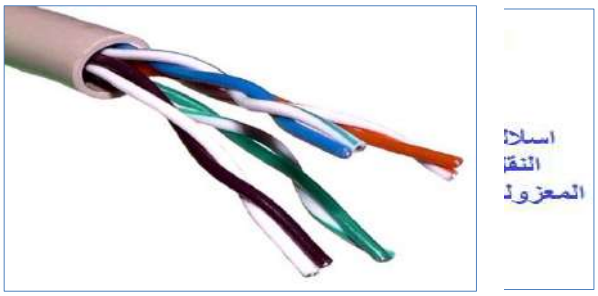
تنقسم الأسلاك المزدوجة المجدولة الى نوعين من الأسلاك:-

أ- **السلك المجدول غير المحمي UTP (Unshielded Twisted Pair):-** ويتكون من أربعة ازواج من الأسلاك يحتوي كل زوج على سلكين معدنيين لهما لون خاص ويلف هذان السلكان بعضهما حول

بعض ممانعته تتراوح بين (85 – 115) أوم، ثم يغلف الازواج الاربعة مباشرة بغطاء خارجي عازل، كما موضح بالشكل (2-2)، ويستخدم في خطوط الهاتف لارسال الصوت فقط ولا يستخدم لنقل البيانات وفي خطوط ايثرنت منذ عام 1980، ومميزات هذا النوع من الأسلاك إنه رخيص الثمن وسهل التركيب ويعتبر من اكثر انواع الوسائط استقرارا في التصنيع، حيث ينتج بكميات هائلة.

أما أهم عيوبه:-

- لا يدعم السرعات العالية فوق 100 Mega bitper second في الثانية.
- تعاني الاشارة التي تمر عبر السلك من النحاس لمسافة طويلة من ظاهرة طبيعية تسمى الاضمحلال تعني ضعف الاشارة الكهربائية، لذا لا يستخدم هذا النوع من الاسلاك الا لمسافات محدودة.
- يمكن التنصت عليه وسرقة المعلومات والبيانات.
- تعتبر أسلاك الـ UTP عرضة للتداخل الكهرومغناطيسي وتداخل الاشارات المجاورة.



الشكل 2-2 السلك المجدول غير المحمي UTP

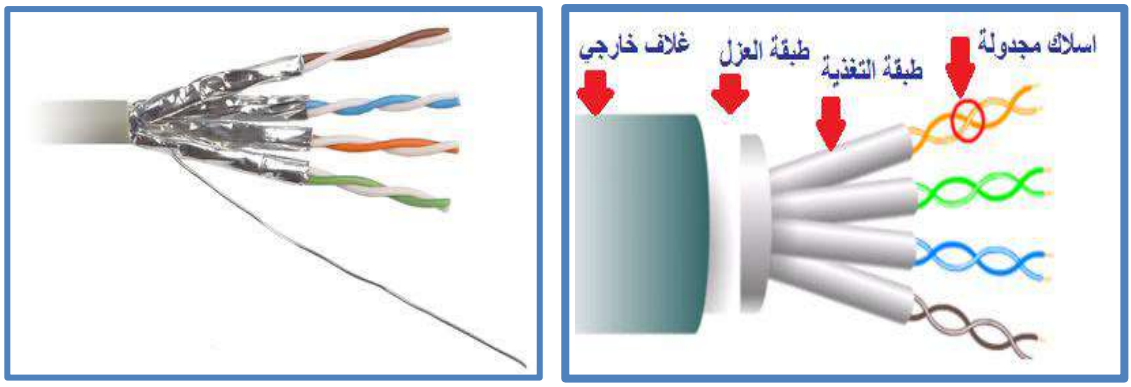
ويقسم سلك (UTP) الى خمس فئات وفقا لمعدل نقل البيانات وحسب عرض النطاق (Bandwidth)على السلك :-

1. الفئة الاولى تستخدم لإرسال اشارات الصوت التماثلية فقط ولا تستخدم لتطبيقات الشبكات.
2. الفئة الثانية تستخدم لإرسال اشارات الصوت والبيانات بسرعة (4 ميگا بت في الثانية).
3. الفئة الثالثة تستخدم لإرسال اشارات البيانات بسرعة (10 ميگا بت في الثانية).
4. الفئة الرابعة تستخدم لإرسال اشارات البيانات بسرعة (16 ميگا بت في الثانية).
5. الفئة الخامسة تستخدم لإرسال اشارات البيانات بسرعة (100 ميگا بت في الثانية).

ب- السلك المجدول المحمي (المغلف) STP (Shielded Twisted Pairs):- هو يشبه في خواصه السلك المجدول غير المحمي لكن تضاف الى هذا النوع من الاسلاك ورقة معدنية رقيقة تحت الغطاء الخارجي لتخفيض التداخل من نوع البولي ايثيلين (Polyethylene)، كما موضح في الشكل (2-3)، ومن مميزات السلك المجدول المحمي إنه يدعم سرعات اعلى من السلك المجدول غير المحمي حيث لا يتأثر كثيرا بظاهرة التداخل الكهرومغناطيسي .

أما أهم عيوبه:-

- اغلى سعر من النوع غير المدرع اضافة الى صعوبة في التركيب.
- لا يدعم سرعات عالية مثل 500 ميگا بت بالثانية الواحدة (Maga bit per second Mbps)
- يمكن التنصت عليه وسرقة المعلومات.
- يعاني من ظاهرة الاضمحلال (لأنه مبني من مادة النحاس) .



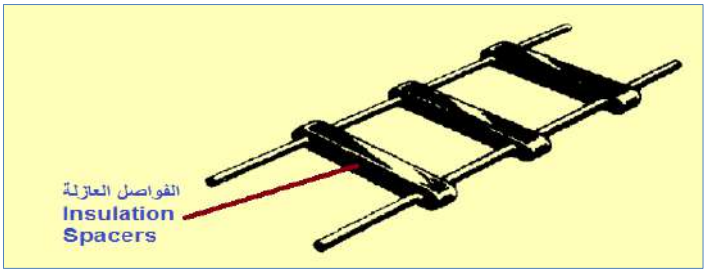
الشكل 2-3 السلك المجدول المحمي STP

يستخدم هذا النوع من الاسلاك في الشبكات المحلية LAN ويتم توصيل هذه الاسلاك الى الحاسوب الآلي باستخدام وصلات (Connectors).

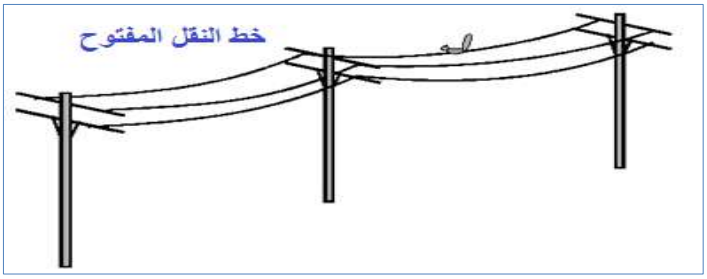
ثانيا:- خط النقل السلك المفتوح (Open Wire Transmission Line)

يسمى أيضا السلكان المتوازيان (Parallel-Two Wire Line)، يتكون هذا النوع من خطوط النقل من سلكين نحاسيين متوازيين تماما ومعزولين بفواصل عزل، وتكون المسافة بينهما من (1/4 انج الى 6 انج)، كما موضح في الشكل (2-4)، وتتأثر بشكل كبير بالمجالات المغناطيسية المجاورة وخاصة الكهرباء، ولمعالجة هذه المشكلة تم عمل نقاط تبديل يتم عكس الاسلاك مع بعضها بواقع (4 مرات) كل كيلو متر وتستخدم هذه الخطوط الكهربائية في خطوط الهاتف في المناطق الريفية وفي المناطق النائية وفي خطوط التلغراف، كما موضح في الشكل (2-5)، وتستخدم احيانا على انها خط نقل بين المرسل (Transmitter) والهوائي (Antenna) أو بين الهوائي وجهاز الإستقبال (Receiver)، وتمتاز هذه الخطوط ببنائها البسيط.

ومساوئ هذا النوع من الخطوط هي الخسائر العالية في الاشعاع والتقاط الضوضاء من مصادر كهربائية أخرى بسبب عدم وجود التغليف (Shielding).



الشكل 2-4 خط النقل المفتوح والفواصل العازلة



الشكل 2-5 خط النقل المفتوح في الأسلاك الكهربائية

هناك نوع آخر من خطوط النقل المفتوحة هو (Twin Lead) هذا النوع من الخطوط هو أساسا نفس خط السلكين المتوازيين والمعزولين بفواصل إلا إن العازل في هذا النوع يكون مادة صلدة على شكل شريط عازل قليل الخسارة (Low- Loss Dielectric) من البولي ايثلين ومساحة عازلة هو الهواء جزئيا والبولي إيثلين الجزء الثاني، كما موضح في الشكل (2-6).

الشكل 2-6 خط النقل المفتوح Twin Lead Ribbon

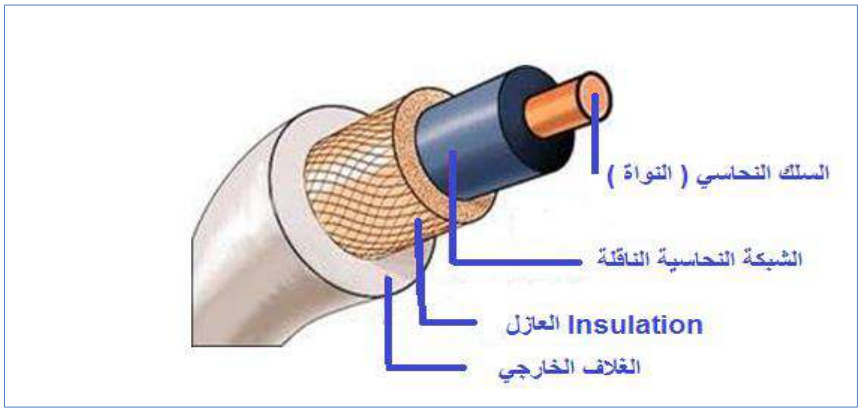
ثالثاً:- خطوط النقل المحورية (Coaxial Cables)

تعد الأسلاك المحورية (Coaxial Cables) الناقل الأمثل للإشارات الكهربائية ذات الترددات العاليـــة (HF) في جميع الحالات تقريبا، يتكون هذا النوع من خطوط النقل من سلك نحاسي أو الألمنيوم في المركز (النواة) محاط بمادة بلاستيكية عازلة مرنة تدعى ايضا بالعازل (Insulation) وهذه المادة البلاستيكية تكون محاطة بطبقة اخرى ناقلة تتألف عادة من أسلاك مجدولة على شكل شبكة، تمنع المادة العازلة التماس الكهربائي بين النواة والطبقة الخارجية الناقلة، يغطى السلك المحوري بغلاف خارجي يصنع على الاغلب من

مواد بلاستيكية PVC (Polyvinyl Chloride) كلوريد البوليفينيل ، وكما موضح في الشكل (2-7)، وتعتمد خواص النقل الكهربائي في الاسلاك المحورية على:-

1. مقدار القطر الداخلي للموصل الخارجي والقطر الخارجي للموصل الداخلي ونوع المعدن المكون لهما.
2. نوع المادة العازلة بينهما.

ومن ثم فإنه كلما زاد قطر السلك زاد عرض نطاق التمرير ونقص معامل الفقد فيها مما يؤهلها لحمل عدد كبير من اشارات المعلومات ولمسافات طويلة. وتنتج الاسلاك المحورية الآن بقيمتين لمقاومتها الموجبة المميزة أحدهما (50 أوم) وهي المقاومة التي تستخدم في معظم أجهزة الإتصالات، والمقاومة الموجبة الأخرى (75 أوم) التي تستخدم في أنظمة بث وإستقبال الاشارات التلفزيونية، وتستخدم هذه الاسلاك المحورية في أنظمة الاتصالات الكهربائية لنقل الاشارات بين المرسلات والهوائيات وما بين الهوائيات والمستقبلات وفي اجهزة القياس الكهربائية وفي شبكات الحاسوب وفي انظمة الاتصالات الملاحة البحرية التي تستخدم بين القارات، الا ان استخدامها حاليا بدأ يقل بسبب ظهور الالياف الضوئية في كثير من انظمة الاتصالات.



الشكل 2-7 خط النقل المحوري مع اجزائه

ويمكن تلخيص مميزات وعيوب القابلوات المحورية وكما يأتي:-

أولاً- مميزات القابلوات المحورية:-

1- وجود الموصل الخارجي الذي يمنع دخول اي موجات كهرومغناطيسية خارجية ومن ثم عدم حدوث التداخل بين الخطوط المتجاورة.
2- ذات موثوقية عالية (Reliable) مما يعني ان العمر التشغيلي لها عالٍ نسبيا حيث يتـــراوح مـــن (1-12) سنة عمل.
3- البساطة في الاستخدام والتركيب حيث انها لا تحتاج الى فنيين مهرة.
4- امكانية عملها على ترددات عالية مما يعني الحصول على نطاق ترددي (Bandwidth) عريض نسبيا ومن ثم امكانية نقل أكبر كم ممكن من المعلومات.

ثانيا– عيوب القابلوات المحورية:-

1. ذات فقد عالٍ نسبيا (Insertion Loss).
2. ذات امكانيات محدودة في تحمل القدرة (Power Limitations).

وهناك نوعان من الأسلاك المحورية (Coaxial Cables):-

1. السلك المحوري الرقيق (Thin Wire):- هو سلك رقيق يصل قطره الى(6 ، 0) سم في بعض شبكات الحاسوب ويوصل مباشرة الى بطاقة الشبكة وهو عملي واقل تكلفة من السلك المحوري السميك.
2. السلك المحوري السميك (Thick Wire):- هو سلك سميك متصلب وغير مرن ويصل قطـــره الـــى (1،2) سم ويستخدم في نوع معين من شبكات الحاسوب ولانه اسمك من النوع الاول فانه يستطيع الوصول الى مسافات أبعد تصل الى (500) متر دون توهين للاشارة بينما يصل السلك المحوري الرقيق الى (185) متر.

ويوضح الشكل (2-8) السلك المحوري الرقيق والسلك المحوري السميك.

الشكل 2-8 السلك المحوري الرقيق والسلك المحوري السميك

تستخدم الاسلاك المحورية مشابك أو وصلات خاصة لوصل الاسلاك معا وشبك الاجهزة معها، كما موضح في الشكل (2-9). تسمى هذه المشابك (BNC)، تتضمن عائلة مشابك BNC المكونات الآتية:-

- BNC- Cable Connector يستخدم في نهاية القابلو المحوري.
- BNC-T Connector يستخدم لربط بطاقة الشبكة.
- BNC-Barrel Connector يستخدم لربط سلكين محوريين مع بعضهما.
- BNC-Terminator يستخدم لاغلاق نهاية القابلو المحوري.

الشكل 2-9 انواع الوصلات او المشابك المستخدمة في الاسلاك المحورية

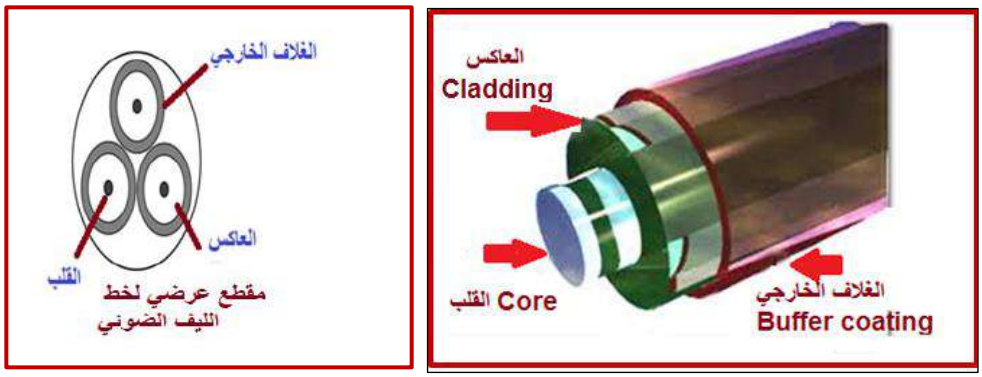
رابعا:- خط الألياف الضوئية (Optical Fibers)

ظهرت هذه الخطوط نتيجة تزايد الحاجة الى خطوط ذات سعات (عدد قنوات) كبيرة جداً، تتكون الالياف البصرية من ثلاثة:-

أ- اللب او المحور (Core) وهو المسار الذي يسير فيه الضوء.

ب- العاكس (Cladding) الغلاف وهو مادة من الزجاج محيطة بالصميم او القلب ويختلف معامل انكسار الزجاج المصنوع منه الـ (Core) وذلك لاستمرار انعكاس الضوء داخل المسار.

جـ - الغلاف الخارجي (Buffer Coating) غلاف خارجي بلاستيكي.



الشكل 2-10 أجزاء خط الالياف البصرية مع مقطع عرضي لهذه الاسلاك

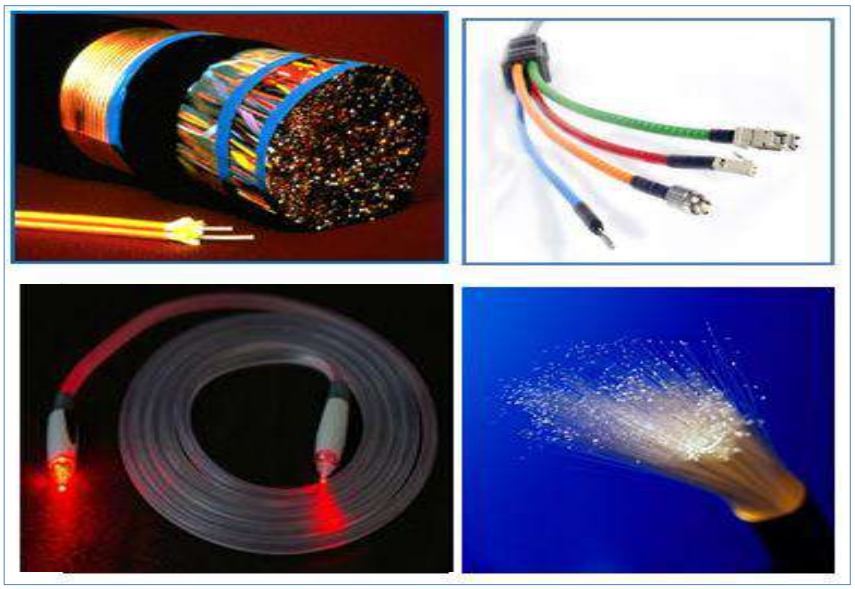
وحيث إن كل محور(Core) لا يستطيع نقل الضوء أو الاشارة إلا في إتجاه واحد فقط، فانه لا بد من إستخدام سلكين من الألياف البصرية واحد للارسال والثاني للاستقبال، وكما هو موضح في الشكل(2-10).

أهم مميزات أسلاك الألياف البصرية (Optical Fibers):-

1. محمية ضد التداخل الكهرومغناطيسي والتداخل من الاسلاك المجاورة.
2. سرعة ارسال بيانات مرتفعة (200000) ميگا بت في الثانية (Maga bits per second).

3. في الالياف البصرية يتم تحويل البيانات الرقمية الى نبضات من الضوء، وحيث انه لا يمر بهذه الالياف اي اشارات كهربائية فان مستوى الامان الذي تقدمه ضد التنصت يكون مرتفعا.
4. معدلات التوهين فيه منخفضة جداً.

اما العيب الرئيسي لاسلاك الالياف البصرية (Optical Fibers) فهو في طبيعة تركيب هذه الأسلاك وصيانتها والشكل (2-11) يوضح عدد من أسلاك الالياف الضوئية.



الشكل 2-11 انواع من خطوط الالياف الضوئية

إذا كان الكثير يعتقد أن تكنولوجيا الشبكات وتطورها قد وقف عند هذه القابلوات، فقد أعلن عن تقنية جديدة تدعى "Wi Fiber" وهي تعد بإنهاء عصر الألياف البصرية "Fiber Optics"، وتدعي شركـــــــة GigaBeam مالكة التقنية أنه بإمكان التقنية الجديدة ضمن مسافة أكثر من ميل واحد أن تصل سرعة الاتصال إلى 10 Giga bits per second في الثانية بدقة عالية ودون انقطاع بنسبة 99,999 %

رقم التمرين:- 6 الزمن المخصص: 3 ساعة

اسم التمرين:- التمييز بين أنواع خطوط النقل

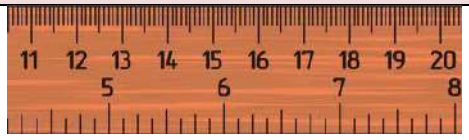
مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات

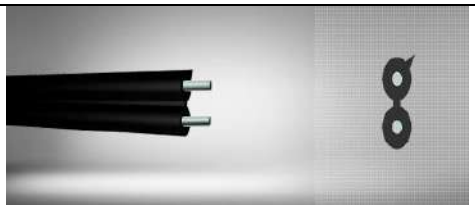
أولاً: الأهداف التعليميـــة:-

أن يكون الطالب قادراً على التعرف على الأنواع المختلفة من خطوط النقل.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1. أنواع مختلفة من خطوط النقل.
2. خطوط نقل مفتوحة، أشرطة وبكرات بأطوال مختلفة.
3. خطوط نقل مجدولة، أزواج وبكرات بأطوال مختلفة.
4. خطوط نقل سلك محوري أسلاك وبكرات بأطوال مختلفة
5. أدوات قياس (مساطر عدد 2 - فيرنيا عدد 1 - مايكروميتر عدد 1 - شفرة عدد 1)

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	هيئ الأدوات المطلوبة للقياس وهيئ المواد المطلوبة للتجربة والفحص وكما موضحة بالاشكال.	

2	إعزل وصنف حسب النوعية إلى خطوط نقل مفتوحة وخطوط نقل مجدولة وخطوط نقل الأسلاك المحورية.	
3	إعزل أصناف كل مجموعة وتعرف عليها وقم بإستخدام أدوات القياس بقياس أبعاد وأقطار وأسماك كل نوع من الأنواع.	
4	إستخدم الشفرة أو القاطع لعزل الطبقات المختلفة وقس وتعرف على قسوتها أو ليونتها.	

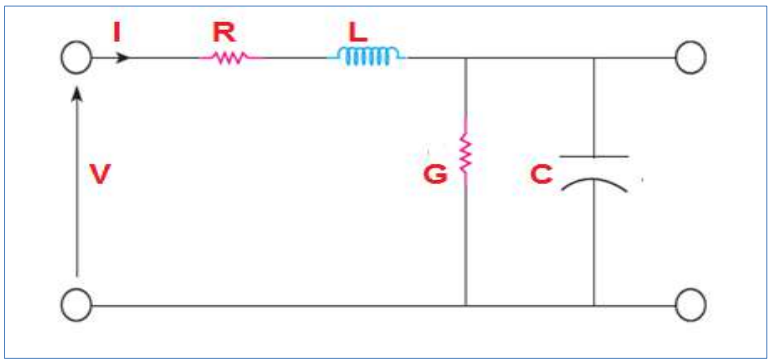
3-2 الخواص الكهربائية لخط النقل والدائرة المكافئة (Equivalent Circuit)

إن الخواص الكهربائية لخط النقل تعتمد على تركيب الخط، وبما ان خط النقل مكون من سلكين يفصل بينهما عازل، ففي هذه الحالة يمكن تمثيل هذا التأثير الكهربائي بمتسعة، وعند انتقال اشارة خلال خط النقل يتكون مجال مغناطيسي حول الاسلاك المكونة لخط النقل فيمكن تمثيل هذا المجال المغناطيسي بملف، عند انتقال التيار او الاشارة الكهربائية خلال الاسلاك يواجه مقاومة تعتمد على طول السلك ونوعه ومساحة مقطعه فيمكن تمثيل هذا التاثير بمقاومة تسمى مقاومة السلك ويرمز لها بـ (R) وبما انه ليس هناك عازل تام فان بعض الإلكترونات ستتمكن من عبور العازل بين الموصلين لذلك هناك قيمة موصلية لكل خط نقل تعبر عن التيار المار داخل العازل.

إن القيم الكهربائية الاساسية لخط النقل هي قيم موزعة على طول الخط وليست مركزة مثل الدوائر العادية ولذلك فانها تعتمد على طول الخط، وتكون الدائرة الكهربائية المكافئة لطول معين من الخط، وتتكرر هذه الدائرة مع تكرار هذا الطول، ولابد من الاشارة عزيزي- الطالب- الى اننا نفترض بان خط النقل هو خط متجانس (Homogeneous Line) ومن ثم القيم الكهربائية ثابتة ولا تتغير على طول القطعة الواحدة وهذه الثوابت (Constants) هي:-

1. المقاومة ويرمز لها بـالرمز (R) وهي مقاومة طبيعية للموصل وتقاس بالاوم لكل وحدة طول.
2. سعة خط النقل لوحدة الطول ويرمز لها بـالرمز (C).
3. حثية خط النقل لوحدة الطول ويرمز لها بالرمز (L).
4. نوع العازل داخل الموصل له تأثير في الترددات العالية اذ تعمل المادة على تمرير أجزاء من التيار خلالها وهذا مايعرف بالموصلية ويرمز لها بالرمز (G) وتقاس بوحدة اوم لكل وحدة طول.

ويمكن تمثيل خط النقل بدائرة كهربائية مكافئة تحتوي على ملف ومقاومة وتوصيلية ومتسعة، كما موضح في الشكل (2-12).

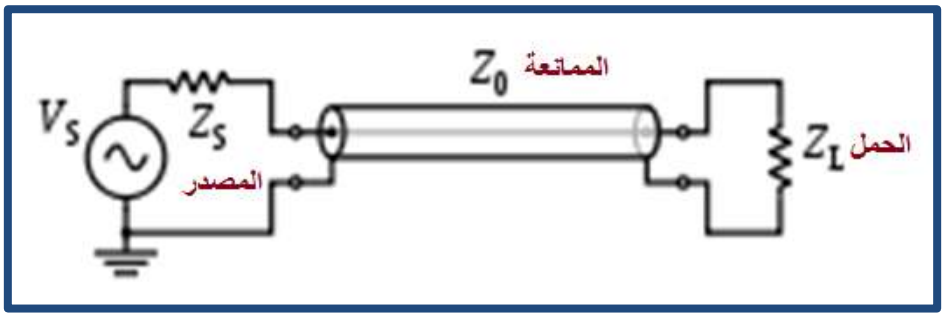


الشكل 2-12 الدائرة المكافئة لخط النقل

وتكون هذه الثوابت (Constants) موزعة على طول خط النقل وتعتمد قيمها على:-

1. طول خط النقل حيث تكون العلاقة طردية بين طول الخط وقيم الثوابت (R,L,C,G).
2. سمك الاسلاك الناقلة، ويكون تأثيرها عكسيا على قيم المقاومة R والحثية L.
3. المسافة بين الاسلاك، ويكون تأثيرها عكسيا على قيم السعة C والموصلية G.
4. نوعية المعدن المصنوع منه الاسلاك.
5. المادة العازلة بين الأسلاك.

والشكل (2-13) يوضح الدائرة المكافئة لخط النقل بوجود المصدر والحمل حيث يمثل الرمز (Z_L) الحمل أو المستلم ويمثل الرمز (Zs) المصدر او المرسل ويمثل الرمز (Zo) الممانعة.



الشكل 2-13 الدائرة المكافئة لخط النقل

2-3-1 خواص الممانعة

إن أهم خاصية لخط النقل هي ما يسمى المقاومة او الممانعة الكهربائيـــــة المميـــــزة (Characteristic Impedance) والتي يستفاد منها عند ربطها بمختلف الاجهزة حيث يجب ان تتساوى ممانعة الخط بممانعة هذه الاجهزة، لكي نمنع ارتداد جزء من طاقة الموجة في حالة وجود اختلاف بين الممانعتين ويمكن تعريف الممانعة على انها المقاومة المقاسة عند مدخل الخط عندما يكون طول الخط لانهائي.لاتعتمد الممانعة الكهربائية لخط النقل على طول الخط ولا التردد الذي يعمل عنده الخط ولكن قيمة التردد تحدد مقدار التوهين الذي يحدث للاشارة المنقولة عبر خط النقل وتعتمد بشكل اساسي على مقدار السعة (C) والحث (L) ويرمز للممانعة بـ (Zo) وتقاس بـ (أوم) وتحسب من المعادلة الآتية:-

$$Z0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{.....(1-2)}$$

وتعتمد الممانعة الكهربائية لخط النقل ايضا على:-

1. حجم الموصلات.
2. المسافة بين الموصلات.
3. نوع العازل بين الموصلات.

وقيمتها لخط النقل ذي القابلو المحوري (40-150) اوم وتصل الى (100) أوم لخط النقل نوع الازواج المجدولة وحوالي (300) أوم لخط النقل المفتوح في الترددات الراديوية.

عند قياس قيمة الممانعة في خط النقل عند نقطة، فان القيمة ستكون نفسها عند أي نقطة أخرى على الخط تحسب الممانعة الخاصة او المميزة (Characteristic Impedance) لجميع انواع خطوط النقل من المعادلة الآتية:-

$$Zc = \sqrt{Z_{i,0}\, ZZ_{i,\infty}} \qquad \text{.....(2-2)}$$

حيث أن:-

$Z_{i,0}$ ممانعة مدخل للخط عندما تكون ممانعة مخرج الخط (Zout = 0 Ω)

$Z_{i,\infty}$ ممانعة مدخل الخط عندما تكون ممانعة مخرج الخط (Zout= ∞ Ω)

2-3-2 العوامل المؤثرة في الممانعة الخاصة

1. إنّ الممانعة (Z_0) تعتمد على النسبة بين الحث الى السعة لذلك الموصل فعند زيادة المسافة الفاصلة بين السلكين فان قيمة الحث للموصل تزداد لانها تعتمد بالاساس على خطوط المجال الكهرومغناطيسي بين السلكين، أما السعة فانها تقل عند زيادة المسافة بين السلكين، ومن هذا نستنتج ان زيادة المسافة بين السلكين المكونين لخط النقل سوف تؤدي الى زيادة الممانعة لان نسبة الحث الى السعة سوف تزداد.
2. تقليل قطر السلكين المكونين لخط النقل يؤدي الى زيادة الممانعة الخاصة.
3. تغير نوع العازل بين السلكين يؤدي الى تغير سعة خط النقل.

4-2 ممانعة خط النقل

إن القابلوات الإعتيادية مصممة لحمل تيارات مترددة ذات تردد واطئ كتلك التي تنقل القدرة الكهربائية حيث إن الفولتية المترددة تعيد نفسها (50 الى 60) مرة في الثانية. لايمكن استخدام هذه القابلوات في نقل الترددات الراديوية والتي تعيد نفسها وبشكل منعكس ملايين بل بلايين المرات في الثانية لانها تميل الى بث وإشعاع الطاقة من القابلو على شكل موجات راديوية مما يسبب خسائر الطاقة (Power Losses). إن الموجات الراديوية أيضا ميالة إلى الانعكاس من الانقطاعات (عدم الاستمرارية) في القابلو مثل نقاط التوصيل في الموصلات (Connectors) والمفاصل (Joints) وترتد بشكل معاكس في القابلو لتصل إلى المصدر. إن هذه الارتدادات تعتبر عنق الزجاجة، حيث تمنع القدرة من الوصول إلى الجهة المقصودة (Destination).

إن خطوط النقل تمتلك تركيب خاص مثل قطر موصل دقيق وأبعاد دقيقة بين الموصلات ومطابقة المقاومة وذلك لحمل الإشارات الكهرومغناطيسية بأقل ارتداد واقل ضياع للقدرة.

إن السمة المميزة لمعظم خطوط النقل هي إن لها ممانعة منتظمة على طول امتدادها وتسمى الممانعة الخاصة (Characteristic Impedance) لمنع الإرتدادات.

إنه من المرغوب عند إرسال الإشارات عبر خط النقل إن يتم امتصاص واكتساب اكبر قدر من الطاقة من قبل الحمل (محطة الوصول) وان يتم ارتداد اقل قدر ممكن من الطاقة إلى المصدر. إن هذا الوضع ممكن في حالة إن تكون ممانعة الحمل Z_L مساوية الى الممانعة الخاصة Z_0 لخط النقل وفي هذه الحالة فان خط النقل نقول علية بأنه متطابق Matched.

إن بعض القدرة التي تغذى في خط النقل مفقودة (Lost) بسبب وجود مقاومة R لخط النقل. هذا التأثير يسمى الخسارةً الأومية (Ohmic Loss) أو خسارة المقاومة (Resistive Loss). في الترددات العالية فان تأثير آخر يسمى خسارة العازل الكهربائي Dielectric Loss وهذا يضاف إلى خسارة المقاومة . إن سبب الضياع هو إن المادة ثنائية الكهربائية تمتص الموجات الراديوية وتحولها إلى حرارة.

رقم التمرين:- 7 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

اسم التمرين:- الخواص الكهربائية لخط النقل والدائرة المكافئة

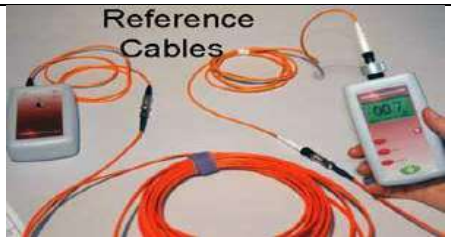
مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على التعرف على الدائرة المكافئة لخط النقل والأجهزة والمعدات المستخدمة في القياس وكيفية قياس الممانعة لخطوط النقل

ثانيا: التسهيلات التعليمية:-

1. **أنواع مختلفة من خطوط النقل**
   - **خطوط نقل مفتوحة بكرة بطول 100 متر عدد2.**
   - **خطوط نقل مجدولة نمط 3 بكرة عدد1 بطول 100 متر ونمط 5 بكرة عدد 1 بطول 100 متر**
   - **خطوط نقل سلك محوري بكرة بطول 100 متر**
   - **محولات (adapters) لتوصيل رؤوس الأسلاك**
2. **أدوات قياس**
   - **مقياس مقاومة (أوميتر) عدد 1**
   - **مقياس LCR عدد 1**

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

1	هيئ أجهزة القياس لقياس المقاومة والـ LCR والـ Z.	
2	هيئ بكرات خطوط النقل المختلفة.	
3	هيئ رؤوس الخطوط لتكون مناسبة للتوصيل مع أجهزة القياس وضع مقاومة حمل مقدارها بقدر الممانعة الخاصة لخط النقل أما مقاومة ثابتة إذا توفرت أو عن طريق المقاومة المتغيرة بمساعدة جهاز قياس المقاومة (الأوميتر).	
4	قس الممانعة بإستخدام جهاز فحص (LCR) ميتر والـ Z ميتر وسجل نتائج القياس ضمن جداول كل جدول يخص نوع من أجهزة القياس وفي كل جدول يحتوي الأنواع المختلفة لخطوط النقل.	

نشـــاط:

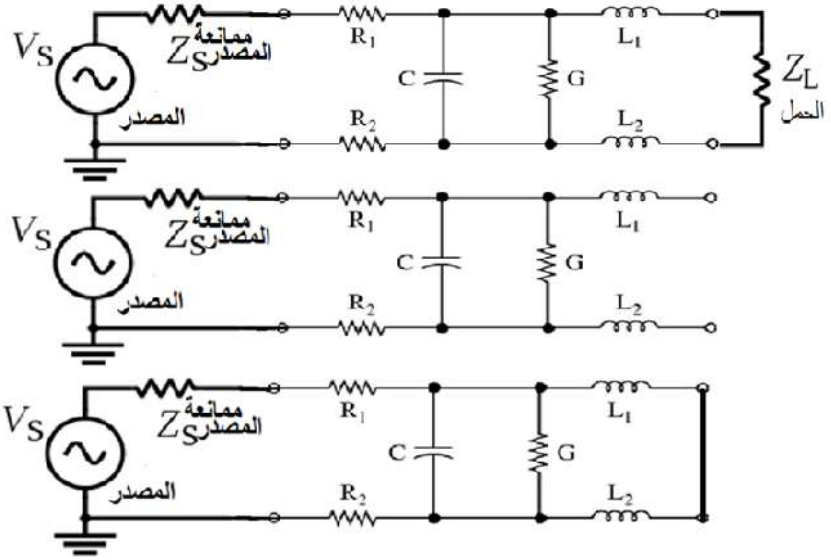
هل قيم ال R و L و C للخطوط المختلفة متساوية؟ علل ذلك ثم قارن مع ما تعلمته من المادة النظرية.

2-4-1 ممانعة خط النقل في حالة فتح Open:

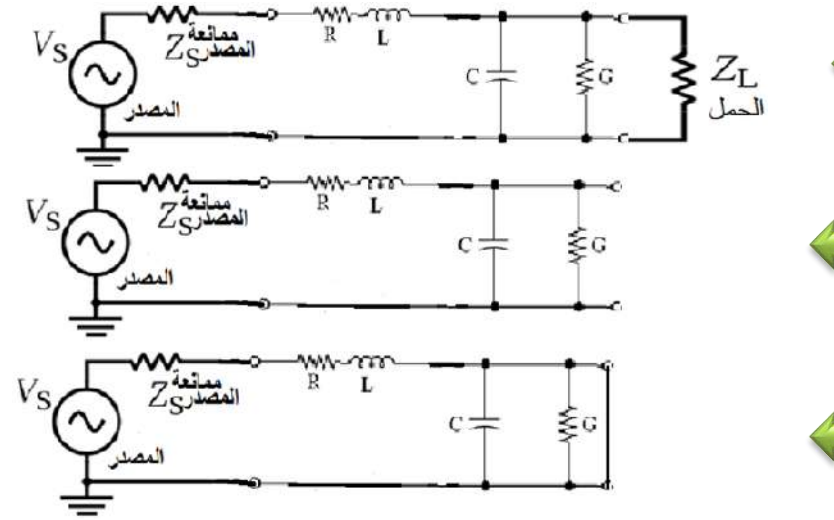
يقصد بالممانعة المفتوحة إن تكون قيمة ممانعة الحمل لانهائية أي ($Z_L = \infty$)، يتم ذلك برفع الحمل وجعل الطرف المستقبل مفتوح ولا يتصل بشيء.

2-4-2 ممانعة خط النقل في حالة قصر Short:

ويقصد بالممانعة المقصورة إن تكون قيمة ممانعة الحمل صفر اي إن $Z_L=0$، ويتم ذلك بقصر الطرف المستقبل عن طريق ايصال (جعل الدائرة قصيرة) طرفي خط النقل ودمجهما مع بعضهما. يوضح الشكـــل (2- 14) الدائرة المكافئة لخط النقل والدائرة المفتوحة ودائرة القصر لخط النقل.



الشكل 2-14 الدوائر المكافئة في حالات الحمل والدائرة المفتوحة والدائرة المغلقة



الشكل 2-15 يوضح الدوائر المكافئة المبسطة في حالات الحمل والدائرة المفتوحة والدائرة المغلقة

رقم التمرين:- 8 الزمن المخصص:- 3 ساعات

اسم التمرين:- قياس ممانعة خط النقل في الدائرة المفتوحة Open Circuit والدائرة المغلقة Closed Circuit

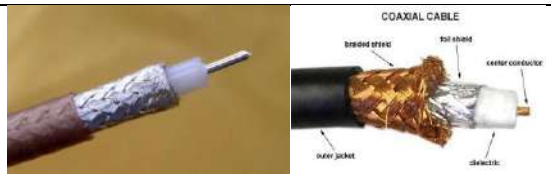
مكأن التنفيذ:- مختبر الشبكات

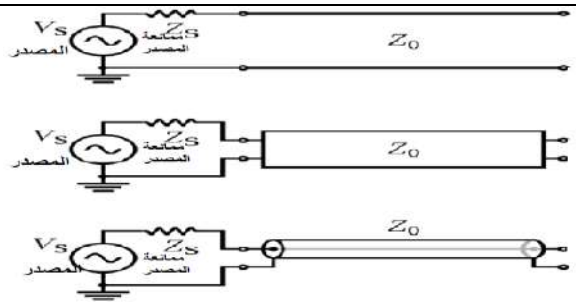
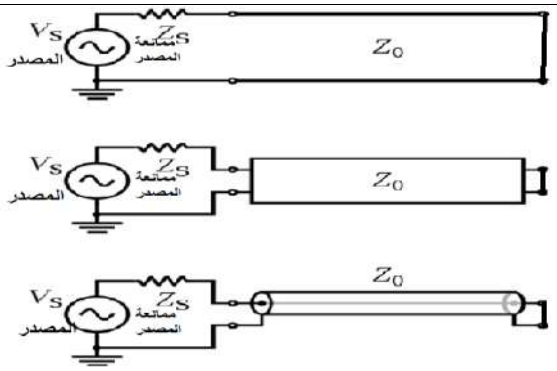
أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على قياس الممانعة لخط النقل في حالتي الدائرة المفتوحة ودائرة القصر

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- أنواع مختلفة من خطوط النقل
- خطوط نقل مفتوحة بكرة بطول 100 متر عدد2.
- خطوط نقل مجدولة نمط 3 بكرة عدد1 بطول 100 متر ونمط 5 بكرة عدد 1 بطول 100 متر.
- خطوط نقل سلك محوري بكرة بطول 100 متر.
- (adapters) محولات لتوصيل رؤوس الأسلاك .

2- أدوات قياس
- مقياس مقأومة (أوميتر) عدد 1.
- مقياس LCR عدد 1.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	هيـئ أجهـزة القيـاس لقيـاس المقاومـة والـ LCR والـ Z.	
2	هيئ بكرات خطوط النقل المختلفة.	
3	هيـئ رؤوس الخطـوط لتكـون مناسـبة للتوصيل مع أجهزة القياس.	

4	إفتح نهاية الخط وسجل نتائج القياس باستخدام جهاز فحص (LCR) ميتر والـ Z ميتر وسجل النتائج ضمن جداول كل جدول يخص نوع من أجهزة القياس وفي كل جدول يحتوي الأنواع المختلفة لخطوط النقل.	
5	أعد النتائج والخطوات في (5) أعلاه ولكن بعد أن تقوم بقصر طرف خط النقل تحت التجربة.	

نشاط:

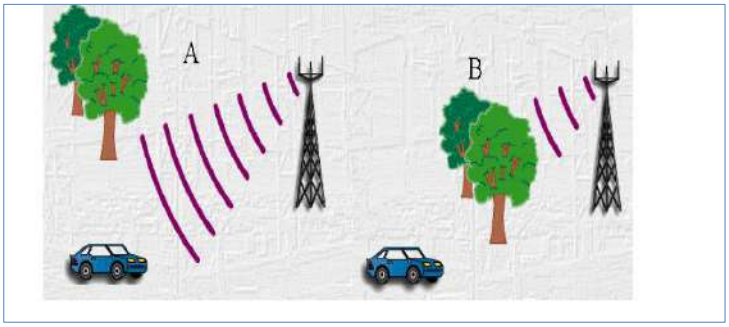
أي نوع من الخطوط يستطيع تمرير ترددات عالية أكبر من غيره؟ سجلها وناقشها. (2-15) يوضح الدوائر المكافئة المبسطة في حالات الحمل والدائرة المفتوحة والدائرة المغلقة

5-2 الإضمحلال أو التلاشي (Fading)

إن الاضمحلال في الاتصالات اللاسلكية هو إنحراف (Deviation) في التوهين (Attenuation) يؤثرعلى الإشارة في وسط ناقل معين، قد يتغيرالاضمحلال مع الزمن أو مع الموقع الجغرافي أو مع التردد الراديوي وهو غالبا ما ينمذج أو يعتبر عملية عشوائية (Random Process) إن قناة الاضمحـــلال (Fading Channel) هي قناة تضم الاضمحلال. نستنتج مما سبق بان الاضمحلال هو تغير في شدة الموجة الكهرومغناطيسية بحيث تضعف عند انتقالها في الفضاء من المرسل الى المستقبل.

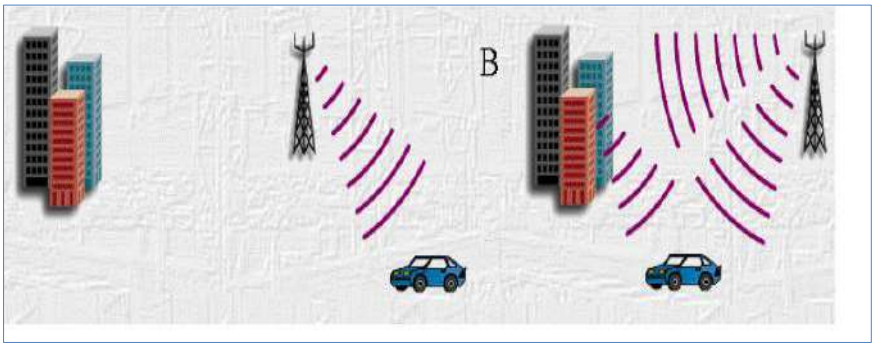
في المنظومات اللاسلكية فان الاضمحلال يكون بسبب:-

1- اضمحلال الظلال (Shadow Fading) او التضليل و يحدث عندما يكون هناك عوائق بيئية طبيعية كالاشجار بين الهاتف والمحطات الارضية، كما موضح في الشكل (2-16).



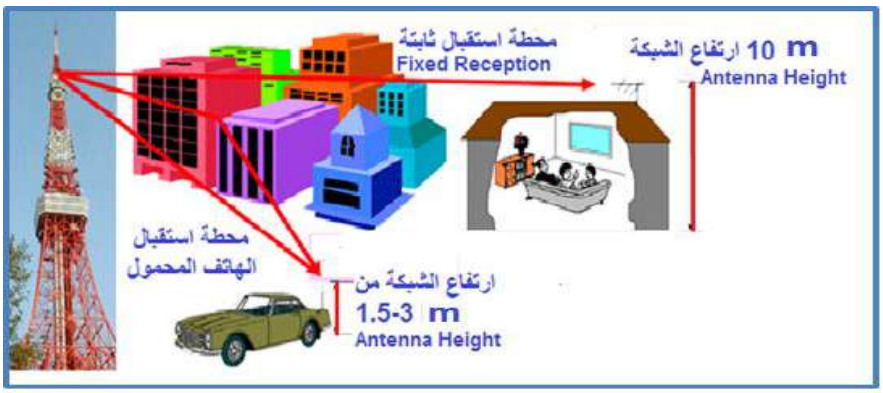
الشكل 2-16 إضمحلال الظلال أو التضليل

2- إضمحلال متعدد الممرات (MultiPath Fading) يحدث انعكاسات للاشارة فتكون هناك اشارات مختلفة الطور (Phase) تضعف او تلاشي كلا منهما الأخرى، كما موضح في الشكل(2-17).



الشكل 2-17 اضمحلال متعدد الممرات

إن الظاهرة التي نلاحظها عند ضعف الصوت لمحطة مثلا الـ (FM) في السيارة عند توقفها أو مرورها بين الأشجار والكتل الكونكريتية كالجسور وتعود قوة الاشارة مرة اخرى هي نفس الظاهرة موجودة في الهواتف المحمولة، كما موضح في الشكل (2-18).



الشكل 2-18 ضعف الاشارة للهواتف المحمولة

6-2 انواع الاسلاك (Types Of Wires)

إن كلمة سلك في الأوساط العلمية يقصد بها مسار مادي يتم نقل إشارة أو طاقة بواسطته باستخدام خاصية فيزيائية به، والسلك (Wire) يعرف على انه عبارة عن ضفيرة مرنة او أسطوانة مرنة من المعدن، ويسمى ايضا بـ (الكابل الرئيسي) هو الذي يصل بين جميع الاجهزة على الشبكة اي انه الخط الرئيسي ويسمى العمود الفقري (Backbone) ونستطيع تشبيهه بالـ (Highway) الذي يصل بين المدن، اما الكوابل الفرعية التي تصل الخط الرئيسي والجهاز تسمى (Segment) ونستطيع تشبيهه بالشوارع الداخلية في المدينة الواحدة، غالباً ما تكون الاسلاك معزولة عزلا كهربائيا لكي تحافظ على الكهربائية التي تحتويها من الانتقال الى سلك آخر أو الى الارض، ويوجد ثلاثة أقسام شائعة للأسلاك:

- الأسلاك المجدولة وتستخدم في حمل الأثقال والنقل وتسمى قابلوات.
- أسلاك نقل التيار الكهربائي إشارة أو طاقة (توصيل القدرة الكهربائية).
- أسلاك لنقل الإشارة الضوئية (Fiber) لنقل المعلومات والاتصالات.

تقسم مواد الاسلاك الى قسمين:-

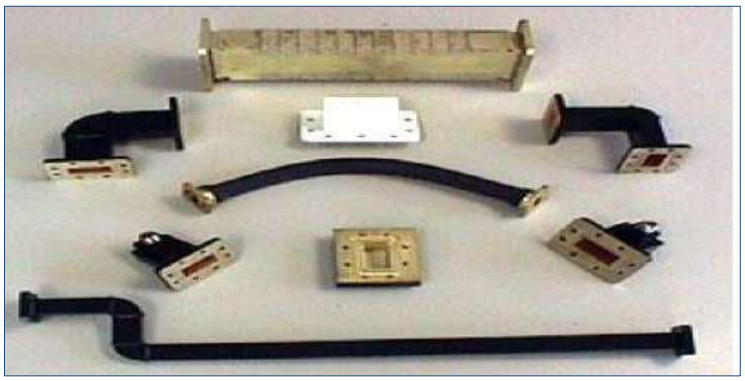
- المادة المعدنية الموصلة.
- المادة المغلفة العازلة.

ان المعدن الرئيسي الذي يستخدم في تصنيع الاسلاك هو النحاس وذلك لتوصيلته العالية ولمتانته، وتستخدم ايضا في صناعة الاسلاك معادن أخرى هي (الالمنيوم، الفضة، الذهب، القصدير، وغيرها). هناك أسلاك تصنع من النحاس وتطلى بالذهب أو الفضة وذلك لزيادة الموصلية وللحفاظ على النحاس من التأكسد ومقاومة الظروف الكيميائية والبيئية. يمكن تجميع الاسلاك مع بعضها لتكوين قابلوات (القابلوات) وهي عبارة عن تركيبة من اكثر من سلك، كما موضح في الشكل (2-19).

الشكل 2-19 شكل القابلو كهربائي

1-6-2 دليل الموجة (Wave Guide)

عبارة عن إنبوب معدني من النحاس أو الألمنيوم مجوف ذو مقطع محدد وثابت على كامل الطول ويعد ايضا نوع من انواع خطوط النقل، ويوصف دليل الموجة وفق شكل مقطع تفريغه، ويمكن ان يتخذ اي شكل، الا أن اكثر المقاطع المستخدمة عمليا هي المقاطع المستطيلة والدائرية القياسية، وتستخدم في حالات خاصة المقاطع غير القياسية كالمربعة والقطوع الناقصة والمجوفة، وتمثل أبعاد الدليل أبعاد مقطع التجويف. وتنتشر الموجات الكهرمغنطيسية دون تخميد يذكر ضمن هذا التجويف، إذا كانت تردداتها أعلى من حد معين يدعى تردد القطع، وهو يتعلق بشكل وأبعاد الدليل. يستعمل الدليل لنقل الترددات التي تتجاوز (1 GHz)، لأن استخدامه لترددات أقل يتطلب أن تكون مقاطعه كبيرة، كما هي الحال عند استخدامه لنقل ترددات البث الإذاعي والتلفزيوني، فتكون أبعاده من رتبة المتر مثلا عند استعمال التردد (320 MHz) لأغراض النقل، ونظراً لان دليل الموجة مكون من موصل واحد فهو لا يسمح بمرور الترددات المنخفضة ويسمح بمرور الترددات العالية ابتداءً من تردد قطع معين (Cutoff Frequency) تحدده الابعاد الداخلية للأنبوب فكلما زادت ابعاد الانبوب قلّ هذا التردد الحدي، وعلى سبيل المثال فانه يلزم لنقل إشارات يزيد ترددها عن (2 GHz) مرشد امواج دائري يزيد قطره عن (15 سم) بينما يبلغ قطره (1,5 سم) عندما يكون التردد الحدي (10 MHz) ولهذا فانه من النادر استخدام دليل الموجة للترددات دون (2 MHz) وذلك لضخامة حجمها وصعوبة مدها، ويستخدم بدلا منها الكوابل المحورية على الرغم من فقدها العالي عند هذه الترددات العالية. ويستخدم دليل الموجة لنقل الاشارات فيما بين الاجهزة وبين المرسلات والهوائيات في أنظمة الامواج الدقيقة وفي انظمة الرادار ومن النادر إستخدامها لنقل الاشارات لمسافات بعيدة نظرا لأرتفاع فقدها. الشكل (2-20) والشكل (2-21) يوضحان مجموعة مختلفة من دليل الموجة.



الشكل 2-20 نوع من دليل الموجة

الشكل 2-21 أشكال مختلفة لدليل الموجة

2-6-2 القابلوات المستخدمة في شبكات الهاتف المحمول

الهاتف النقال ما هو إلا جهاز راديو ذو إتجاهين (مرسل ومستقبل) يعمل بطاقة متدنية، يقوم الهاتف النقال بتحويل صوت المستخدم والكتابة النصية الى موجات راديو، عندما يقوم المستخدم باجراء اتصال فان هذه الموجات ترسل من الهاتف النقال الى اقرب قاعدة (برج) إتصالات وعندما تصل هذه الموجات للقاعدة فانها تقوم بتوجيهها لشبكة الهاتف الرئيسة والتي تقوم بدورها بتحويلها لأقرب قاعدة (برج) في منطقة الشخص المستلم للأتصال، هذه القواعد (الأبراج) تستخدم موجات الراديو لتوصل الهاتف النقال بالشبكة الهاتفية لكي يتمكن المستخدم من إرسال وإستقبال المكالمات وغيرها من تطبيقات الهواتف المحمولة، والشكل (2-22) يوضح الابراج التي تحمل هوائيات الهاتف النقال والقابلوات المستخدمة بشبكة الهاتف النقال.

الشكل 2-22 أبراج وقابلوات شبكة الهاتف المحمول

رقم التمرين:- 9 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- التمييز بين أنواع الأسلاك وموجهات الموجة والأسلاك المستخدمة في الهاتف المحمول

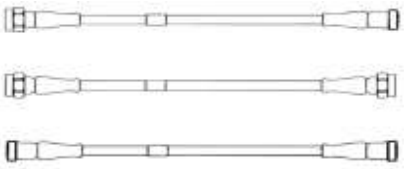
مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على التعرف على أنواع الأسلاك وأنواع موجهات الموجة وبعض الأسلاك المستخدمة في شبكات الهاتف المحمول

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

- **أنواع مختلفة من الأسلاك ومن موجهات الموجة وأسلاك.**
- **أسلاك مفردة مغلفة ومعزولة وعلى شكل حزم مجدولة وغيرها.**
- **بكرات من الأسلاك المختلفة بألوان واشكال وحجوم مختلفة.**
- **موجهات موجة مختلفة .**
- **أسلاك مختلفة .**

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	هيئ أجهزة قياس الأطوال من مساطر وفيرنيات.	
2	هيئ مايلي: أ- الأسلاك والبكرات المختلفة. ب- دليل موجة مختلفة. ت- أسلاك لهوائيات ومايكروويف الهاتف الخلوي.	

3	تعرف على: - الأسلاك المختلفة وتعرف على ألوانها وأحجامها وأشكالها المفردة منها والمجمعة على شكل حزم. - تعرف على أنواع المواد المعدنية والموصلة والمصنعة منها الأسلاك المختلفة. - موجهات الموجة المختلفة - أسلاك مختلفة	 

نشـــاط:

أي نوع من الخطوط يستطيع تمرير ترددات عالية أكبر من غيره؟ سجلها وناقشها.

رقم التمرين:- 10 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- التعرف على الألياف الضوئية ومعاينة حقيبة لقطع ولحام الليف الضوئي

مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على التعرف على الألياف الضوئية ومعاينة مكونات حقيبة لقطع ولحام الليف الضوئي

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- **أنواع مختلفة من الألياف الضوئية و جهاز أو حقيبة قطع ولحام الليف الضوئي.**
2- **أدوات قياس: مساطر وفيرنيات لقياس الأطول والأبعاد.**

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	هيئ أجهزة قياس الأطوال من مساطر وفيرنيات.	
2	هيئ ما يلي: - أنواع مختلفة من الليف الضوئي. - حقيبة قطع ولحام الليف الضوئي.	
3	تعرف على: - الأنواع المختلفة من الليف الضوئي - الأجزاء والمكونات الأساسية لحقيبة قطع ولحام الليف الضوئي - الأجزاء والمكونات لماكينة لحام الليف الضوئي	

نشـــاط: ما هو مستوى النظافة المطلوبة في مكان لحام الليف الضوئي؟ ناقشها.

أسئلة الفصل الثاني

س1/ عرف كلا مايأتي:-

خط النقل- خط النقل المفتوح- السلك المجدول غير المحمي – الليف الضوئي –الاضمحلال.

الممانعة الكهربائية- الصميم (Core)– دليل الموجة –السلك.

س2/ أكمل العبارات الآتية مستعيناً بما بين القوسين:

(اللاسلكية – الأسلاك المعدنية – سلكية)

1. تصنف شبكات الحاسوب حسب الوسط الناقل الشبكات..... وشبكات لاسلكية.
2. الشبكات السلكية تستخدم. .....لوصل الأجهزة مع بعضها.
3. الشبكات..... تستخدم موجات الأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو كوسط ناقل.

س3/ أكمل العبارات الآتية مستعيناً بما بين القوسين:

(عدة أزواج – رخيص الثمن – القابلو المحوري)

1. من أنواع الأسلاك المستخدمة في شبكات الحاسوب.....
2. القابلو المزدوج المجدول يتكون من..... أسلاك المجدولة.
3. يمتاز القابلو المزدوج المجدول بأنه.....

س 4/ ضع علامة (√) أمام العبارةالصحيحة وعلامة(×) أمام العبارة الخاطئة.

a. يمكن تمديد القابلو المحوري تحت الأرض وتحت الماء.
b. القابلو المحوري مشابه لقابلو الهاتف.
c. يمتاز القابلو المحوري بقدرته العالية فينقل البيانات.
d. الوسط الناقل للبيانات قد يكون سلكياً ولاسلكياً.

س5/ إختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:

1. القابلو. .....لا يتأثر بالتشويش الناتج عن المجالات الكهرومغناطيسية:

أ)المحوري. ب) المزدوج المجدول. ج) الألياف الضوئية. د) جميع ما سبق.

2. أسرع أنواع الأسلاك في نقل البيانات هو:

أ) المزدوج المجدول. ب) الألياف الضوئية. ج) المحوري. د) ليس مما سبق

3. القابلو.....يتكون من عدة أزواج من الأسلاك المجدولة داخل غلاف بلاستيكي:

أ) المحوري. ب) المزدوج المجدول. ج) الألياف الضوئية. د) الدائري.

4. القواعد (الابراج) تستخدم.....لتوصل الهاتف النقال بالشبكة الهاتفية

أ) موجات الراديو. ب) الليف الضوئي. ج) الهوائيات.

5. يستخدم..... لنقل الإشارات فيما بين الاجهزة وبين المرسلات والهوائيات في انظمة الامواج الدقيقة وفي انظمة الرادار.

أ) القابلو المحوري. ب) دليل الموجة. ج) الليف الضوئي.

6. إن مميزات القابلو الألياف الضوئية:

أ) سرعة هائلة في نقل البيانات ب)لا يتأثر بالتشويش. ج) رخيص الثمن. د) (أ + ب).

س6/ ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة.

1. القابلو الألياف الضوئية يتأثر بالتشويش الناتج عن المجالات الكهرومغناطيسية
2. القابلو المزدوج المجدول يمتاز بأنه رخيص الثمن.
3. أسرع أنواع الأسلاك في نقل البيانات هو القابلو المزدوج المجدول.
4. القابلو المحوري يشبه القابلو المستخدم لربط التلفاز بالهوائي.
5. تنتقل البيانات في القابلو الألياف الضوئية على شكل إشارات ضوئية.

س7/ ماهي أهم العوامل التي تؤثر على الممانعة الخاصة؟

س8/ اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:-

1- تقسم مواد الاسلاك الى.....

أ) المادة المعدنية الموصلة. ب) المادة المغلفة العازلة. جـ) (أ+ب).

2- يمكن تجميع الاسلاك مع بعضها لتكوين.....

أ) معدن النحاس. ب) القابلوات. جـ) الموصلات

3- دليل الموجة مكون من.....

أ) موجات كهرومغناطيسية. ب) موصل. جـ) إشارات.

4- يستخدم دليل الموجة لنقل الاشارات بين.....وبين.....

أ) المرسلات والهوائيات وبين الاجهزة. ب) الهوائي وبين الجهاز. ج) الاجهزة وبين المرسلات والهوائيات.

س9/ ماهي الثوابت التي تتوزع على طول خط النقل وعلى ماذا تعتمد قيمها؟

س10/ تعاني الاشارة من نوعين من الاضمحلال عددهما وإشرح واحدة منهما؟

الفصـل الثالث

التضمين وكشف التضمين

أهداف الفصل الثالث

أن يكون الطالب قادراً على:

- معرفة وتطبيق مفهوم تضمين الاتساع، تضمين التردد، تضمين الطور، وكيفية كشف تضمين الاتساع.
- معرفة التعدد بالتقسيم الترددي وتقسيم الزمن وكيفية الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني.
- معرفة مفهوم التعيين والتكميم والتشفير.
- معرفة التضمين النبضي المشفر وكذلك تضمين إزاحة السعة مفتاحياً وإزاحة التردد وإزاحة الطورمفتاحياً.
- معرفة وتطبيق: مفهوم تضمين الاتساع، تضمين التردد، تضمين الطور، وكذلك كيفية كشف تضمين الاتساع.
- معرفة التعدد بالتقسيم الترددي وتقسيم الزمن وكيفية الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني.
- معرفة مفهوم التعيين والتكميم والتشفير.
- معرفة التضمين النبضي المشفر وكذلك تضمين إزاحة السعة مفتاحياً وإزاحة التردد وإزاحة الطور مفتاحياً.

محتويات الفصل الثالث

3-1 مفهوم التضمين.

3-2 أنــواع التضمين.

3-3 كاشف تضمين الاتساع.

3-4 التعدد بالتقسيم الترددي.

3-5 التعدد بتقسيم الزمن.

3-6 الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي.

3-7 التعيين-التكميم-التشفير.

3-8 التضمين النبضي المشفر.

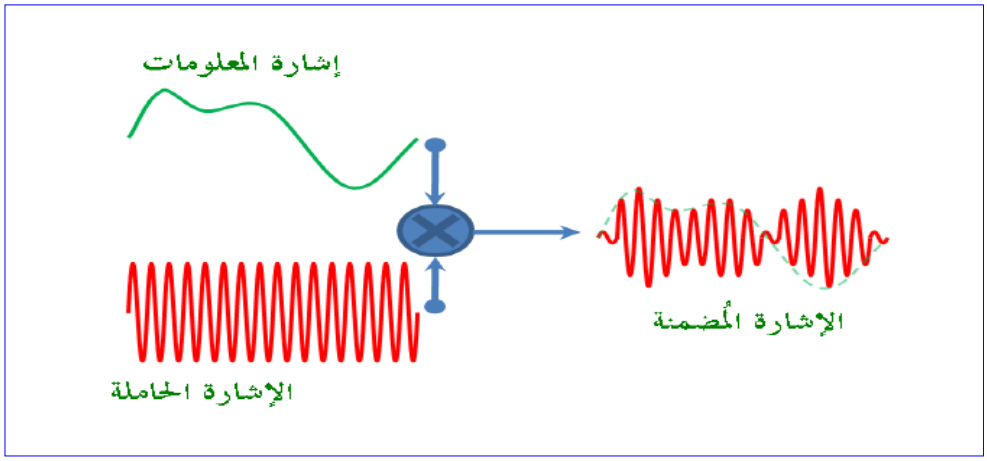
3-9 تضمين إزاحة السعة مفتاحياً.

3-10 تضمين إزاحة التردد مفتاحياً.

3-11 تضمين إزاحة الطور مفتاحياً.

1-3 مفهوم التضمين Modulation Concept

إن إشارة المعلومات الناشئة من مصادر المعلومات المختلفة تقع غالباً ضمن مدى تردد إشارة الحزمة الأساسي (Baseband Frequency Range)، وهذا المدى يكون عادة مدى ذو تردد واطئ نسبيًا فتسمى إشارة المعلومات بإشارة الحزمة الأساس (Baseband Signal)، وهي بهذه الترددات الواطئة تكون غير مناسبة للنقل لمسافات بعيدة عبر قنوات الاتصال المتوفرة، فلذلك يتم إجراء عملية تعديل لتسهيل عملية النقل وهذا التعديل يُعرف بعملية التضمين، وحقيقة العملية هي عبارة عن مزج إشارة المعلومات واطئة التردد مع إشارة جيبية (Sinusoidal) عالية التردد لإنتاج إشارة جديدة، هذه الإشارة الجديدة سوف تكون لها ميزات وفوائد معينة أكثر مقارنة مع الإشارة غير المعدلة، وخاصة أثناء الإرسال. الإشارة الجيبية عادة يتم توليدها عن طريق مذبذب محلي (Local Oscillator) يكون في قسم الإرسال وهذه الإشارة الجيبية تسمى بإشارة المذبذب المحلي (Local Oscillator Signal) أو إشارة المزج (Mixing Signal)، أو إشارة الفعل المتغاير (Heterodyning Signal) لكونه بفعل ترددين مختلفين، أو تسمى ببساطة الإشارة الحاملة (Carrier Signal)، الشكل (1-3) يوضح مفهوم التضمين.



شكل 1-3 مخطط توضيحي لعملية تضمين إشارة معلومات

إن الإشارة الحاملة e(t) بصورة عامة يتم التعبير عنها كالتالي:

$$e(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \theta_c)$$

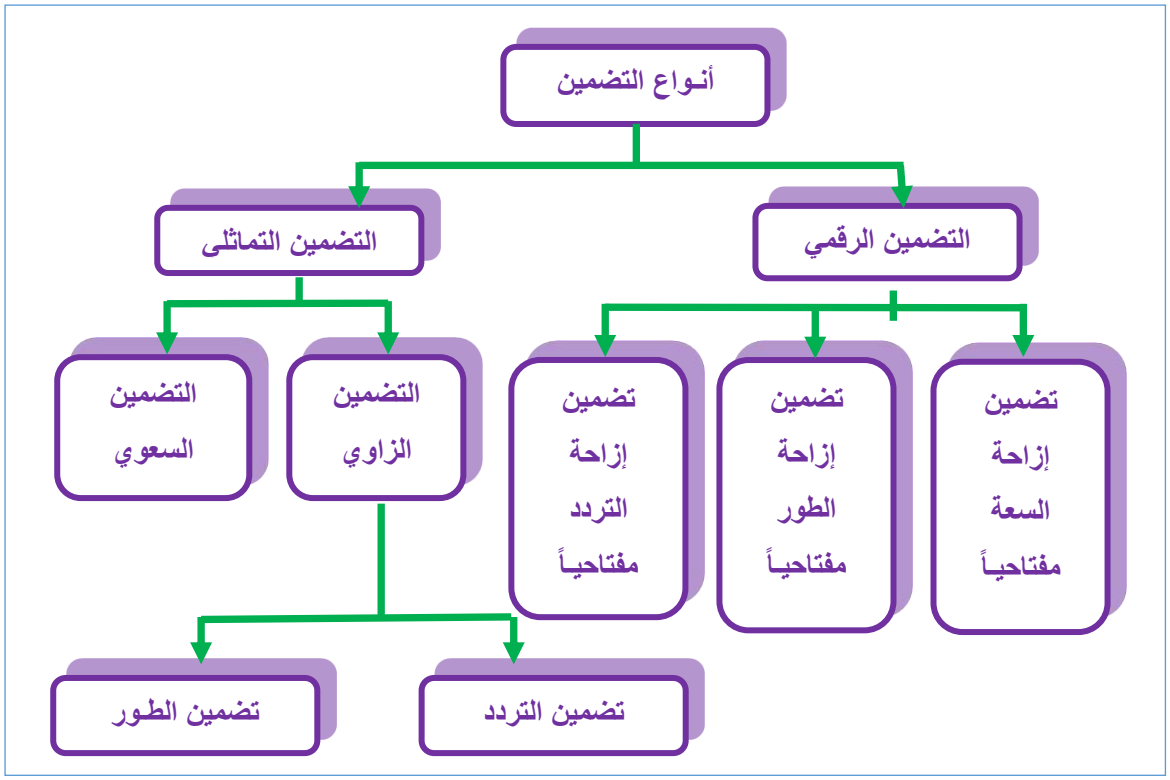
ومن المعادلة السابقة يمكن ملاحظة أن هناك ثلاث عناصر يمكن تغييرها للتأثير على شكل الرسم الخاص بالإشارة الجيبية، حيث تمثل:

A_c: اتساع الإشارة الحاملة، f_c: تردد الإشارة الحاملة، θ: زاوية الطور

فإذا تغير اتساع، أو تردد، أو طور الإشارة الحاملة وفقاً لإشارة التضمين ينتج عن ذلك أحد أنواع التضمين.

2-3 أنــواع التضمين Modulation Types

إن أنواع التضمين بشكل أساس تقسم إلى قسمين رئيسيين حسب نوعية نظام الاتصال المستخدم فإمَّا أن يكون نظام إتصال تماثلي أو نظام اتصال رقمي ولكل من النظامين تقسيمات خاصة بالتضمين، كما موضح في الشكل (2-3).



شكل 2-3 أنــواع التضميـن

وما يهمنا في هذه المرحلة هو التضمين التماثلي حيث تُستعمل إشارة المعلومات والتي يطلق عليها إشارة التضمين في تضمين السعة، أو التعديل الزاوي (التردد أو الطور) للموجة الحاملة؛ ولهذا يمكن القول أن هناك ثلاثة أنــواع من التضمين، وهي:

1. تضمين السعة (Amplitude Modulation – AM): هو عبارة عن تغيير سعة أو اتساع الموجة الحاملة بواسطة إشارة التضمين بمقدار يتناسب مع إشارة التضمين، أمَّا الموجة الناتجة فتدعى موجة تضمين السعة.
2. تضمين التردد (Frequency Modulation – FM): هو عبارة عن تغيير تردد الموجة الحاملة بواسطة إشارة التضمين بمقدار يتناسب مع التغيير الذي يحصل على إشارة التضمين، أمَّا الموجة الناتجة تدعى موجة تضمين التردد.

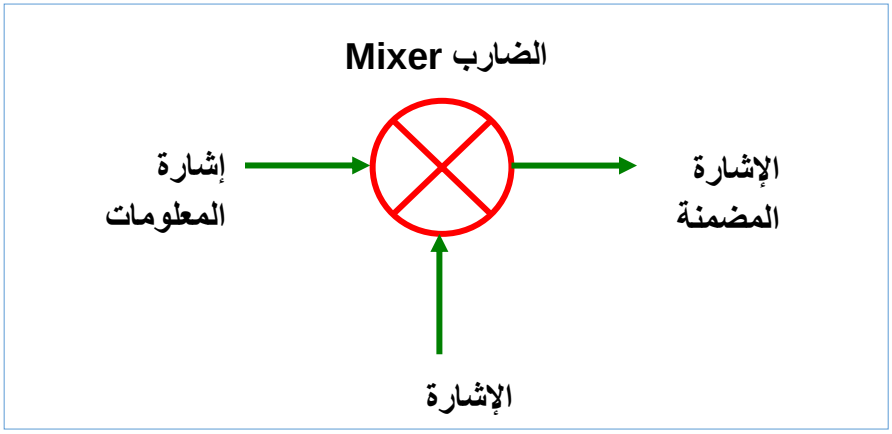
3. تضمين الطـور (Phase Modulation – PM): هو عبارة عن تغيير في طور الموجة الحاملة بواسطة إشارة التضمين بمقدار يتناسب مع التغيير الحاصل في إشارة التضمين نفسها، أمَّا الموجة الناتجة فتدعى موجة تعديل الطور.

أمَّا عملية كشف التضمين (Demodulation) أو تسمى كذلك بإزالة التضمين: فهي عبارة عن عملية استخلاص إشارة المعلومات (إشارة التضمين، أو إشارة النطاق الأساسي الأصلية) من الموجة الحاملة.

ولابُدَّ من التنبيه إلى إن عملية التضمين تتم في قسم الإرسال، أمَّا الإشارة الناتجة من عملية التضمين والتي يمكن أن يطلق عليها الموجة المضمَّنة (Modulated Wave) ويمكن أن تكون أحدى الأنواع الثلاثة التي سبق ذكرها وحسب طبيعة التضمين الذي تم في قسم الإرسال، أمَّا الإشارة التي تخرج من قسم الاستقبال فتدعى الإشارة المستخلصة (Demodulated Signal)، وفيما يلي سنشرح بالتفصيل كيفية تطبيق أنواع التضمين السابقة مختبرياً.

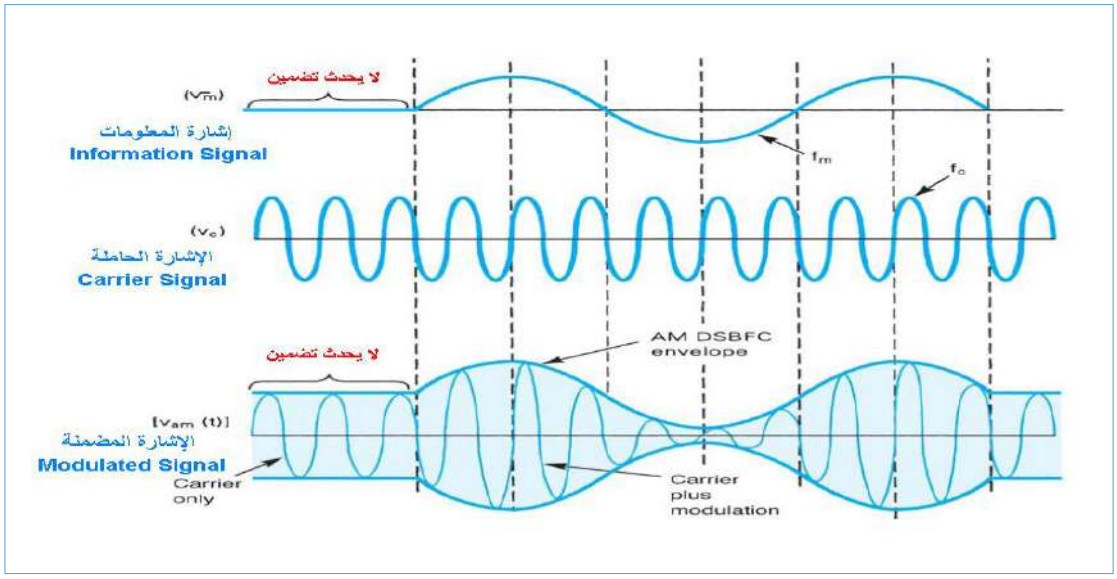
1-2-3 تضمين السعة Amplitude Modulation

هذه العملية هي التي يتم خلالها تغيير سعة الموجة عالية التردد (الموجة الحاملة) تبعاً لتغيرات الموجة منخفضة التردد (الموجة المحمولة ـ إشارة المعلومات) مع بقاء تردد الموجة الحاملة ثابتاً، وينتج عن هذه العملية موجة مضمنة سعوياً، ويكون ناتج العملية هو إشارة مضمنة سعوياً (Amplitude Modulated Signal) تحتوي الإشارة الحاملة والإشارة المحمولة والتي تُعرف بإشارة التضمين (Modulating Signal) ويستخدم هذا النوع من التضمين في العديد من محطات المذياع للبث الإذاعي على الموجات الطويلة، والمتوسطة والقصيرة نظراً لقلة تكلفة بنائه وسهولة كشف الإشارة المضمنة في مرحلة الكشف، ومن مساوئه إن الجودة فيه غير عالية فلذا يستخدم في نظم الاتصالات البسيطة ومن قبل عامة الناس. أمَّا الدائرة الإلكترونية التي تقوم بهذه العملية ، فتسمى دائرة المضمن السعوي وهي دائرة كهربائية مكونة من مازج ضارب لا خطي (Multiplicative Mixer – Nonlinear) حيث يتم مزج إشارتين بترددين مختلفين، وهنا ستكون المدخلات إشارة المعلومات ذات التردد المنخفض والإشارة الحاملة ذات التردد العالي والخارج من هذه الدائرة سيكون إشارة تحتوي على عدة ترددات وهي الإشارة المضمنة، ويتم الحصول على التردد المناسب بعد ذلك باستخدام المرشح المناسب (Filter)، الشكل (3-3) يمثل مخطط لدائرة مضمنة سعويا.

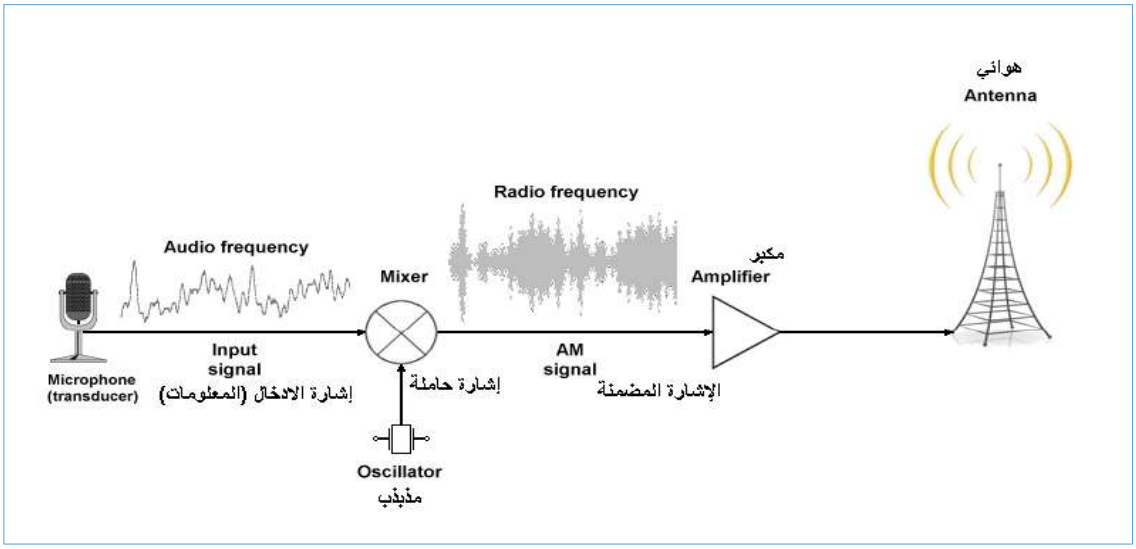


شكل 3-3 مخطط لدائرة مازج ضارب لاخطي (مضمنة سعويا)

ويمكن توليد إشارة المضمنة سعويا عن طريق ضرب الإشارة الحاملة (Carrier Signal) بإشارة المعلومات (Message Signal)، كما في الشكل (3-4)، ونلاحظ من الشكل عندما لا تكون هناك إشارة معلومات فلا تحدث أي عملية تضمين، والتي هي عبارة عن عملية ضرب تتم بواسطة استعمال أجهزة أشباه الموصلات (Semi–Conductor) التي لها خواص إدخال/ إخراج لاخطية (مثل الثنائي شبه الموصل) ومنها ما تكون لها خواص إدخال وإخراج مستمرة (Continuous) والأخرى تكون لها خواص إدخال وإخراج غير مستمرة، أو متقطعة (Discontinuous) أن الأجهزة اللاخطية هي ليست ضاربات (Multipliers) حقيقية حيث ينتج عنها مركبات ترددية غير مرغوب فيها ويجب ترشيحها، شكل (3-5) يمثل نظام لتوليد إشارة مضمنة سعوياً.



شكل 3-4 إنتاج الموجة المضمنة سعويا من الأعلى إلى الأسفل إشارة المعلومات والإشارة الحاملة



شكل 3-5 مخطط توضيحي لتوليد موجة مضمنة سعويـاً

3-2-1-1 معامل التضمين Coefficient of Modulation

معامل التضمين هو مصطلح يستعمل لوصف مقدار تغير السعة الذي يحصل في الموجة المضمنة سعوياً أثناء عملية التضمين، وهو المدى الذي يتغير (ويضمن) فيه اتساع الإشارة الحاملة بسبب قيمة اتساع الإشارة المحمولة (إشارة المعلومات) أي يعبر عن نسبة اتساع الإشارة المحمولة إلى اتساع الإشارة الحاملة، وكما مبين في الشكل (3-6)، ويمكن التعبير عنه رياضياً بالمعادلة التالية:

$$m = \frac{A_m}{A_c}$$

حيث تمثل:

m: معامـــل التضـــمين ويكـــون عـــادة أقـــل، أو مســـاوي للواحـــد، وأكبـــر مـــن الصـــفر أي $(0 \le m \le 1)$ ويعبر عنه بدون وحدات قياس.

A_m: التغير الأقصى لسعة الموجة المضمنة وتقاس بالفولت.

A_c: سعة الموجة الحاملة وتقاس بالفولت.

الشكل (3-6) يوضح العلاقة الرياضية بين m و A_m و A_c وكما يأتي:

$$V_{max} = A_c + A_m \qquad (3\text{-}1)$$

$$V_{min} = A_c - A_m \qquad (3\text{-}2)$$

وبجمع المعادلتين السابقتين (3-1) و (3-2) ينتج لنا:

$$V_{max} + V_{min} = 2A_c$$

$$A_c = 1/2\ (V_{max} + V_{min}) \qquad (3\text{-}3)$$

وبطرح المعادلتين (3-1) و (3-2) ينتج لنا:

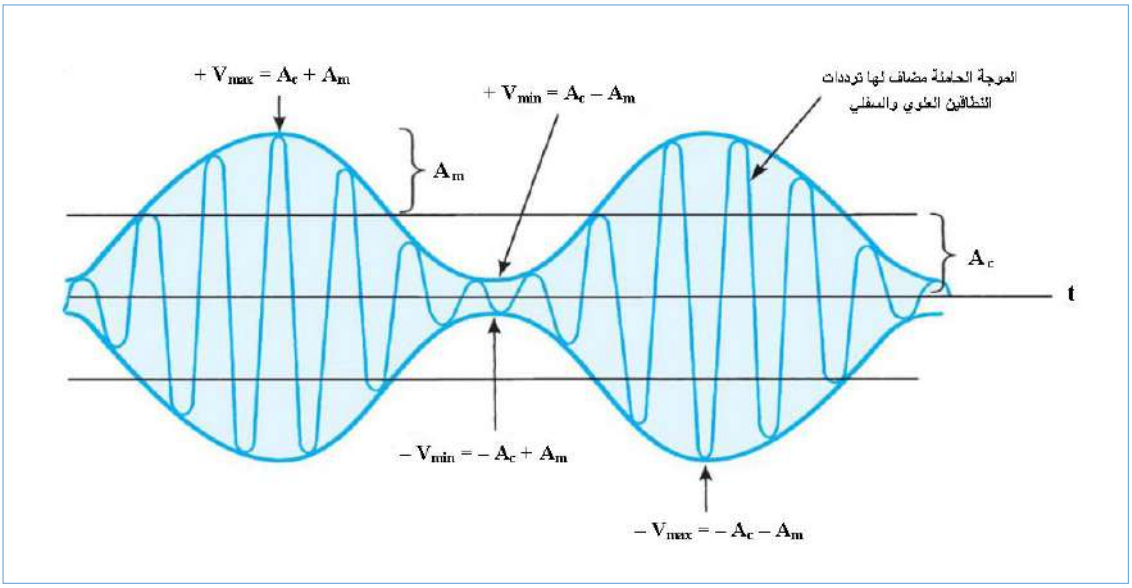
$$V_{max} - V_{min} = 2\ A_m$$

$$A_m = 1/2\ (V_{max} - V_{min}) \qquad (3\text{-}4)$$

حيث تمثل:

V_{max}: قيمة الجهد الأقصى للموجة المضمنة وتقاس بالفولت.

V_{min}: قيمة الجهد الأدنى للموجة المضمنة وتقاس بالفولت.



شكل 3-6 العلاقة بين معامل التضمين وسعة الموجة المضمنة وسعة الموجة الحاملة

رقم التمرين:- 11أ **الزمن المخصص: 3 ساعات**

اسم التمرين:- تضمين الاتساع (Amplitude Modulation – AM)

مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات اللاسلكية

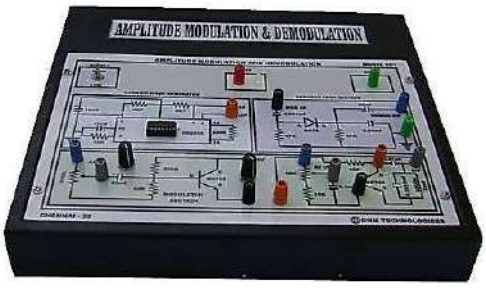
أولاً: الأهداف التعليميـــة:-

أن يكون الطالب قادراً على:

- **تطبيق عملية تضمين الاتساع.**
- **قياس معامل التضمين من خلال تغيير قيمة الاتساع في الإشارة الحاملة من خلال الإشارة المحمولة ومشاهدة ذلك من خلال راسم الإشارة (Oscilloscope).**

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- **اللوحة التدريبية الخاصة بأنواع التضمين (تضمين السعة) مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2- **مولد متعدد الدوال.**
3- **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4- **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.		
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	اختر اللوحة التدريبية، وقم بتشغيل الدائرة الخاصة بتوليد الإشارة.	
3	شغل مولد الدالة للحصول على إشارة ذات تردد مقداره (1000 kHz)، ثم ارسم شكل الإشارة.	
4	ارسم شكل الإشارة الحاملة، ومن خلال اللوحة التدريبية قم بعملية التضمين، ثم ارسم شكل الإشارة المضمنة.	
5	إحسب معامل التضمين، قم بتوليد إشارات مختلفة من خلال مولد الدالة وأعد الخطوات السابقة، وقارن بين النتائج.	

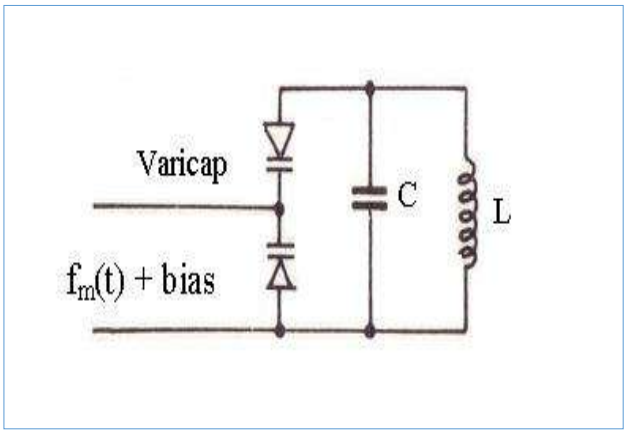
2-2-3 تضمين التردد Frequency Modulation

ينتج هذا النوع من التضمين عند تغيير تردد الإشارة الحاملة بواسطة الإشارة، أو المعلومة المراد تضمينها، ويكون نوع التغيير خطي ولحساب قيمة التردد اللحظي f_i الناتج من عملية التضمين فإنه يساوي تردد الإشارة الحاملة f_c هرتز مضافاً إليها مركبة تتغير مع الزمن تتناسب مع الإشارة المراد تضمينها m(t). تعتمد مولدات إشارة تضمين التردد على وجود دائرة الكترونية مثل دائرة الرنين (Resonant Circuit) والتي تتكون من ثلاث أجزاء رئيسة:

- مقاومة (Resistance).
- متسعة (Capacitor).
- ملف (Inductance).

وهذه الأجزاء قد تكون موجودة كاملة في الدائرة، أو بعضاً منها، وما يهمنا هنا نوعين من دائرة الرنان وهي التي تكون أمَّا من نوعية دائرة ملف ومتسعة LC Circuit أو من نوعية دائرة مقاومة ملف متسعة RLC حيث يمكن تغيير قيمة أحد العناصر المسؤولة عن الرنين مثل (L) أو (C) بواسطة الإشارة المحمولة أي أنه إذا كان التردد للإشارة الحاملة f_c يعتمد في دائرة رنين بسيطة على (L) و (C) في حالة دائرة LC، أو يعتمد على (R) و (L) و (C) في دائرة RLC فإنه بإيجاد طريقة يمكن بها تغيير قيمة (L) أو (C) بواسطة m(t) فعندها يكون تردد الإشارة المولدة ليس f_c وإنما f_c مضافًا إليها انحراف ترددي يعتمد على m(t) وهذا ما تم تعريفه على أنه تضمين التردد.

يمكن بناء دائرة المضمن FM باستعمال مذبذب جيبي له عامل جودة (Quality Factor) عالٍ نسبياً مسيطر على دائرة رنين تحديد التردد (Resonance Frequency) بواسطة تغيير في مركبتي المتسعة C والملف L، فعلى سبيل المثال استعمال مكثف تتغير قيمته مع الفولتية المسلطة ويدعى بالمكثف المتغير (Varactor or Varicap) يكون مربوط على التوازي مع دائرة الرنين وكما موضح في الشكل (3-7).



شكل 3- 7 مكثف متغير لتوليف دائرة LC لتكوين مضمن FM

وفي هذه الدائرة فإن التغيير الذي يحدث على (C)، أو (L) يتم استعماله لتحويل كل تغيير يطرأ في سعة إشارة المعلومات إلى تغيير في التردد. إن التردد الآني لدائرة الرنين يمكن التعبير عنه رياضياً من خلال:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (3\text{-}5)$$

وعند إدخال إشارة المعلومات فإن التردد الأني للدائرة سيكون:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(c+\Delta c)}} \qquad (3\text{-}6)$$

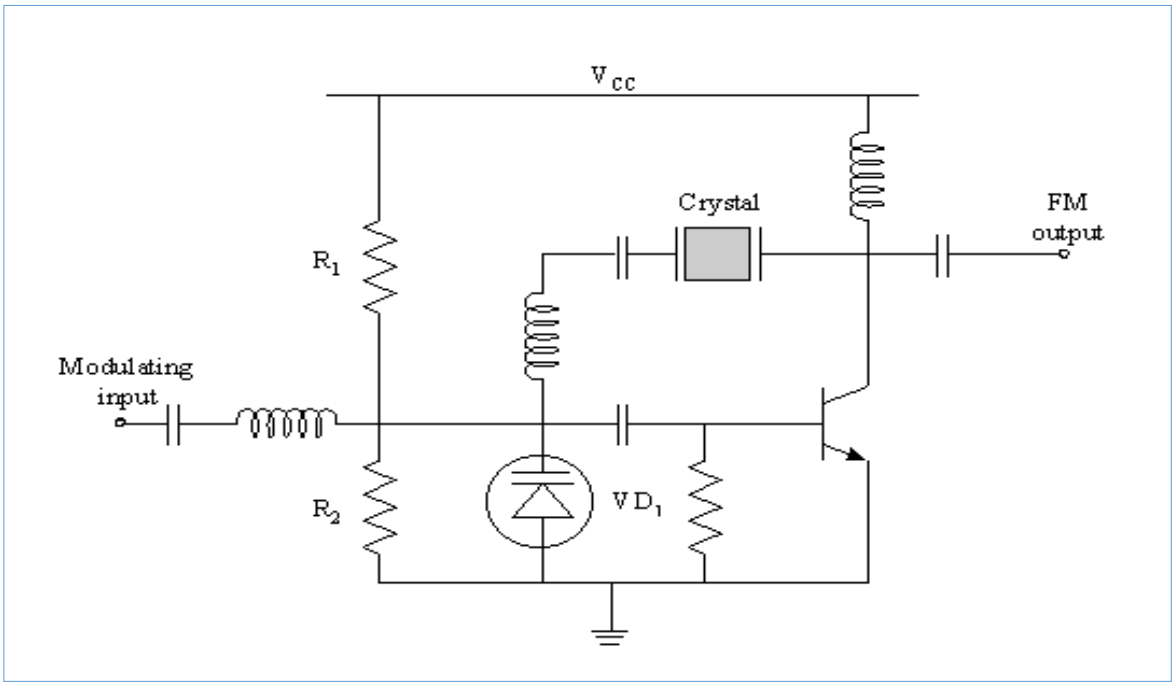
حيث تمثل:

f: التردد الجديد للمذبذب.

Δc: التغير الذي حصل في المكثف نتيجة إدخال إشارة المعلومات.

L: قيمة الملف.

الشكل (3-8) يمثل دائرة مضمن تم استعمال مكثف متغير فيها، ونلاحظ كيفية دخول الإشارة المحمولة ومن ثم معالجتها لاستخراج إشارة مضمنة ترددياً FM.



شكل 3-8 مضمن FM بإستعمال مكثف متغير

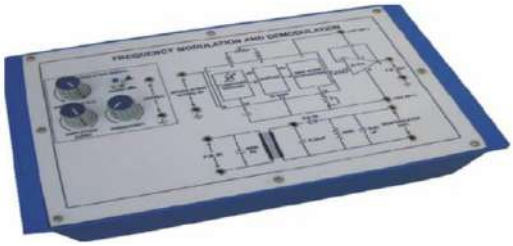
رقم التمرين:- 11ب **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- تضمين التردد (Frequency Modulation – FM)

مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات اللاسلكية

أولا: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على:
تطبيق عملية تضمين التردد.
ثانيا: التسهيلات التعليمية:-

1. **اللوحة التدريبية الخاصة بأنواع التضمين (تضمين التردد) مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2. **مولد متعدد الدوال.**
3. **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4. **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	إختر اللوحة التدريبية، وقم بتشغيل الدائرة الألكترونية.	
3	قس تردد واتساع الإشارة الحاملة ثم ارسم الإشارة الحاملة.	

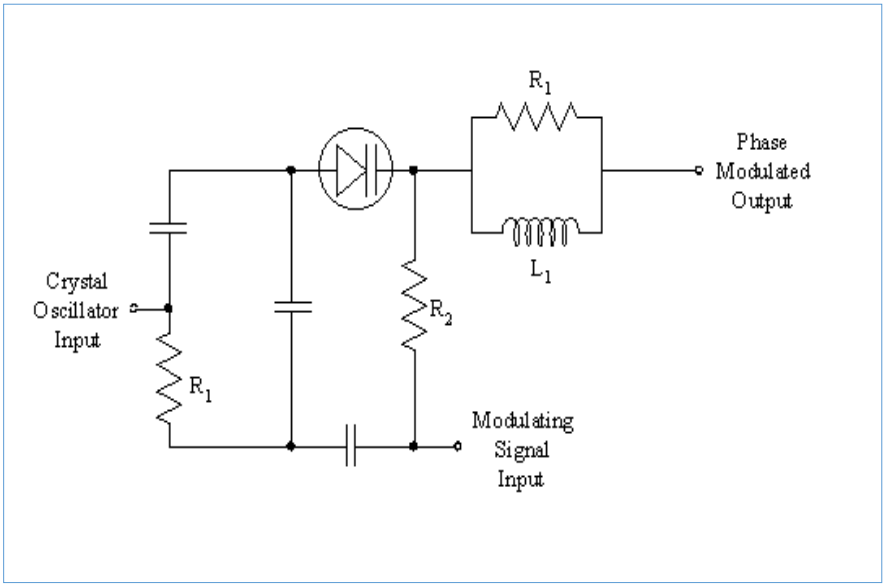
4	غير قيم التردد من مولد الدالة، وقم بأخذ قياسات مختلفة وحساب قياس تردد واتساع الإشارة الحاملة، وقم بتسجيل النتائج.
5	علق على النتائج التي تم الحصول عليها.

3-2-3 تضمين الطـور Phase Modulation

في هذا النوع من التضمين يتغير طور الإشارة الحاملة بما يتناسب، والتغيير اللحظي لطور إشارة المعلومات في حين يبقى اتساع الإشارة الحاملة وترددها ثابتـاً.

يعتمد نظام تضمين الطور على استحداث تغيير في طور الإشارة الحاملة بواسطة الإشارة المحمولة، وهذا بالإمكان تحقيقه بطريقتين: أحدهما مباشرة بالاعتماد على مضمن طور والأخرى تكون بالاعتماد على مضمن تردد وعندها لابد من تمرير الإشارة المحمولة على دائرة تفاضل ليكون الخرج من هذه الدائرة متناسبـاً مع التردد، وهو الأساس الذي يعمل عليه مضمن التردد وهذا الإجراء يتطلب ضرورة تكامل الإشارة المستخلصة عند آخر مراحل المستقبل.

الشكل (3-9) يمثل دائرة مضمن طوري (PM) باستعمال مكثف متغير، وبنفس المبدأ الأساسي لعمل دائرة مضمن ترددي (FM) وعند دخول إشارة المعلومات على مكثف متغير، سيحدث تغيير في قيمة المكثف مما يؤدي إلى تغيير طور الموجة الحاملة.



شكل 3-9 مضمن طوري PM باستعمال مكثف متغير

رقم التمرين:- **11ج** **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- **تضمين الطور(Phase Modulation – PM)**

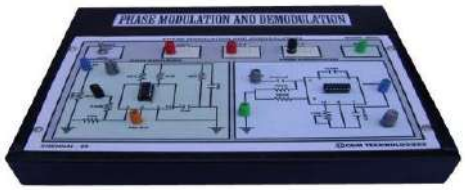
مكان التنفيذ:- **مختبر الشبكات اللاسلكية**

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على تطبيق عملية تضمين الطور.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1. اللوحة التدريبية الخاصة بأنواع التضمين (تضمين الطور) مبنية من قبل مسؤول المختبر.
2. مولد متعدد الدوال.
3. راسم الإشارة (Oscilloscope).
4. أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	اختر اللوحة التدريبية، وقم بتشغيل الدائرة الألكترونية.	
3	قم بتوليد إشارة من مولد الدالة ذات تردد قيمته (1 kHz) وارسم شكل الإشارة.	

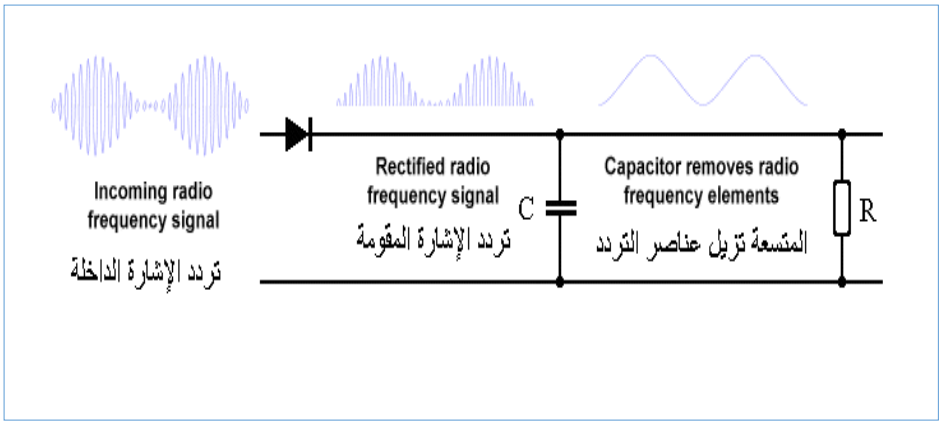
4	من خلال تشغيل الدائرة الالكترونية الخاصة بالـ (PM)، قم برسم شكل الإشارة المضمنة طورياً.
5	علق على النتائج التي تم الحصول عليها.

3-3 كاشـف تضمين الاتسـاع Amplitude Demodulation

أن عملية الكشف هي عبارة عن عملية إزالة التضمين المرسلة من محطات الإرسال، وبمعنى آخر هي عبارة عن عملية استخلاص (فصل) لإشارة المعلومات المرسلة (إشارة النطاق الأصلية) عن الموجة الحاملة وكشف الموجة المضمنة سعوياً (AM)، ويمكن أن تتم بإحدى الطرق الثلاث الآتية:

- الأولى: كشف الموحد Rectifier Detector.
- الثانية: كشف الغلاف Envelope Detector.
- الثالثة: كشف قانون التربيع Square Law Detector.

تعد الدائرة الموضحة في الشكل (3-10) من أشهر أنواع كشف تضمين الاتساع ودائرته بسيطة جداً، وتستخدم في أغلب أجهزة الاستقبال (AM)، حيث أنها تسترجع شكل غلاف الإشارة الأصلية، فعند وصول الإشارة المضمنة سعويـاً إلى دخل الثنائي (D) والذي يعمل كموحد نصف موجة، يقوم الثنائي بإمرار أنصاف الموجات الموجبة من الموجة المعدلة حيث أن مقاومته في هذا الاتجاه (الأمامي) تكون صغيرة جدًا، أما عند الأنصاف السالبة من الموجة المضمنة سعويـاً يصبح الموحد مقاومتهِ كبيرة جداً عند أنصاف الموجات السالبة وكان الثنائي دائرة مفتوحة، وتقوم المتسعة (C) بإمرار تردد الموجة الحاملة (F_c) خلال الأرضي، ونحصل على طرفي مقاومة الحمل (RL) على إشارة المعلومات التي تم تعديلها في محطة الإرسال والشكل يبين أشكال الموجات الخارجة من دائرة الكاشف الثنائي.



شكل 3-10 دائرة كاشف الغطاء للموجة المضمنة سعوياً

رقم التمرين:- **11د** **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- **كاشـف تضمين الاتساع**

(Amplitude Demodulation – AD)

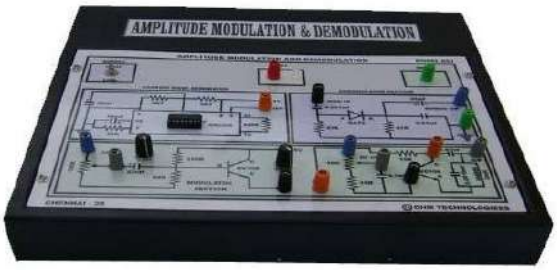
مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على:

تطبيق عملية كشف تضمين الاتســاع.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1. **اللوحة التدريبية الخاصة بكاشف تضمين الاتســاع مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2. **مولد متعدد الدوال.**
3. **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4. **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.		
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	اختر اللوحة التدريبية، وقم بتشغيل الدائرة الخاصة بكاشف تضمين الاتســاع.	
3	نفذ دائرة كاشف تضمين الاتســاع.	

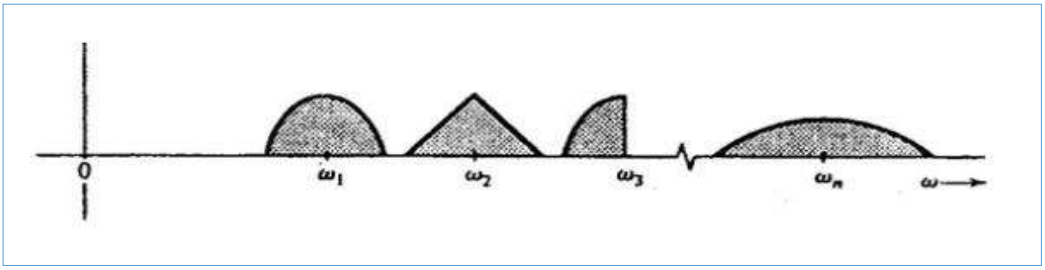
4	إرسم شكل الإشارة المضمنة والناتجة من خلال تنفيذ تمرين 1أ من خلال راسم الإشارة.
5	إرسم شكل الإشارة بعد الكشف ورسم الإشارة المرسلة
6	علق على النتائج التي تم الحصول عليها.

4-3 التعدد Multiplexing

في أنظمة الإتصالات يستخدم نظام التعدد (Multiplexing) بشكل عام، حيث يتم نقل عدة إشارات على قناة اتصال واحدة وفي الاستقبال يتم فصل هذه الإشارات وإرسال كل واحدة إلى مقصدها (المكان المراد إرسالها إليها)، وينقسم التعدد إلى أقسام عدة من أهمها:

1. التعدد بتقسيم التردد (Frequency Division Multiplexing) حيث يتقاسم عدد من إشارات النطاق المسموح به لقناة الاتصال.
2. التعدد بتقسيم الزمن (Time Division Multiplexing) حيث يتم تقسيم زمن القناة بين عدد من الإشارات التي ترسل على نفس القناة.

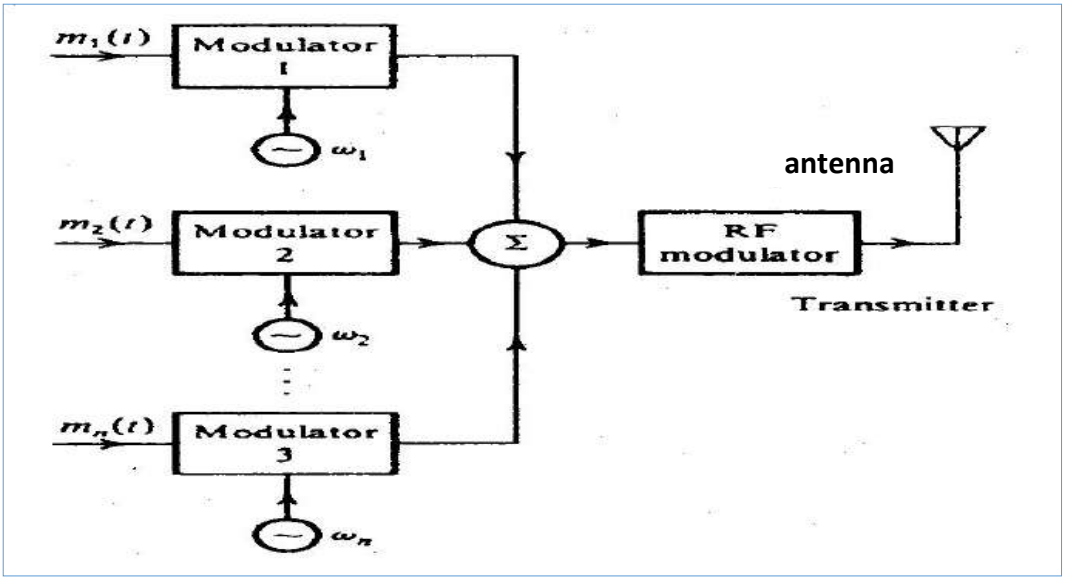
وبشكل عام يمكن القول أن التعدد بتقسيم التردد مرتبط بالنظام التماثلي، أمَّا التعدد بتقسيم الزمن فهو مرتبط بالنظام الرقمي، ويقوم التعدد بتقسيم التردد على مبدأ اشتراك عدد من إشارات النطاق المسموح به لقناة الاتصال، ويتم تضمين كل هذه الإشارات باستعمال موجة حاملة، لها تردد مختلف عن تردد الإشارات الأخرى ويتم فصل الترددات المختلفة لهذه الموجات فصلاً كافياً بمقدار (التردد الحارس f_g)، لكي يمنع حدوث التداخل بين أطياف مختلفة لهذه الإشارات المضمنة وتعرف هذه الموجات الحاملة بالموجات الفرعية، يوضح الشكل (3-11) توزيع الإشارات على الطيف الترددي لعملية تضمين الإشـارات المختلفـة باستخـدام التعـدد بتقسيم التردد، أمَّا الشكـل (3-12) فيوضح عملية دمج هذه الإشارات في جهاز الإرسال.



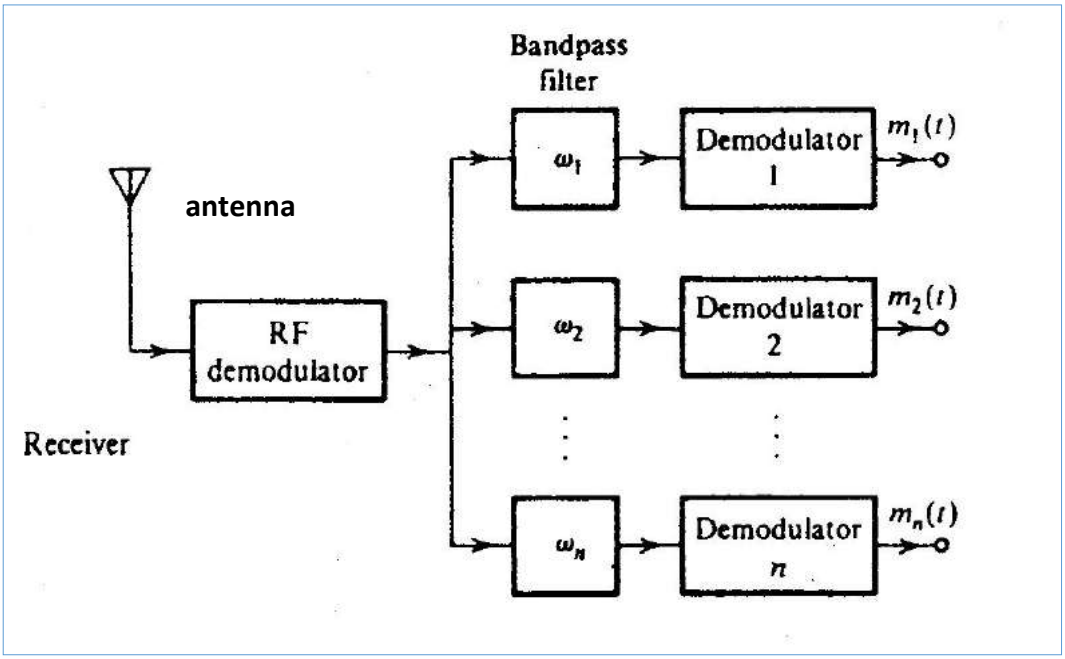
شكل 3-11 توزيع الإشـارات على خط الاتصال الترددي

وعند إضافة كل أطياف الإشارات بعد التضمين نحصل على إشارة مركبة يمكن اعتبارها إشارة نطاق أساسي تدخل في تضمين موجة حاملة لها تردد مرتفع (تردد الراديو) بغرض الإرسال.

وفي جهاز الاستقبال يتم استخلاص الإشارات المضمنة عن طريق الموجة الحاملة ذات التردد العالي لكي تمر على مرشحات الإمرار النطاقي لفصل كل إشارة على حدة، ومن ثم يتم استخلاص كل إشارة عن طريق الموجة الحاملة الفرعية الخاصة بها، والشكل (3-13) يوضح عملية فك عملية الدمج للإشارات والتي تحدث هذه في جهاز الاستقبال.



شكل 3-12 التعدد بتقسيم تردد الإرسال



شكل 3-13 التعدد بتقسيم تردد الاستقبـال

رقم التمرين:- 12 أ **الزمن المخصص:** 3 ساعات

اسم التمرين:- التعدد بالتقسيم الترددي (Frequency Division Multiplexing – FDM)

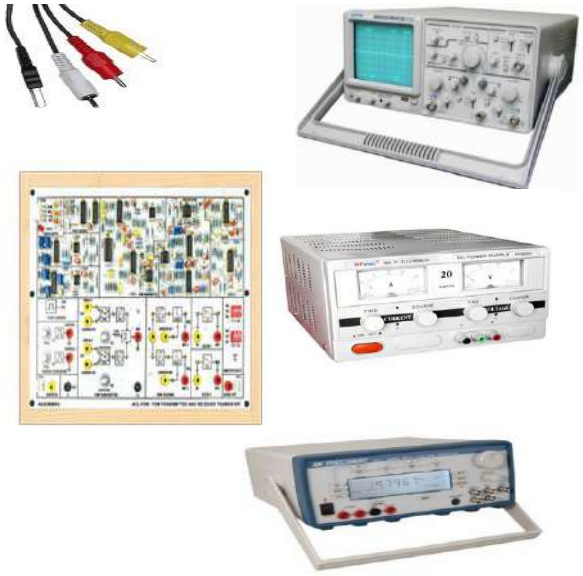
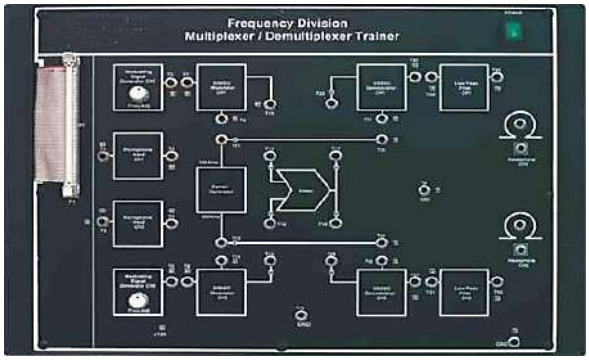
مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- أن يكون الطالب قادراً على تطبيق عملية التعدد بالتقسيم الترددي.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- اللوحة التدريبية الخاصة بعملية التعدد بالتقسيم الترددي مبنية من قبل مسؤول المختبر.
2- مولد متعدد الدوال.
3- راسم الإشارة (Oscilloscope).
4- أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

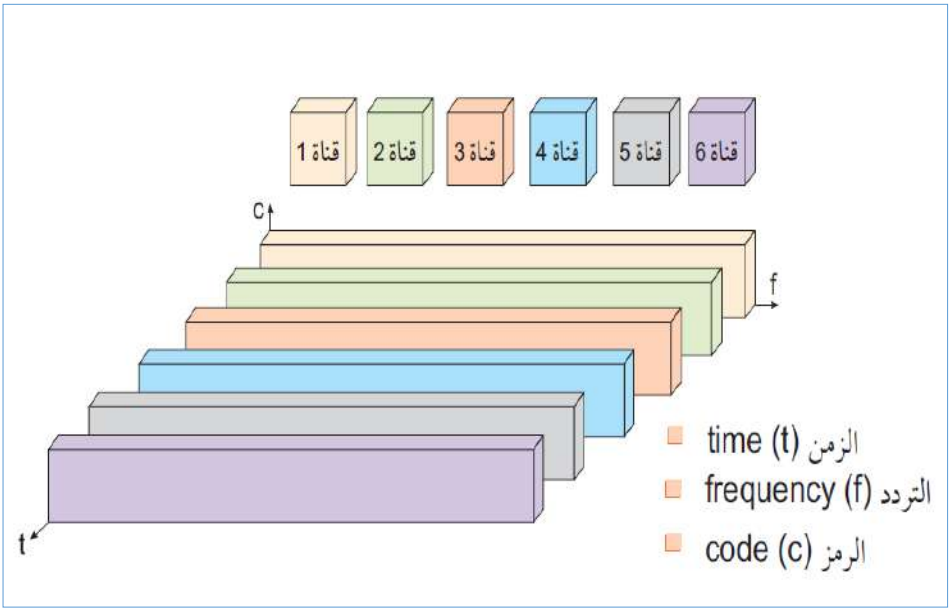
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ عملياً باستخدام اللوحة التدريبية لإرسال أربع إشارات مختلفة بطريقة (FDM).	

3	إرسم شكل الإشارات الداخلة، واحسب تردد كل منها باستخدام راسم الإشارة.
4	إرسم شكل الإشارات الفرعية واحسب تردد كل منها.
5	إرسم شكل الإشارات بعد التضمين واحسب تردد كل منها وتتبع الإشارات المستلمة، وقارن بين الإشارات المرسلة والمستلمة.
6	علق على النتائج التي تم الحصول عليها.

5-3 التعدد بتقسيم الزمن Time Division Multiplexing

تسمح عملية التعدد بإرسال العديد من الإشارات من مصادرها المختلفة عبر القناة نفسها وبالوقت نفسه، عادة ما تستخدم طريقة التعدد بالتقسيم الزمني في الأنظمة الرقمية (Time Division Multiplexing – TDM)، وكذلك طريقة الوصول المتعدد بتقسيم الشفرة (Code Division Multiple Access – CDMA).

يعتمد مبدأ عمل هذا النوع من التعدد على تقسيم الزمن بين أجهزة الإرسال في قناة اتصال واحدة؛ وذلك بالاستفادة من الفترات الزمنية الخالية، وهذا يؤدي إلى زيادة سعة أنظمة الإتصالات، ويتطلب هذا التقسيم التزامن (Synchronization) بين أجهزة الإرسال والاستقبال، لاحظ الشكل (3-14).



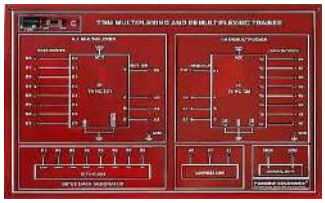
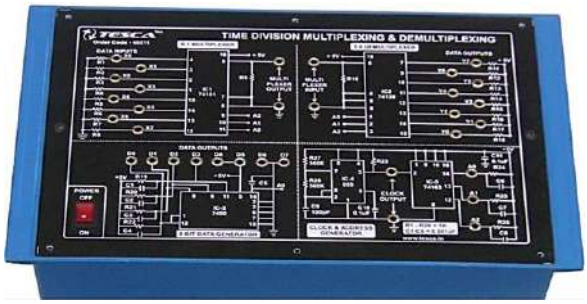
شكل 3-14 توضيح للتعدد بتقسيم الزمن TDM

رقم التمرين:- 12 ب **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- التعدد بالتقسيم الزمني (Time Division Multiplexing – TDM)

مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات اللاسلكية

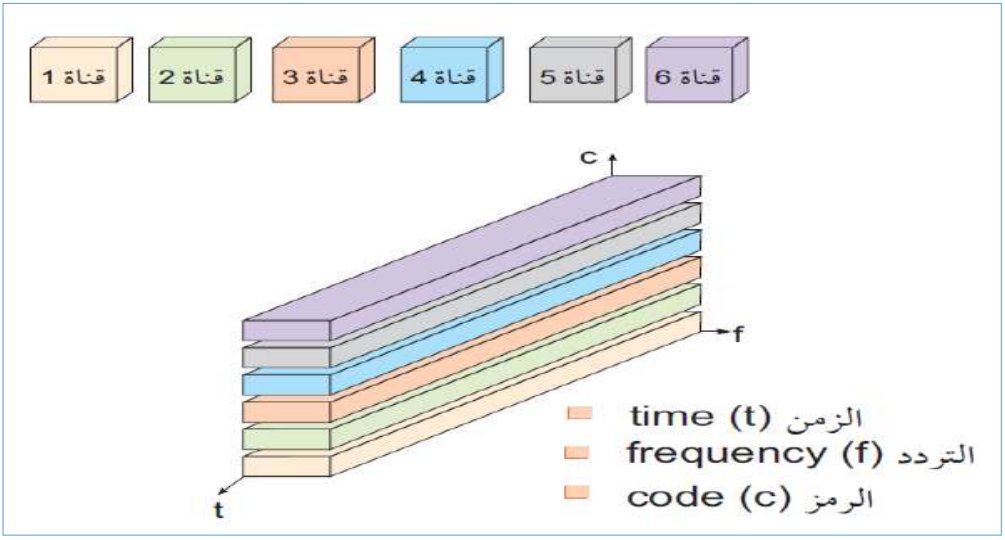
أولاً: الأهداف التعليميـــة:- يكون الطالب قادراً على:
تطبيق وتنفيذ دائرة التعدد بالتقسيم الزمني.
ثانياً: التسهيلات التعليمية:-
1- **اللوحة التدريبية الخاصة بعملية التعدد بالتقسيم الزمني مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2- **مولد متعدد الدوال.**
3- **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4- **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.		
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة التعدد بالتقسيم الزمني (TDM) على اللوحة التدريبية.	
3	حدد أربع إشارات مختلفة لإرسالها بطريقة (TDM).	

4	ارسم شكل الإشارات الداخلة باستخدام راسم الإشارة، وأحسب الحيز الزمني لكل منها.
5	احسب زمن الإطـار لدورة كاملة تحتوي على عدة قنوات فرعية.
6	ارسم الإشارة الخارجة باستخدام راسم الإشارة.
7	قارن بين شكل الإشارات بعد التضمين وبعد الكشف.

6-3 الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي Code Division Multiple Access

في هذا النوع من الإرسال المتعدد تستغل كافة القنوات المتاحة في عملية الإرسال، وذلك بإعطاء كل جهاز إرسال رمزاً خاصـاً، ومن ثم استخدام كامل النطاق المتاح للإرسال، وفي جهاز الاستقبال يمكن التعرف على إشارات كل جهاز بناءً على رمزه، وهذا يؤدي إلى زيادة سعة الأنظمة التي تستخدمه مقارنة بالأنظمة السابقة، كما أنه لا يحتاج إلى التزامن (Synchronization) بين جهاز الإرسال والاستقبال، لاحظ الشكل (3-15).



شكل 3-15 توضيح الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي CDMA

رقم التمرين:12 ج **الزمن المخصص: 3 ساعات**

اسم التمرين: الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي

مكان التنفيـذ: مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- يكون الطالب قادراً على تطبيق وتنفيذ دائرة الوصول المتعدد بتقسيم الشفرة.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- **اللوحة التدريبية الخاصة بعملية الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2- **مولد متعدد الدوال.**
3- **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4- **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**

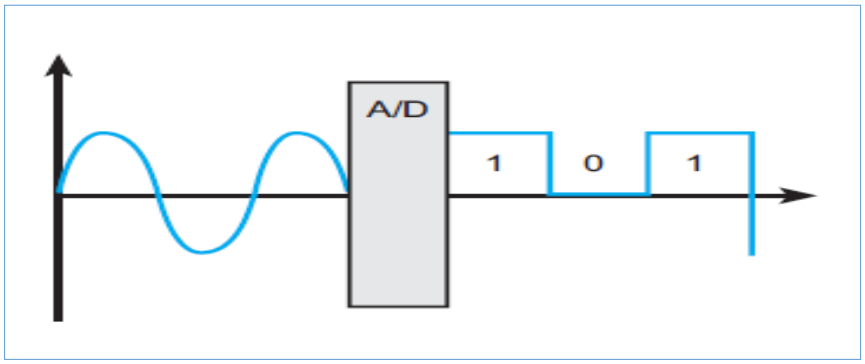
ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة الوصول المتعدد بتقسيم الرمزي (CDMA) على اللوحة التدريبية.	
3	حدد أربع إشارات وإرسلها عن طريق CDMA، وذلك باعطاء كل إشارة رمز خاص بها.	

4	إرسم شكل الإشارات الداخلة باستخدام راسم الإشارة.
5	إرسم الإشارة الخارجة باستخدام راسم الإشارة.
6	قارن بين شكل الإشارات بعد التضمين وبعد الكشف.

7-3 التعيين، التكميم والترميز Quantization and Coding،Sampling

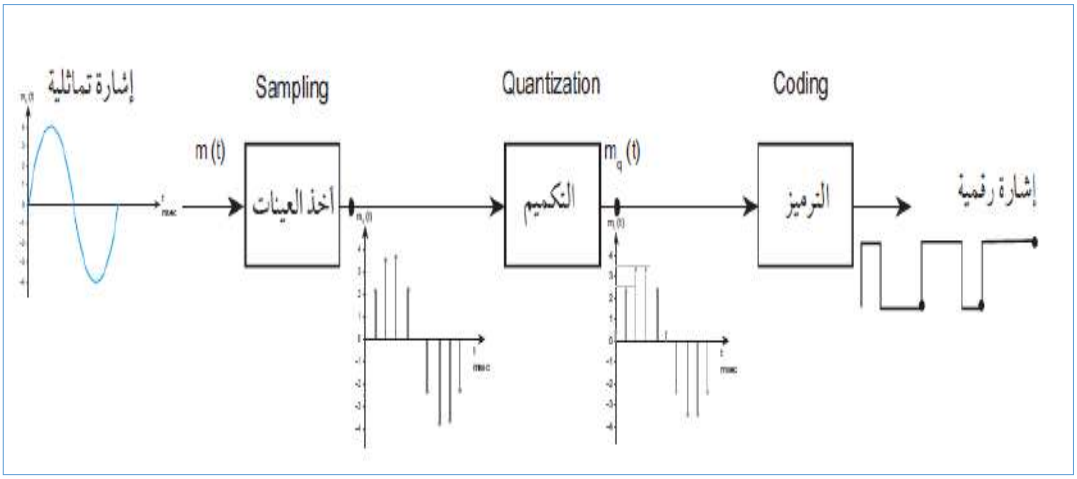
هذه العمليات الثلاث تمثل المراحل التي تجري لتطبيق آلية تحويل الإشارة التماثليـــة (Analog Signal) إلى سلسلة النبضات (Pulses) وفقاً لتغير إشارة المعلومات، وتعرف هذه الآلية بالمحول التماثلي إلى رقمي (Analog to Digital Converter – ADC)، أو التماثلي إلى رقمي (Analog/Digital – A/D)، حيث يكفي إرسال عينات بصورة منتظمة في وحدة الزمن عوضـاً عن إرسال الإشارة التماثلية، لاحظ الشكل (3-16).



شكل 3-16 توضيح تحويل إشارة تماثلية إلى رقمية

وتقسم مراحل آلية التحويل التماثلي/الرقمي إلى ثلاث مراحل ـ كما ذكرنا سابقـاً ـ وهي:

1. التعيين (Sampling): وتعرف أيضاً بعملية أخذ العينات، حيث تؤخذ قيم لحظية لاتساع الإشارة التماثلية المتصلة في فترات محددة، بحيث تصبح الإشارة منفصلة في مجال الزمن.
2. التكميم (Quantization): وهي عملية تقريب القيم اللحظية (Samples) والتي أخذت في مرحلة أخذ العينات إلى مستويات محددة (Levels).
3. الترميز (Coding): هي عملية إعطاء مستويات التكميم رموزاً رقمية محددة (رموز النظام الثنائي 0 أو 1)، ويبين الشكل (3-17) مخططـاً لعملية التحويل التماثلي/الرقمي، حيث تمثل m(t) إشارة المعلومات التماثلية المراد إرسالها وللتسهيل سيتم اعتبارها إشارة جيبية.



شكل 3-17 توضيح مراحل عملية التحويل التماثلي إلى رقمي

تمرين رقـم: 13 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين: التعيين/التكميم/الترميز (Sampling/Quantization/Coding)

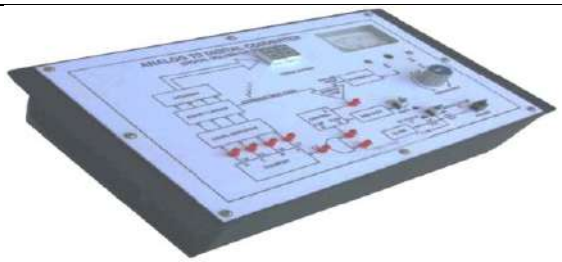
مكان التنفيـذ: مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- يكون الطالب قادراً على:
تطبيق وتنفيذ المراحل الثلاث الخاص بآلية التحويل التماثلي إلى رقمي.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-

1- اللوحة التدريبية الخاصة بعملية التحويل التماثلي إلى رقمي مبنية من قبل مسؤول المختبر.
2- مولد متعدد الدوال.
3- راسم الإشارة (Oscilloscope).
4- أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.

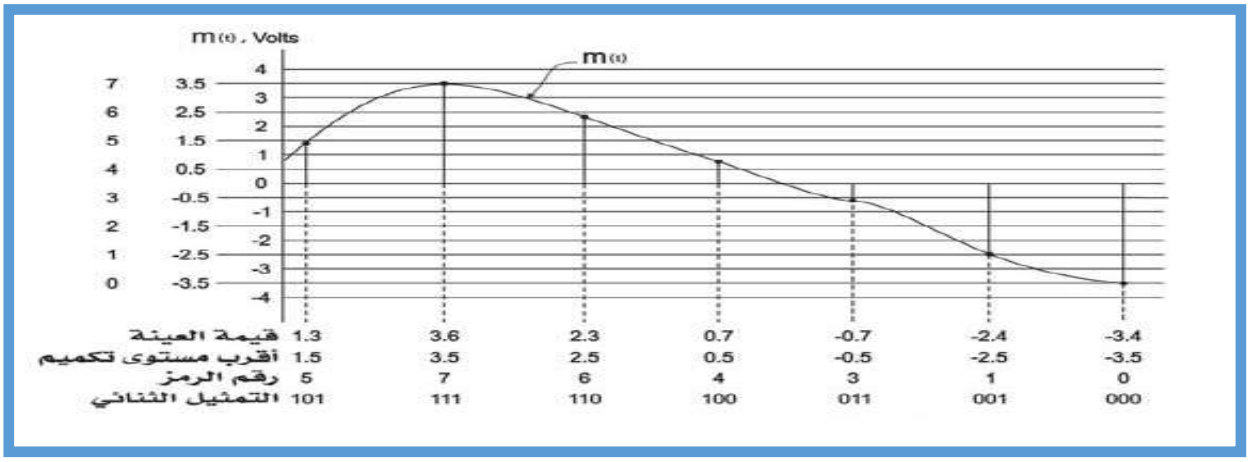
ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة ، الرسومات

1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة التحويل التماثلي إلى رقمي (ADC) على اللوحة التدريبية.	
3	نفذ دائرة A/D على القيم (0.4 V، 0.6 V).	
4	تتبع الإشارة الداخلة على مداخل المقارن.	
5	ارسم شكل نبضات الساعة.	
6	جهز قيم أخرى على الدائرة وأعد نفس الخطوات السابقة.	

8-3 التضمين النبضي المشفر Pulse Code Modulation – PCM

في عام 1938م حصل العالِم البريطاني أليك هارلي ريفز (Alec Harley Reeves) على براءة اختراع لإدراكه الإمكانية التي يمتلكها التضمين النبضي المشفر (PCM) لتقليل الضوضاء عندما يتم نقل إشارة صوتية لمسافات طويلة جداً، فهذا النوع من التضمين يعد أحد الطرق المستخدمة لتحويل إشارة المعلومات التناظرية إلى إشارة رقمية؛ وهذه الطريقة تعتبر من الطرق الشائعة لتمثيل المواد السمعية في الحواسيب، الأقراص المدمجة، الهواتف الرقمية وتطبيقات رقمية أخرى.

التضمين النبضي المشفر هو نوع من إشارات النطاق الأساسي التي يتم الحصول عليها بعد تكميم إشارات تضمين سعة النبضة (Pulse Amplitude Modulation – PAM) عن طريق تشفير كل عينة المكممة إلى كلمة رقمية (Digital Word). المعلومات الأصلية يتم تطبيق أخذ العينات عليها ثم تكميمها من واحد إلى (L) من المستويات، ثم كل عينة مكممة يتم تشفيرها رقمياً إلى (l) بتات ($l=\log_2 L$) كلمة رقمية، في إتصالات النطاق الأساسي، بتات الكلمة المشفرة يتم نقلها عن طريق موجات نبضية، الشكل (3-18) يوضح مثال تطبيقي لتعديل نبضي مشفر بمراحله الثلاث: التعميم، التكميم، الترميز.



شكل 3-18 العلاقة بين معامل التضمين وسعة الموجة المضمنة وسعة الموجة الحاملة

تمرين رقـم:14أ **الزمن المخصص: 3 ساعات**

اسم التمرين: التضمين النبضي المشفر (Pulse Code Modulation - PCM)

مكان التنفيـذ: مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- يكون الطالب قادراً على:
تطبيق وتنفيذ التضمين النبضي المشفر.
ثانياً: التسهيلات التعليمية:-
1- **اللوحة التدريبية الخاصة بعملية التضمين النبضي المشفر مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2- **مولد متعدد الدوال.**
3- **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4- **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**
ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

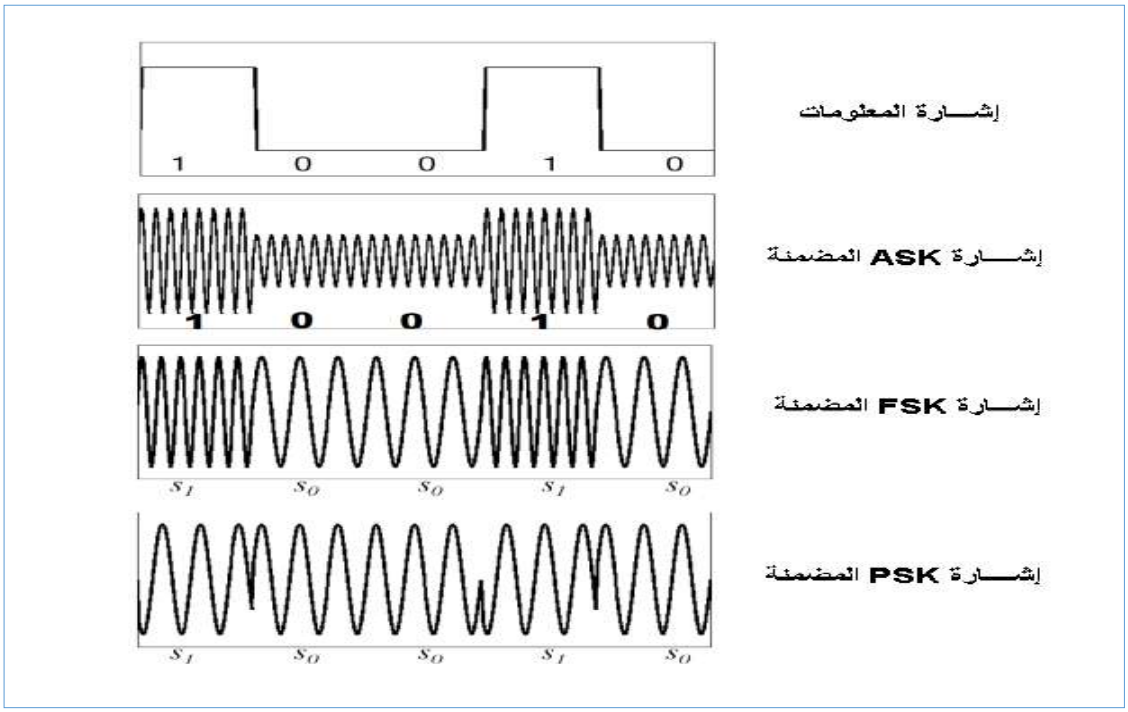
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة التضمين النبضي المشفر (PCM) على اللوحة التدريبية.	
3	إرسم شكل إشارة المعلومات المراد نقلها باستخدام راسم الإشارة.	
4	إرسم شكل النبضات بعد عملية النمذجة (أخذ النماذج) باستخدام راسم الإشارة.	
5	سجل النتائج.	
6	قارن بين شكل الإشارات بعد التضمين وبعد الكشف.	

9-3 تضمين إزاحة السعة مفتاحياً Amplitude Shift Keying – ASK

تضمين إزاحة السعة مفتاحياً يعد واحدا من أنواع التضمين الرقمي، والذي يتم فيه تضمين الإشارة التماثلية للموجة الحاملة ـ والتي تكون عادة إشارة جيبية أي لها تردد واحد فقط ـ بإشارة متقطعة؛ وذلك بتغيير أحد الخصائص الثلاث للإشارة الحاملة وهي: السعة (Amplitude)، أو التردد (Frequency)، أو الطور (Phase) والتضمين الرقمي يمكن إعتباره عملية تحويل من رقمي إلى تماثلي.

إن وجود التضمين الرقمي أصبح ضرورياً للحاجة لاستخدام وسائل نقل تماثلية لنقل إشارات رقمية، فمن التطبيقات الشائعة على هذا النوع من التضمين هو خط الهاتف فهو مصمم لنقل موجات تماثلية وليست رقمية، ومع ذلك فإن الحواسيب يمكن أن تتصل بعضها مع بعض عن طريق خط الهاتف باستخدام جهاز يقوم بعملية التضمين الرقمي وهو جهاز المودم (Modem)، والتضمين الرقمي له عدة أنواع من أهمها:

- الأول تضمين إزاحة السعة مفتاحياً Amplitude Shift Keying (ASK): وفيه يتم تغيير سعة الإشارة الحاملة بواسطة الإشارة الرقمية (إشارة المعلومات)، وبما أن الإشارة الرقمية ثنائية التركيب؛ فلذلك يكون تغيير السعة بجعلها مساوية لقيمة محددة موجبة عادة، أو مساويةً للصفر؛ كما لو أنه تم إجراء عملية ضرب لقيمة الإشارة الحاملة ـ والتي تكون إشارة جيبية ـ بالقيمة (1) أو (0) وهذا بالطبع يعتمد على تركيبة سلسلة البتات التي تمثل الإشارة الرقمية، وكما هو موضح في الشكل (3-19).



شكل 3-19 أنواع إشارات التضمين الرقمي بإزاحات مختلفة مفتاحياً

- الثاني تضمين إزاحة الطور مفتاحيًا Phase Shift Keying (PSK): وفيه يتم تغيير زاوية طور الإشارة الحاملة بواسطة الإشارة الرقمية (إشارة المعلومات)، ويتم ذلك التغيير عن طريق إضافة طور قيمته صفر من الدرجات للتعبير عن قيمة (1) وإضافة طور قيمته (180) درجة

للتعبير عن قيمة (0) حيث إن (1) و(0) تمثل مكونات سلسلة البتات في الإشارة الرقمية، كما هو موضح في الشكل (3-19).

- الثالث تضمين إزاحة التردد مفتاحيًاً Frequency Shift Keying (FSK): وفيه يتم تغيير تردد الإشارة الحاملة بواسطة الإشارة الرقمية (إشارة المعلومات)، ويتم ذلك التغيير عن طريق إضافة قيمة صغيرة للتعبير عن (1) وطرح نفس القيمة الصغيرة منه للتعبير عن (0) وهذه القيمة الصغيرة ووحداتها هرتز تحدث أنحرافاً ترددياً في تردد الإشارة الحاملة، كما هو موضح في الشكل (3-19).

في جميع أنواع التضمين الثلاثة السابقة يتم استخدام موجة حاملة جيبية والتي يمكن التعبير عنها بالصيغة الرياضية التالية:

$$v_c(t) = A_c \sin(\omega_c t + \theta) = A_c \sin(2\pi f_c t + \theta)$$

حيث تمثل:

$V_c(t)$: تغير فرق الجهد مع الزمن t.

A_c: سعة الموجة الحاملة الجيبية.

ω_c: التردد الزاوي للموجة الجيبية Angular Frequency.

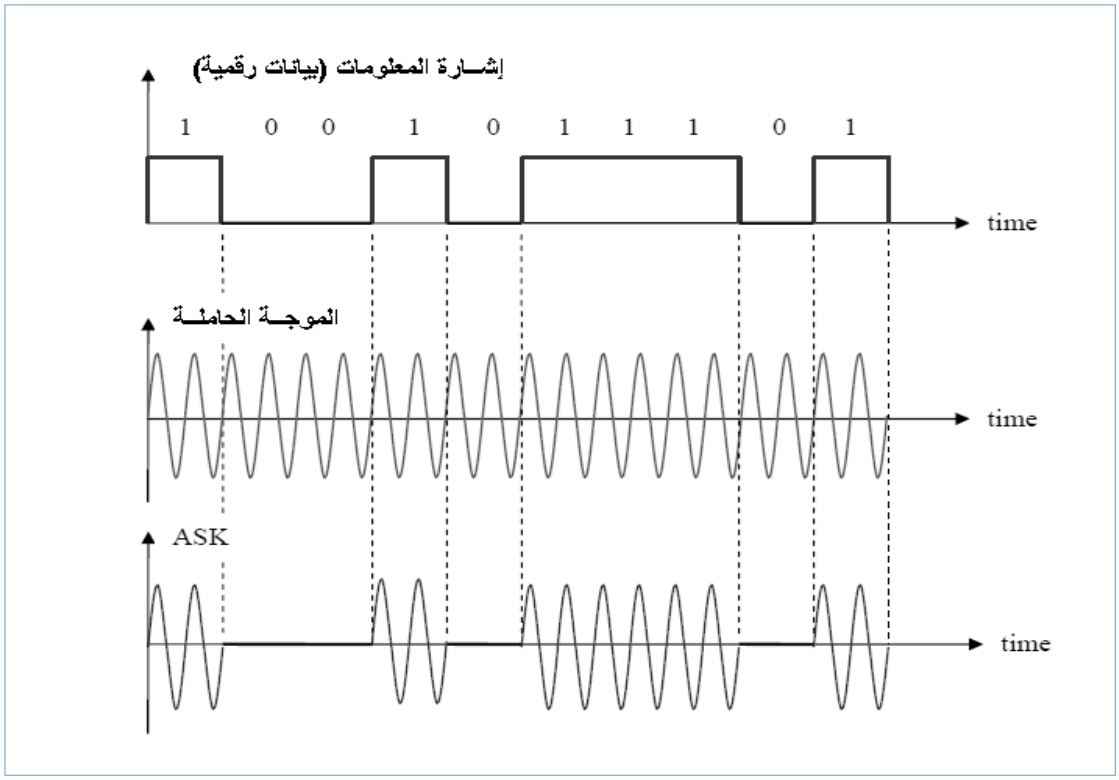
f_c: تردد الموجة الحاملة الجيبية بالهيرتز.

θ: طور الموجة الحاملة الجيبية وتقاس بالراديان.

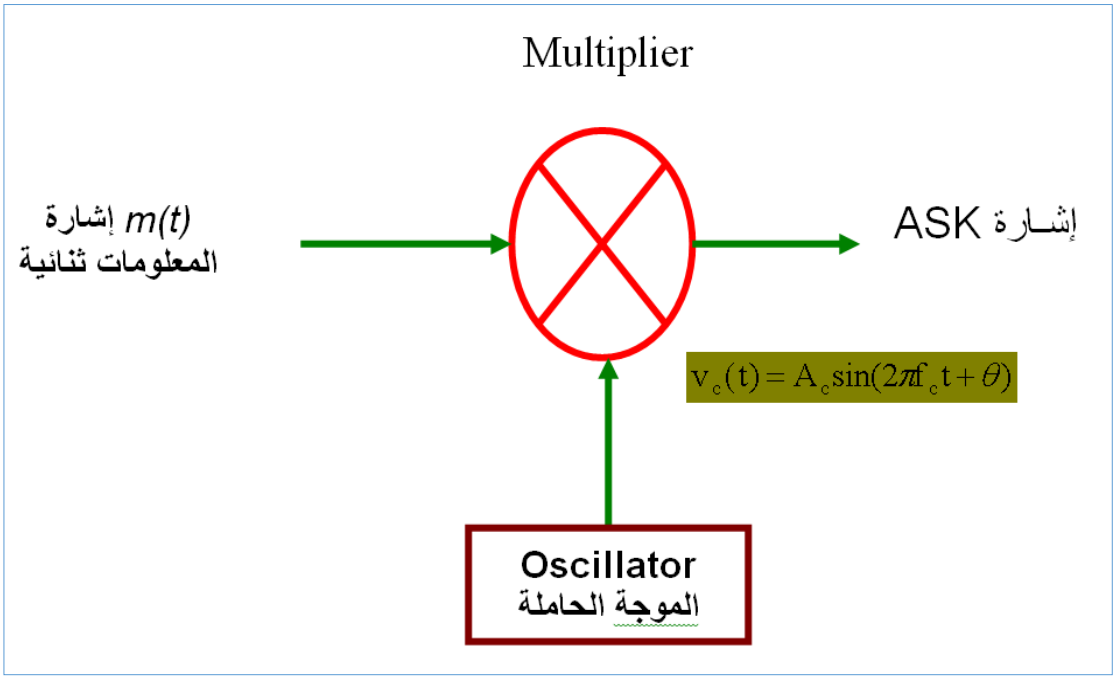
ويعد تضمين إزاحة السعة مفتاحياً أبسط أنواع التعديل الرقمي وتسمى أيضاً تضمين التشغيل والإغلاق مفتاحياً (On Off Keying OOK) ويتم باستخدام إشارة حاملة تماثلية تقع غالباً في النطاق الترددي الراديوي (Radio Frequency RF)؛ فلذا يمكن أن يُنظر للإشارة بأنها الإشارة الحاملة مبدلة بين قيمتين موجودة لتمثيل قيمة (1)، أو غير موجودة لتمثيل (0)، كما في الشكل (3-20).

يمكن استخدام الدائرة في شكل (3-21) لتوليد إشارة (ASK) حيث يتم ضرب إشارة المعلومات ذات التمثيل الرقمي الثنائي بإشارة الموجة الحاملة عن طريق (Multiplier).

الإشارة الحاملة يتم ضربها: أما بقيمة موجبة عندما تكون m(t) تمثل الرقم (1)، وينتج عنها نبضة راديوية تستمر لفترة زمن البت، أو يتم ضربها بقيمة صفر عندما تكون m(t) تمثل الرقم (0) وعندها لا تكون هناك نبضة راديوية أي لا يكون هناك إرسال، وكبديل لهذه الطريقة يمكن تبديل مصدر الإشارة الحاملة وهو المذبذب الراديوي (Oscillator) بين الحالتين تشغيل لتمثيل قيمة (1) أو عدم التشغيل لتمثيل قيمة (0).



شكل 3-20 توليد إشارة ASK



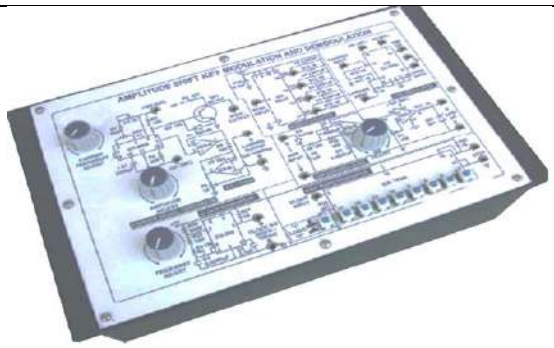
شكل 3-21 دائـرة توليد إشارة ASK

تمرين رقـم: 14ب **الزمن المخصص: 3 ساعات**

اسم التمرين: تضمين إزاحة السعة مفتاحيًا Amplitude Shift Keying – ASK

مكان التنفيـذ: مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- يكون الطالب قادراً على:
تطبيق وتنفيذ تضمين إزاحة السعة مفتاحيـاً.
ثانياً: التسهيلات التعليمية:-
1- اللوحة التدريبية الخاصة بعملية تضمين إزاحة السعة مفتاحيـاً مبنية من قبل مسؤول المختبر.
2- مولد متعدد الدوال.
3- راسم الإشارة (Oscilloscope).
أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.
ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة تضمين إزاحة السعة مفتاحياً (ASK) على اللوحة التدريبية.	
3	إرسم شكل الإشارة الحاملة وسجل سعتها وترددها.	

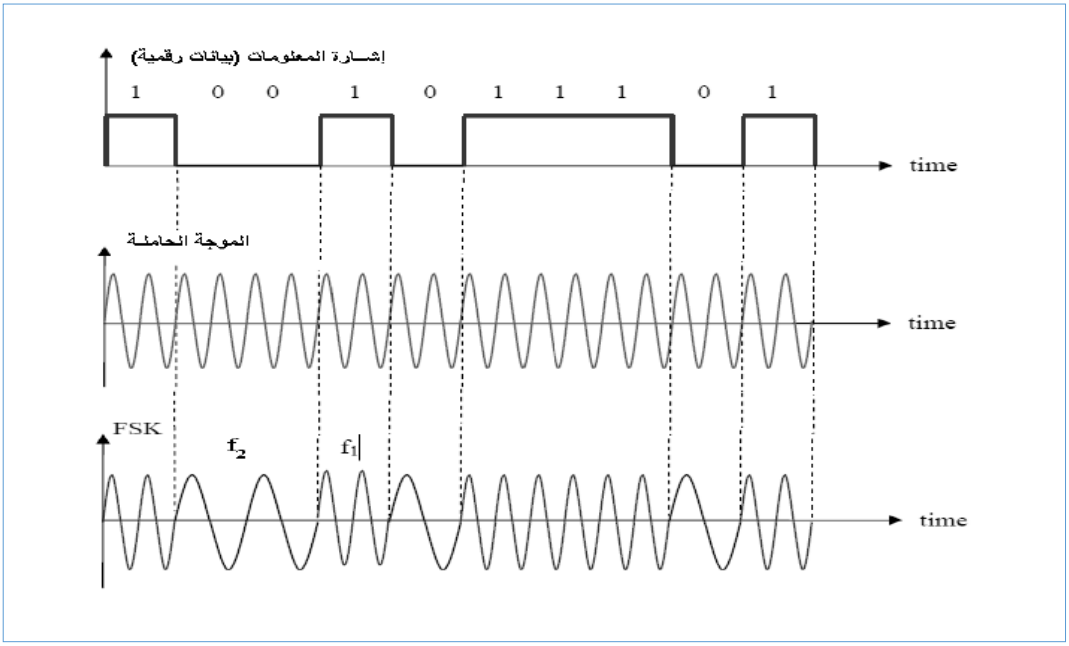
4	إختر إشارة رقمية (1101110001) وقم برسم النبضات قبل التضمين.
5	إرسم شكل إشارة (ASK).
6	اختر إشارة رقمية أخرى ونفذ الخطوات السابقة (0011001010).

10-3 تضمين إزاحة التردد مفتاحياً Frequency Shift Keying – FSK

في هذا النوع من التضمين تحتوي إشارة إزاحة التردد مفتاحياً كما في الشكل (22-3) على ترددين هما: f_1 و f_2 حيث:

$$f_1 = f_c - \Delta f \qquad f_2 = f_c + \Delta f$$

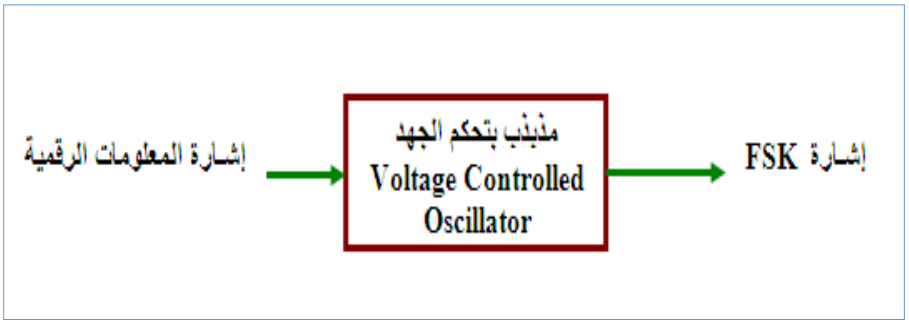
أن f_c عبارة عن تردد الإشارة الحاملة والتي تكون كما في حالة تضمين إزاحة السعة مفتاحياً في المدى الترددي الراديوي RF، وهذا النوع من التضمين يعد أقل حساسية لأخطاء الإرسال من ضوضاء وتداخل وتشتت للإشارة بتعدد المسارات.



شكل 22-3 توليد إشارة FSK

يمكن توليد إشارة (FSK) عن طريق استخدام الإشارة الرقمية الأساسية كإشارة ضبط للتحكم في مذبذب نوع التحكم فيه يتم عن طريق الجهد (Voltage Controlled Oscillator–VCO) كما هو موضح في الشكل (23-3)، وبما أن الإشارة الرقمية لها قيمتان فقط أمَّا (1)، أو(0) فبناءً على ذلك يكون الخارج من المذبذب له ترددين: الأول عندما تكون قيمة إشارة التحكم ممثلة للقيمة (1) والآخر

عندما تكون قيمة إشارة التحكم ممثلة للقيمة (0) وبما أن المذبذب يولد إشارة جيبية؛ فلذا يكون الخارج في حالة التحكم بإشارة رقمية ثنائية عبارة عن إشارة جيبية لها ترددين أحدهما أعلى من f_c بالمقدار $\Delta f+$ والآخر أصغر من f_c بنفس المقدار Δf.



شكل 3- 23 دائـرة توليد إشارة FSK

تمرين رقـم:14ج **الزمن المخصص: 3 ساعات**

اسم التمرين: تضمين إزاحة التردد مفتاحياً (Frequency Shift Keying – FSK)

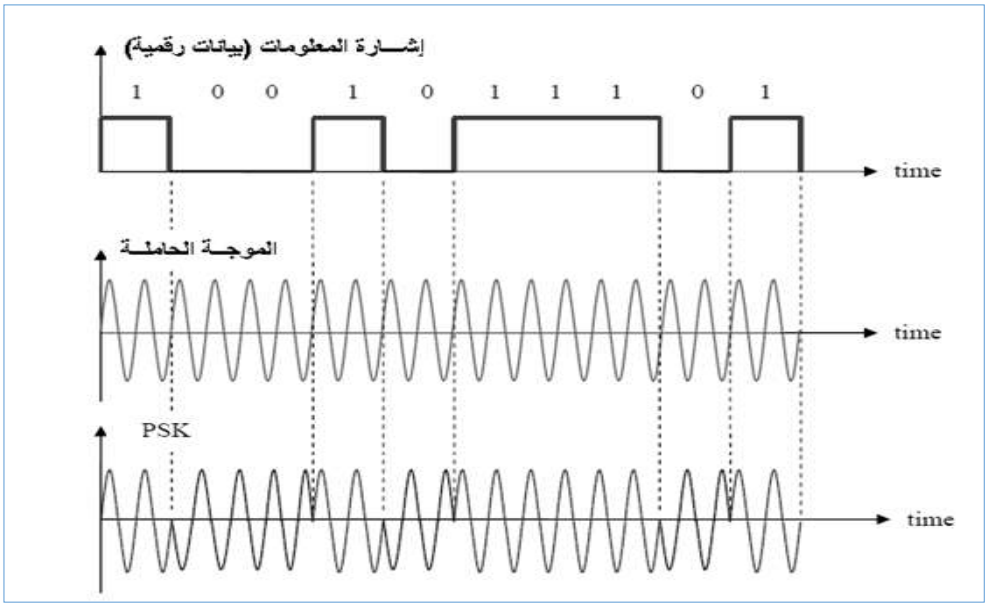
مكان التنفيـذ: مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليميـــة:- يكون الطالب قادراً على:
تطبيق وتنفيذ تضمين إزاحة التردد مفتاحياً.
ثانياً: التسهيلات التعليمية:-
1- اللوحة التدريبية الخاصة بعملية تضمين إزاحة التردد مفتاحياً مبنية من قبل مسؤول المختبر.
2- مولد متعدد الدوال.
3- راسم الإشارة (Oscilloscope).
أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات		
1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة تضمين إزاحة التردد مفتاحياً (FSK) على اللوحة التدريبية.	
3	إرسم شكل الإشارة للمذبذبات وسجل مقدار سعتها وترددها باستخدام راسم الإشارات.	
4	إختر إشارة رقمية (1010111000101) وارسم شكل النبضات بعد المفتاح.	
5	إرسم شكل إشارة الخرج (FSK).	
6	غير تردد إشارات المذبذبات وحدد الفرق بين الحالتين.	
7	إختر إشارة رقمية (000011110000) وارسم إشارة (FSK).	

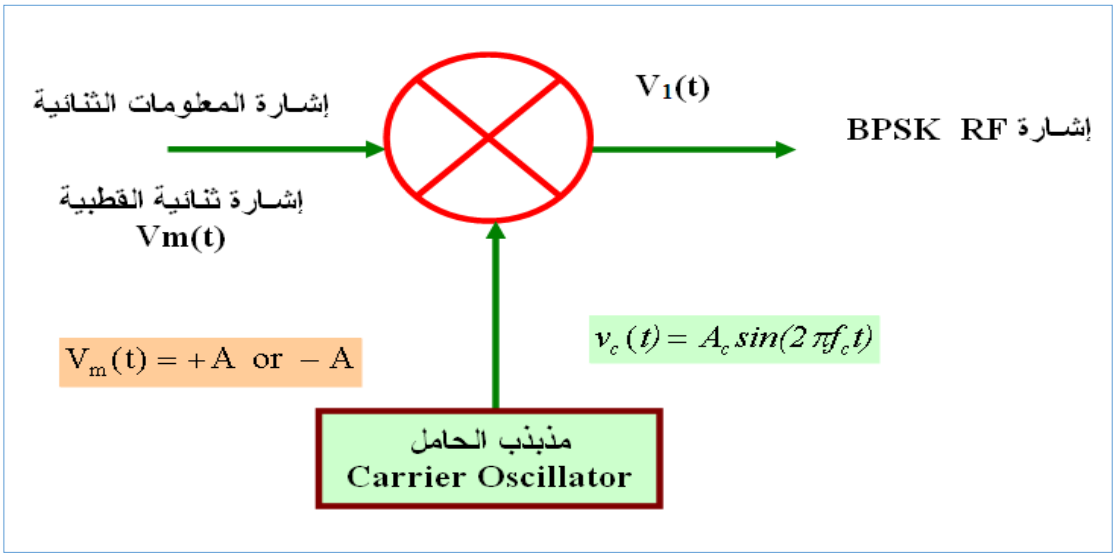
11-3 تضمين إزاحة الطـور مفتاحيـاً Phase Shift Keying – PSK

يتم في هذا النوع من التضمين تغيير قيمة طور الإشارة الحاملة بين قيمتين: صفر أو 180 درجة، وهذا التغيير يعتمد على قيمة إشارة المعلومات الرقمية التي تكون أمَّا (1)، أو (0) ونظراً، لأن الإشارة الحاملة جيبية فإن إضافة طور صفر لها لن يغير من قيمتها شيئاً، وأن القيمة العليا لها هي اتساع الإشارة الحاملة، وأن إضافة طور قيمته 180 درجة سوف يغير في إشارة الاتساع من الموجب إلى السالب، وفي حالة تكرار الإشارة تبقى قيمة الطـور بـدون تغيير أي (0) درجة، لاحظ الشكـل (3-24).



شكل 3-24 توليد إشارة PSK

يمكن إستخدام الدائرة في الشكل (3-25) لتوليد إشارة (PSK) حيث يتم ضرب إشارة المعلومات ذات التمثيل الرقمي الثنائي بإشارة الموجة الحاملة عن طريق (Multiplier)، وفي هذه الدائرة لابُد من تحويل الإشارة الثنائية أحادية القطبية (Unipolar) إلى ثنائية القطبية (Bipolar)، حيث يمثل (1) بنبضة ذات جهد موجب (+A) وقيمة الصفر(0) بنبضة ذات جهد سالب (-A).



شكل 3-25 دائرة توليد إشارة PSK

تمرين رقم: 14 د **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين: تضمين إزاحة الطور مفتاحياً Phase Shift Keying – PSK

مكان التنفيذ: مختبر الشبكات اللاسلكية

أولاً: الأهداف التعليمية:- يكون الطالب قادراً على:
تطبيق وتنفيذ تضمين إزاحة الطور مفتاحياً.

ثانياً: التسهيلات التعليمية:-
1- **اللوحة التدريبية الخاصة بعملية تضمين إزاحة الطور مفتاحياً مبنية من قبل مسؤول المختبر.**
2- **مولد متعدد الدوال.**
3- **راسم الإشارة (Oscilloscope).**
4- **أسلاك توصيل ومصدر تغذية متردد 220 V.**

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات

1	جهز المواد والأجهزة اللازمة.	
2	نفذ توصيل دائرة تضمين إزاحة الطور مفتاحيـاً (PSK) على اللوحة التدريبية.	
3	إرسم شكل الإشارات الحاملة للمذبذبات وسجل مقدار سعتها وترددها باستخدام راسم الإشارات.	
4	إختر إشارة رقمية (11000111) وارسم شكل النبضات.	
5	إرسم شكل إشارة الخرج (PSK).	
6	غير تردد الإشارة الحاملة وحدد الفرق بين الحالتين.	
7	إختر إشارة رقمية (1101011) وارسم إشارة (PSK).	

أسئلة الفصــل الثالث

س1/ ما المقصود بمفهوم التضمين؟

س2/ كيف يتم حساب معامل التضمين؟

س3/ اشرح الدائرة الإلكترونية لتضمين السعة؟

س4/ ارسم دائرة مضمن (FM) باستعمال مكثف متغير؟

س5/ اشرح تضمين الطور؟

س6/ ما المقصود بالتعدد بالتقسيم الترددي؟ والتعدد بالتقسيم الزمني؟

س7/ وضح مفهوم الوصول المتعدد بالتقسيم الرمزي؟

س8/ ما المقصود بالتعيين والتكميم والترميز؟

س9/ ما المقصود بكل من:

- ASK؟
- FSK؟
- PSK؟

الفصل الرابع

مبادئ الشبكات الخلوية

أهداف الفصل الرابع

أن يكون الطالب قادراً على:

- التعرف على المهارات العملية في كيفية تركيب الشبكات اللاسلكية الخلوية والتركيز على نظام GSM.
- التعرف على كل من الاستدعاء PAGING وإعادة استخدام التردد REQUANCY RESUE والتسليم HANDOFF.

محتويات الفصل الرابع

4-1 مقدمة.

4-2 النظام العالمي للاتصالات المتنقلة.

4-3 خدمة الرسائل القصيرة.

4-4 متابعة مكالمة من المحطة المتنقلة إلى مكتب التحويلات.

4-5 الاستدعاء.

4-6 التجوال.

4-7 التسليم.

4-8 تأثيرات الإنتشار الإذاعي للهاتف الخلوي وشدة الإشارة.

4-1 مقدمة

في الوقت الذي استطاع به الإنسان أن يستخدم الكثير من وسائل التكنولوجيا لتنمية وتطوير حياته من جوانب عدة، تأثرت وبصورة واضحة بعض مظاهر الحياة الطبيعية للمجتمعات فالتقنية التي أسدت للانسان واحدة من أجل الخدمات في تأريخه ظلت باستمرار فرس الرهان للمستقبل الانساني، ومصدر قوة البشر في اقتحام آفاق التقدم في مختلف الظروف، وتؤثر تكنولوجيا الإتصالات اللاسلكية اليوم على حياتنا بدرجة أكبر من أي وقت مضى.

إن الشبكات المتنقلة من شبكات الإتصالات اللاسلكية تعمل على نقل الصوت والبيانات بطريقة رقمية حيث تقوم بتحويل الأصوات والبيانات إلى سيل من البتات (bits) التي تحتوي على 0 و1 ومن ثم إرسالها لاسلكياً على عكس الجيل الأول والذي كان يستخدم التقنية التماثلية (غير الرقمية)، والتي لم تكن تتيح نقل البيانات والمعلومات والجيل الثاني من الشبكات اللاسلكية أتاح للمستخدم إمكانية إرسال الرسائل النصية وتصفح الأنترنت وإرسال واستقبال الفاكس، كما إن هذا الجيل من شبكات الاتصال اللاسلكي مشفر يتمتع بتقنية التشفير، ومن ضمن التقنيات التي تستخدم حالياً في هذا الجيل هي تقنية GSM و CDMA.

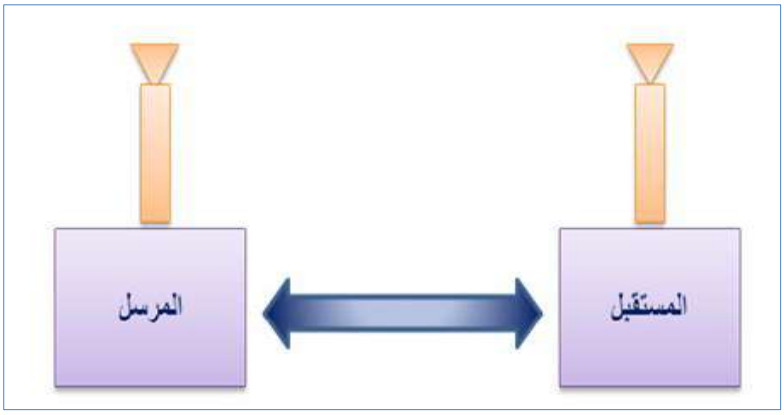
4-2 النظام العالمي للاتصالات النقالة
Global System for Mobile Communications - GSM

إن نظام GSM هو الجيل الثاني من نظم الإتصالات الرقمية المتنقلة الذي بدأ التخطيط له عام 1982وتم استخدامه 1991م وذلك مع تطور التقنية الرقمية والطلب المتزايد عليها. يمتاز هذا الجيل بسعة أو قدرة أعلى بعدة مرات من النظام التماثلي كما أنه يقدم ميزات خدمية أكثر وبنوعية عالية الجودة وتكلفة منخفضة، وهو أشهر الأنظمة ويستخدم في العديد من دول العالم وصمم ليعمل مع الجيل الأول. يستخدم نظام GSM تقنية الوصول المتعدد بتقسيم الزمن TDMA للنقل، تم وضع هذا النظام من قبل منظمة المواصفات القياسية الأوربية للإتصالات (ETSI)، وتطورعام 1996م إلى النظام DCS و(نظام التحكم الموزع) والذي لايختلف عن نظامنا كثيراً الا في التردد حيث أن تردده MHZ 1800. توجد عدة أنظمة لعمل شبكة الـ GSM وهي:

1. نظام GSM-900 MHz.
2. نظام GSM-1800 MHz.
3. نظام GSM- 1900 MHz

يعمل نظام GSM على نحو مماثل للشبكة الإذاعية النقالة، ولكن يمتلك كل مشتركي نظام GSM بطاقة تعريفية مشتركة SIM (Subscriber Identity Module) تحتوي على ذاكرة معالج دقيق تستخدم لتخزين المعلومات الشخصية مثل رقم الهاتف الخلوي ويتم تشغيل الهاتف بإدخال هذه البطاقة مما يسمح للمشترك بفتح حساب على رقمه الخاص.

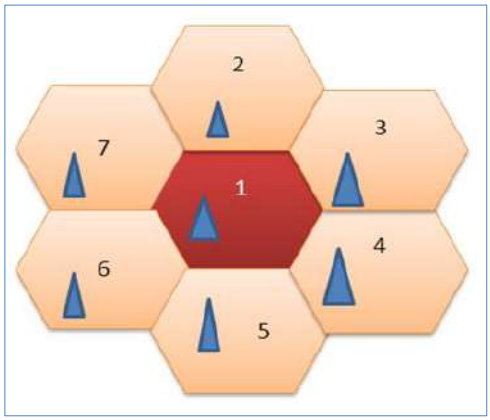
يستخدم نظام GSM نظم ارسال مزدوجة (Full Duplex) حيث يتم الاتصال المتزامن بين المشترك والقاعدة الثابتة ويتم الارسال والاستقبال من وإلى المشترك، بنفس الوقت باستخدام قناتين منفصلتين بينهما تزامن كما موضح في الشكل (4-1).



الشكل 4-1 نظام ارسال مزدوج Full Duplex

4-2-1 مبدأ عمل الشبكة الخلوية

يقوم نظام الشبكة الخلوية على تقسيم المدينة إلى عناقيد (Clusters)، وكل عنقود عبارة عن مجموعة من الخلايا (Cells) حيث تمثل الخلية الوحدة الأساسية للنظام النقال، ويوجد مركز اتصال في كل خلية متمثلة بمحطة اتصال فرعية (إرسال - إستقبال) تخدم كل الهواتف النقالة الموجودة ضمن منطقة الخلية التي تغطيها. تم تبني النظام السداسي لشكل الخلية في التصميم، لأسباب عملية واقتصادية لمعالجة مناطق التداخل (Interference)، أو المناطق الميتة (Dead Zone) ويمثل التغطية الكهرومغناطيسية من أي مرسل، الشكل (4-2) يوضح العنقود (Cluster).



الشكل 4-2 العنقود Cluster

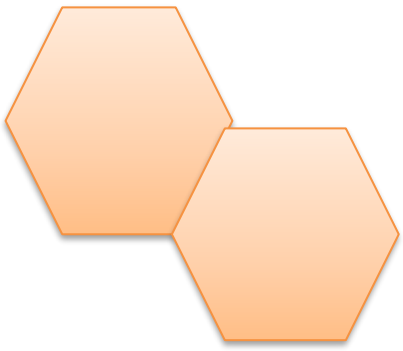
رقم التمرين: 15 **الزمن المخصص:** 3 ساعات

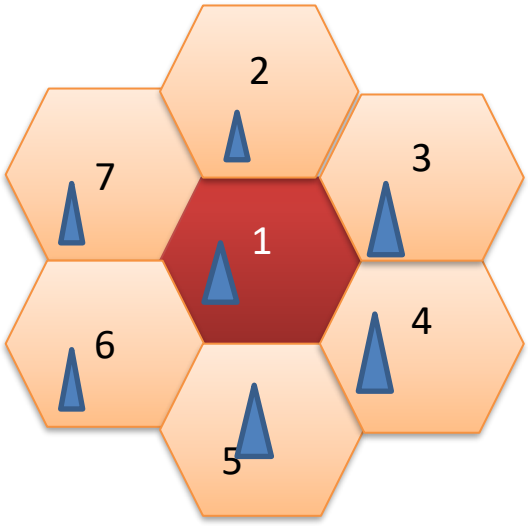
اسم التمرين: التعرف على مبادئ الشبكة الخلوية - شكل الخلية

مكان التنفيذ: مختبر الحاسوب

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادراً على التعرف على مبادئ الشبكة الخلوية-شكل الخلية.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.		
1	إفتح الحاسوب المتوفر لديك على منضدة العمل.	
2	إرسم شكلا سداسيا في الشريحة ثم ارسم شكلا سداسيا اخر بجانب الشكل الاول. باستخدام برنامج Power Point 2010	

3	كرر رسم الاشكال السداسية لتكوين عنقود cluster بحيث لا يوجد أي فراغ بين الخلايا مع ترقيم الخلايا حسب الترتيب الموضح في الشكل ثم ادرج شكل مثلث داخل كل خلية يمثل شكل برج الإتصال. أكمل الرسم ثم أنشئ حافظة جديدة New Folder باسم مبادئ الشبكة الخلوية ثم احفظ العرض التقديمي في الحافظة باسم شكل الخلية.	
4	اغلق برنامج power point 2010 من زر office من خلال الخيار close ثم اغلق الحاسوب من خلال الخيار Shut down بالترتيب.	

نشـــاط

هل يمكنك عزيزي الطالب رسم الخلية باستخدام تطبيق آخر؟

2-2-4 قنوات الهاتف الخلوي Cell Phone Channels

يتكون نظام GSM من نوعين من القنوات الأولى تدعى قنوات النقل Traffic Channel ويرمز لها TCH والثانية قنوات التحكم Control Channel ويرمز له CCH.هذه القنوات تحمل أوامر التأشير والتزامن بين المحطة القاعدية والمحطة المتنقلة. كل خلية لها محطة اتصال، والتي تتكون من برج هوائي وبناء صغير يحتوي على أجهزة إذاعية. كل خلية مفردة في النظام التمثيلي تستخدم 7/1 من القنوات الصوتية ثنائية الاتجاه المتوفرة.كل خلية تستخدم القنوات السبع المتوفرة، أي لديها مجموعة فريدة من الترددات ولا يوجد تداخل.

- التردد الحامل للهاتف الخلوي يحصل على 832 تردد راديوي (لاسلكي) لاستخدامها ضمن المدينة.
- يستخدم كل هاتف خلوي ترددان في المكالمة الواحدة (832÷2=416).
- تؤخذ 395 قناة صوتية لكل حامل (الترددات الباقية 42 تستخدم من قبل قنوات التحكم)
- كل خلية لديها (395÷7 ≈ 56) 56 قناة صوتية متوفرة أي يستطيع 56 شخص أن يستخدموا هواتفهم الخلوية بنفس الوقت.

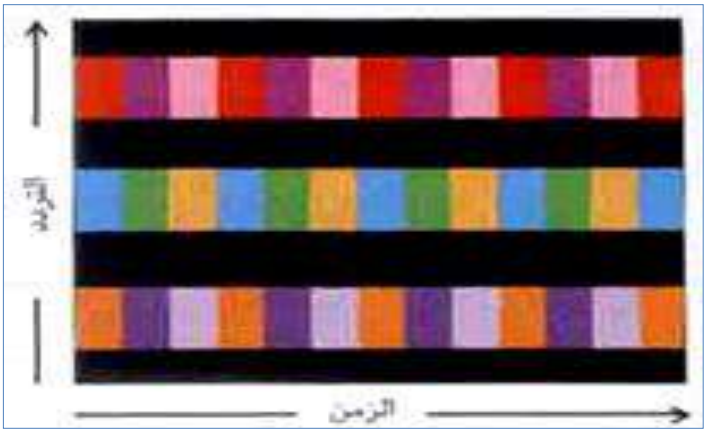
مع طرق الإرسال الرقمي، فإن عدد القنوات المتوفرة يتزايد. على سبيل المثال، نظام رقمي TDMA يستطيع تخديم ثلاثة أضعاف ما يستطيع النظام التماثلي حيث كل خلية لديها حوالي 168 قناة متوفرة.

تعمل أجهزة الهاتف الخلوي بموجات الراديو اللاسلكية، وبطاقة كهربائية ضئيلة جدا (حوالي 0,5 واط) وتعتمد فكرة شبكات الهاتف الخلوي على تخصيص موجات للإرسال والإستقبال لتوصيل المكالمات بين الهاتف الخلوي وأقرب محطة، وحيث أن حيز الترددات المخصص لنظام GSM ضيق (960-980 MHz) فإن هذه التقنية تعتمد على إعادة استخدام الترددات لعدة مرات في مناطق أخرى ومن هنا نشأت فكرة النظام النقال حيث يتم وضع محطات الإرسال والاستقبال على مسافات متقاربة، وكل محطة تغطي منطقة صغيرة من أجل إعادة استخدام نفس الموجة مرات أخرى لذا يتم وضع المحطات في المناطق السكنية فوق المباني، وعلى أبراج في المناطق الزراعية، وتتكون المحطة من غرفة معدات ومجموعة من الهوائيات التي ترسل وتستقبل موجات من وإلى أي هاتف خلوي في نطاق المحطة (الخلية). لا يعمل الهاتف الخلوي بكفاءة، إلا إذا كان قريباً من هوائي المحطة، لذا فإنه كلما زادت عدد المحطات وقلت المسافة التي تغطيها كلما زادت جودة الاتصال وأيضاً قلت الطاقة الصادرة من الهوائيات. إن منطقة التغطية للترددات بين محطة الإرسال والهاتف الخلوي لن تزيد عن مساحة الخلية السداسية الشكل، وهذا يجعل إعادة استخدام نفس الترددات في خلايا أخرى ممكن. أي 56 شخص لكل خلية يمكنهم التحدث مع بعضهم البعض في نفس الوقت باستخدام نفس الترددات.

3-2-4 التقنيات المستخدمة في نقل المعلومات في نظام GSM

الوصول المتعدد بتقسيم الزمن Time Division Multiple Access TDMA

تستخدم هذه التقنية لتقديم خدمة رقمية لاسلكية باستخدام الإرسال المتعدد بالتقسيم الزمني وتعمل هذه التقنية بتقسيم القناة إلى أجزاء زمنية Time Slot، ثم تخصيص تلك الأجزاء لمكالمات متعددة، وبهذه الطريقة يمكن للتردد الواحد أن يدعم العديد من قنوات البيانات المتزامنة، تستخدم هذه التقنية في شبكات الهواتف النقالة GSM. يخصص لكل مستخدم حيز زمني متكرر، كما هو موضح في الشكل (3-4)، (تعاقب تكرار الالوان في الشريط الأول مثلاً)، ويمثل كل شريط قناة ذات تردد محدد وعلى نفس التردد تجد ثلاثة ألوان مختلفة تتكرر خلال الزمن، يمثل كل لون مكالمة مرسلة وبهذا يمكن على نفس التردد ارسال ثلاث مكالمات في نفس الوقت.



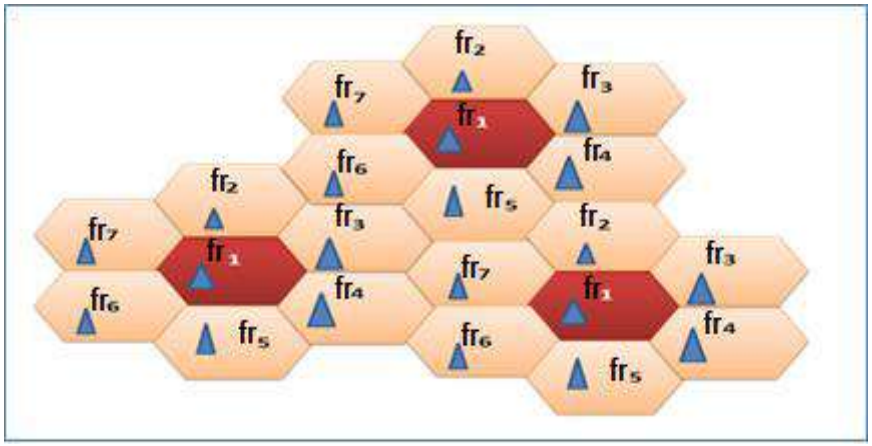
الشكل 4-3 الوصول المتعدد بتقسيم الزمن

4-2-4 زيادة السعة Increasing Capacity

مع تطور الشبكات الخلوية وزيادة عدد المشتركين في نظام GSM بات البحث عن طرق تزيد وتحسن السعة وتستثمر الموارد الإذاعية بكفاءة عالية أمراً ملحاً وبأقل كلفة اقتصادية، إن توفرت، أي ان البحث المستمر عن الربح واستيعاب الزيادة في عدد المشتركين وبالتالي تحقيق عائدات مرتفعة، ومن تلك الطرق:

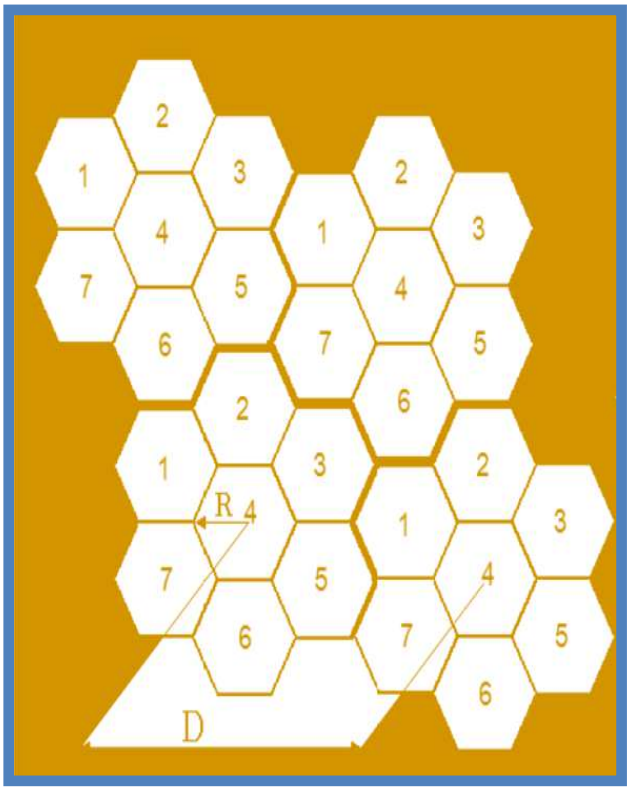
إعادة استخدام التردد Frequency Reuse

تعد عملية إعادة استخدام التردد كما موضح في الشكل (4-4)، التقنية الأساسية المستخدمة في زيادة سعة النظام النقال من المشتركين أي أن العدد الكلي للقنوات المتوفرة يقسم إلى عدة مجموعات وكل مجموعة تخصص لخلية وعدد الخلايا يشكل عنقود يوجد لكل خلية تردد مركزي و عرض مجال ترددي يتم توليف، أو برمجة هذا التردد لخلايا متجاورة بحيث يكون لكل منها تردد عمل مختلف عن الخلايا الملاصقة تماماً. و يمكن السماح بتكرار التردد مشروطاً بوجود فاصل خلية واحدة على الأقل.



الشكل 4-4 إعادة استخدام التردد Frequency Reuse

يمكن حساب نسبة إعادة استخدام التردد كما في الشكل (4-5) أدناه:



$$Q = D/R$$

$$= \sqrt{3N}$$

Q = نسبة اعادة التردد

D = مسافة إعادة استخدام التردد

R = نصف قطر الخلية (كم)

N = حجم العناقيد (عدد الخلايا)

كلما كانت قيمة Q اصغر زادت السعة إذا كان حجم العنقود صغير أيضاً أما إذا كانت قيمة Q عالية سيزداد التداخل ويؤثر بذلك على جودة الإرسال.

الشكل 4-5 إعادة استخدام التردد Frequency Reuse

رقم التمرين: 16 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

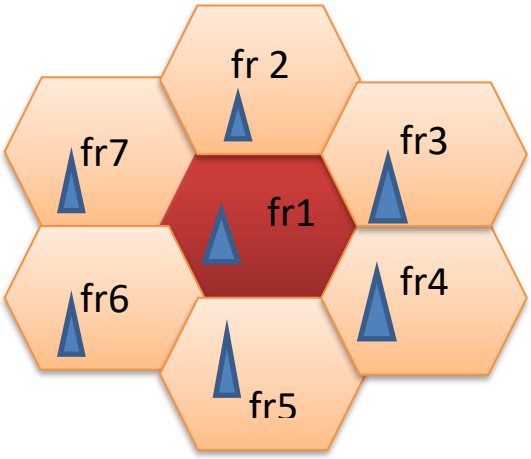
اسم التمرين: التعرف على مبدأ اعادة استخدام التردد

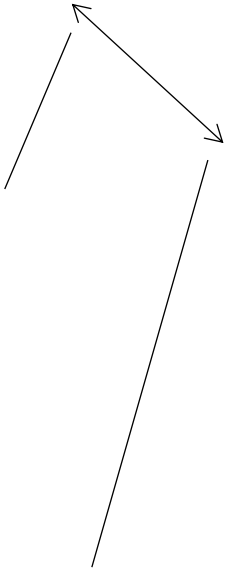
مكان التنفيذ: مختبر الحاسوب

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادرا على التعرف على مبدأ اعادة استخدام التردد.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

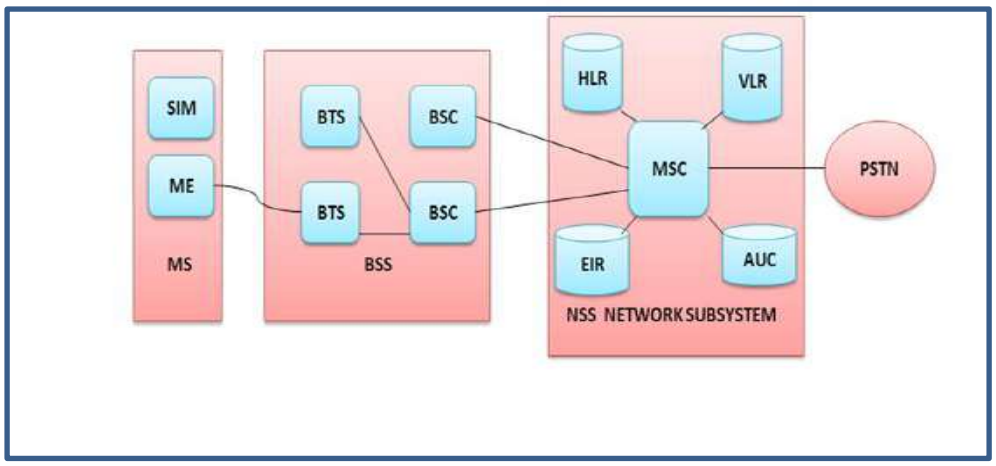
1	إفتح الحاسوب المتوفر لديك على منضدة العمل.	
2	باستخدام برنامج Power Point 2010 إرسم عنقودا cluster متكونة من خلايا سداسية الشكل ثم لون احدى الخلايا بلون مميز كما تعلمت في التمرين الأول من الفصل الرابع.	
3	كرر رسم العنقود مرة اخرى ثم الصق العنقودين معا كما موضح في الشكل.	

4	ارسم عنقوداً ثالثاً ثم الصقه مع العنقودين السابقين كما في الشكل. لاحظ عزيزي الطالب إن الخلايا الملونة باللون الغامق هي الخلايا التي يتم فيه اعادة استخدام نفس الترددات وبدون تداخل. وكذلك الحال لبقية الخلايا حيث يتم اعادة استخدام التردد بنفس الطريقة.	
5	احفظ العرض التقديمي في الحافظة مبادئ الشبكات الخلوية التي أنشأتها في التمرين الأول باسم اعادة استخدام التردد.	
6	اغلق برنامج Power Point 2010 من زر office من خلال الخيار close ثم اغلق الحاسوب من خلال الخيار Shut down بالترتيب ونظف المكان.	

نشاط : كيف ترسم عنقوداً من ثلاث خلايا سداسية الشكل موضحاً فيه الخلايا التي يتم فيه اعادة استخدام التردد .

5-2-4 معمارية نظام GSM

تتكون شبكة الإتصالات اللاسلكية من عدة وحدات مرتبطة مع بعضها البعض، فكل وحدة لها عدة وظائف، ولا يمكن الاستغناء عن اي وحدة، فعملية الاتصال من شخص لآخر تحدث عن طريق عدة تحويلات من وحدة لأخرى، وذلك لكي يتم التحقق أولاً من هوية الشخص المتصل و المتصل به والتأكد من استخدام خدمات الشركة إلى جانب حساب تكاليف المكالمة وغيرها وهذه العملية تحدث خلال ثوان قليلة، الشكل (4-6) يوضح معمارية نظام GSM.



الشكل 4-6 معمارية نظام GSM

تتكون بنية نظام GSM من ما يلي:

أولاً: نظام الشبكة الفرعي (Network Subsystem – NSS)، ويتكون مما يلي:

1. مركز تبديل الخدمات المتنقل (Mobile Service Switching Centre – MSSC) يطلق عليه أيضاً مكتب التحويلات (MobileTelephoneSwitching Office – MTSO) وهو المسؤول عن وظائف التحويلات الهاتفية للشبكة بالإضافه إلى أن المركز يوفر جميع الوظائف التي يحتاجها الهاتف المحمول.
2. مسجل موقع الزائر (Visitor Location Register – VLR).
3. مسجل الموقع المحلي (Home Location Register – HLR).
4. مركز التوثيق (Authentication Centre – AUC).
5. مسجل هوية المعدات (Equipment Identity Register – EIR).

ثانياً: نظام محطات القاعدة (Base Station System – BSS)، ويتكون مما يلي:

- وحدة التحكم في محطات القاعدة (Base Station Controller – BSC).
- محطة القاعدة للاتصال ـ برج الاتصال (Base Transceiver Station – BTS).

ثالثاً: المحطة المتنقلة (Mobile Station – MS): وتتضمن الهاتف المحمول (Mobile Equipment) وبطاقة تعريف المشترك SIM.

رابعاً: مركز التشغيل والصيانة (Operation And Maintenance System Centre).

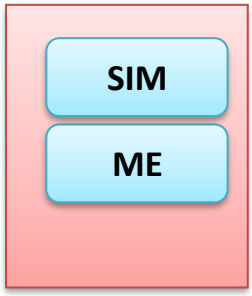
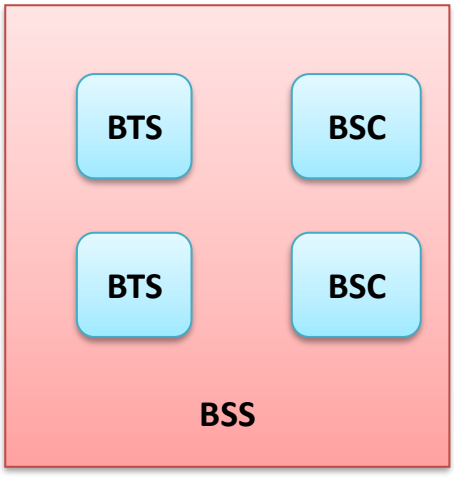
رقم التمرين: 17 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

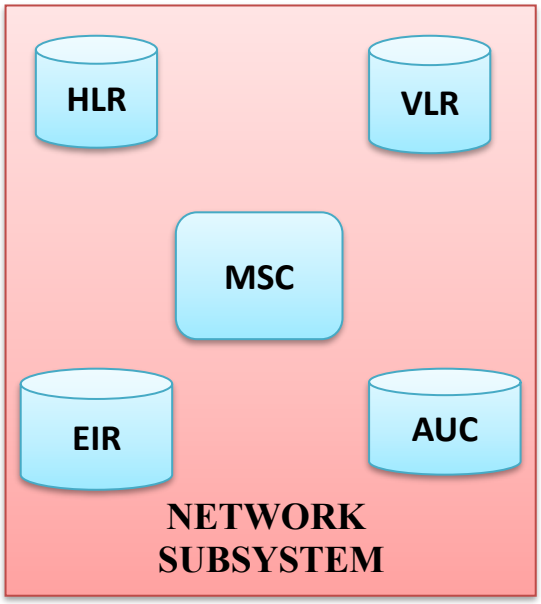
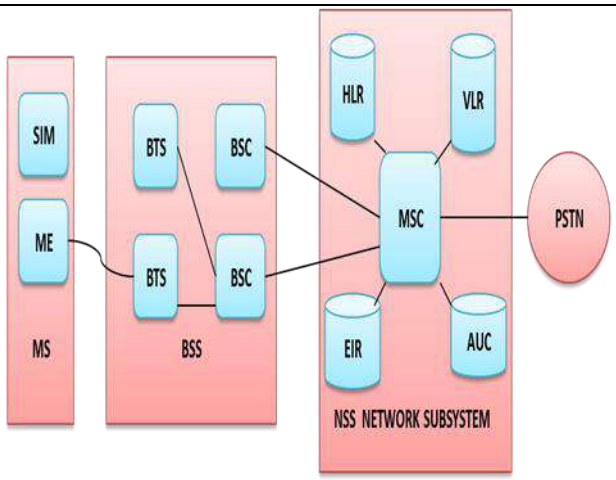
اسم التمرين: التعرف على المخطط الكتلي لنظام GSM

مكان التنفيذ: مختبر الحاسوب

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادراً على التعرف على المخطط الكتلي لنظام GSM.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل ، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.		
1	افتح الحاسوب المتوفر لديك على منضدة العمل.	
2	إرسم مستطيلاً يمثل المحطة المتنقلة MS Mobile station ثم إرسم بداخل المستطيل مربعين أحدهما يمثل المستخدم User والثاني يمثل بطاقة SIM.	
3	ارسم مستطيلاً اخر يمثل نظام محطات القاعدة BSS ثم ارسم مربعين بداخله يمثلان محطة القاعدة للاتصال BTS ومربعين اخرين يمثلان وحدة التحكم في محطات القاعدة Base station control (BSC).	

4	ارسم مستطيلاً ثالثا يمثل نظام الشبكات الفرعي NSS ثم ارسم بداخله مربع يمثل مركز التبديل MSC وشكل اسطواني يمثل مسجل الموقع المحلي HLR وآخر يمثل مسجل موقع الزائر VLR وآخر يمثل مركز التوثيق AUC وأخيرا شكلا اسطوانيا يمثل مسجل هوية المعدات EIR.	
5	ارسم شكلاً دائرياً يمثل شبكة البدالات العامة للهاتف PSTN.	
6	ادمج الاشكال الأربعة السابقة ووصل فيما بينها حتى يكتمل المخطط الكتلوي لنظام GSM كما موضح في الشكل.	

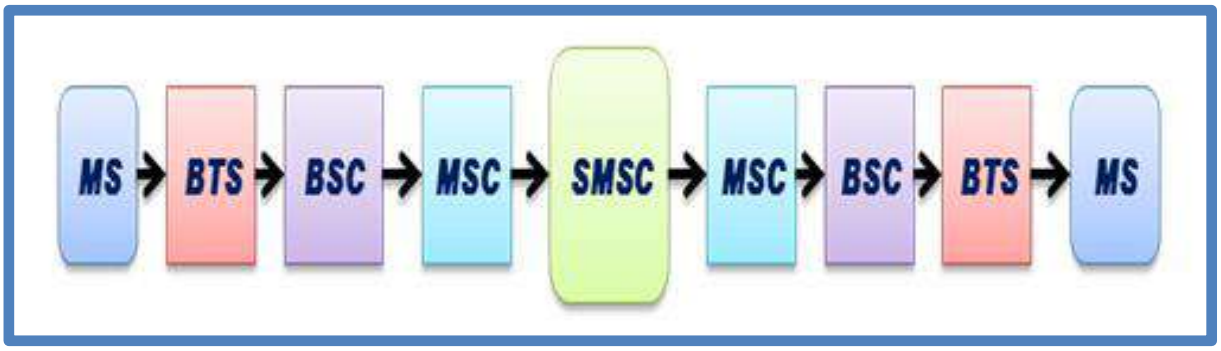
3-4 خدمة الرسائل القصيرة Short Message Service SMS

تعد هذه الخدمة نمط من الاتصالات التي ترسل نصاً بين الهواتف المحمولة والحجم الأقصى للرسالة النصية 160 (حرف أو رقم أو رمز للأبجدية اللاتينية)، ولأبجديات أخرى مثل العربية فإن الحجم الأقصى هو 70 حرف. أثناء عدم استخدامك لهاتفك فإنه يُرسل ويستقبل بيانات وترددات وكأنه يتحدث مع البرج الخاص به عبر مسار يُدعى (Control Channel) أي قناة التحكم والمراقبة، وهذا ما يُمكن الهاتف المحمول من معرفة مكان الخلية التي يتواجد هاتفك فيها بحيث يستطيع هاتفك تغيير الخلايا

أثناء تنقلك من مكان إلى آخر، كما يتبادل هاتفك والبرج باستمرار مجموعة من البيانات تجعل الطرفين يتأكدان من أن الأمور تسير على ما يُرام، ويستخدم هاتفك النقال قناة التحكم والمراقبة لأعداد المحادثات الهاتفية، وكذلك تفتح المسار للرسائل القصيرة المكتوبة.

1-3-4 متابعة رسالة من الهاتف إلى محطة القاعدة BTS للاتصال وإلى MTSO

عندما يتم ارسال الرسالة يتم استلامها من مركـــز خدمـــة الرسائـــل القصيـــرة SMSC (Short Message Service Centre) والذي بدوره يرسل طلبا لمسجل الموقع المحلي HLR، والذي سيبحث عن الهاتف المستلم للرسالة ويستجيب لطلب مركز خدمة الرسائل القصيرة مع مراعاة حالة هاتف المستلم للرسالة فيما إذا كان متواجدا ضمن الشبكة أو مغلقا. إذا كان الهاتف المستلم مغلقا فإن مركز الرسائل سيحتفظ بالرسالة لفترة من الزمن وعندما يتم تفعيل الهاتف المستلم أي يكون متواجدا ضمن نطاق الشبكة فإن مسجل الموقع المحلي HLR يرسل اشعارا لمركز الرسائل SMSC ليتم ارسال الرسالة بصيغة رسالة قصيرة إلى مكتب التحويلات MTSO، والذي يخدم الهاتف المستلم فيتم تسليم الرسالة. يستلم مركز خدمة الرسائل تأكيدا بأن الرسالة قد استلمت ويصنفها ضمن الرسائل المرسلة أو فشل في الإرسال لتتم اعادة المحاولة مرة اخرى. أنظر الشكل (4-7).



الشكل 4-7 متابعة رسالة من الهاتف إلى محطة القاعدة للاتصال BTS وإلى MTSO

رقم التمرين: 18 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين: متابعة رسالة من الهاتف إلى محطة القاعدة للاتصال وإلى MTSO

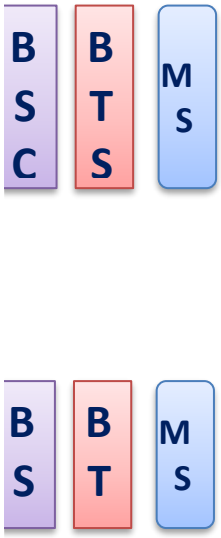
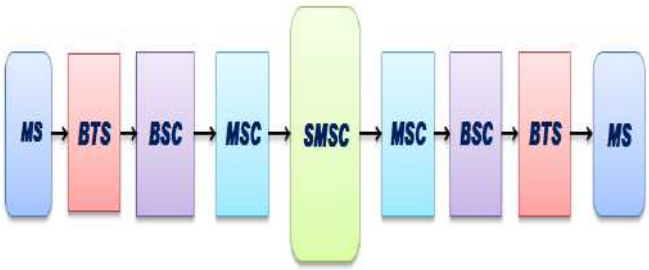
مكان التنفيذ: مختبر الحاسوب

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادراً على التعرف على متابعة رسالة من الهاتف إلى محطة القاعدة للاتصال وإلى MTSO.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1	افتح الحاسوب المتوفر لديك على منضدة العمل.	
2	ارسم مستطيلين يمثلان المحطة المتنقلة MS أحدهما مرسل الرسالة والثاني مستلم الرسالة ولونهما بنفس اللون.	
3	ارسم مستطيلين آخرين يمثلان محطات القاعدة للاتصال BTS ولونهما بنفس اللون وكما موضح في الشكل.	
4	ارسم مستطيلين آخرين يمثلان وحدة التحكم في محطات القاعدة BSC وكما موضح في الشكل ولونهما بنفس اللون.	

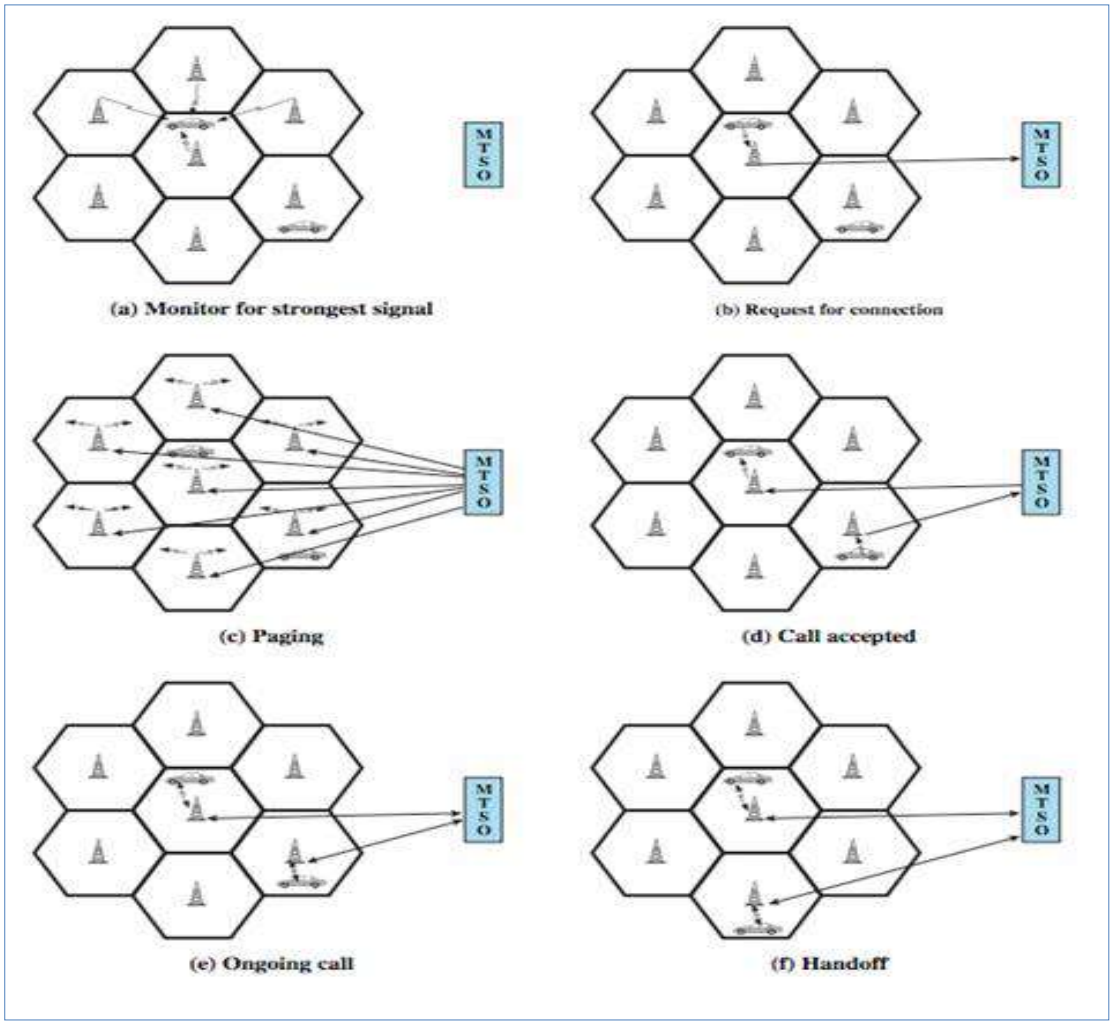
5	ارسم مربعين يمثلان مركز التبديل MSC ولونهما بنفس اللون.	
6	ارسم مربع يمثل مركز خدمة الرسائل SMSC.	
7	وصل الاشكال فيما بينها بأسهم تتابعية لكي توضح مسار الرسالة من الهاتف المرسل إلى الهاتف المستلم.	

4-4 متابعة مكالمة من المحطة المتنقلة MS إلى مكتب التحويلات MTSO

الشكل (4-8) يوضح متابعة مكالمة من المحطة المتنقلة MS وإلى MTSO وكما يلي:

1. يدخل المستخدم رقم الهاتف الذي يرغب بالاتصال به في هاتفه ثم يضغط على زر ارسال.
2. ترسل المعلومات إلى مكتب التحويل (MTSO)، والذي بدوره يقوم بالتحقق من وضع المشترك وأحقيته وكفاية الرصيد للإتصال.

3. يرسل (MTSO) رسالة استعلام عن الرقم المراد الاتصال به إلى كل محطات الهاتف الأرضية، وحال تلقي رد من المحطة المسجل بها الرقم المراد الاتصال به يرسل (MTSO) نغمة اتصال للرقم المطلوب.
4. في حال قبول الاتصال، يخصص (MTSO) قناة إتصال للطرفين، و كذلك يبدأ بعمليات حساب الرصيد اللازمة.
5. في حال اغلاق الاتصال، ينهي (MTSO) اجراءات حساب الرصيد، ويقوم بتحرير حجز قناة الاتصال المخصصة مسبقا.



الشكل 4-8 متابعة مكالمة من الهاتف الخلوي MS إلى MTSO

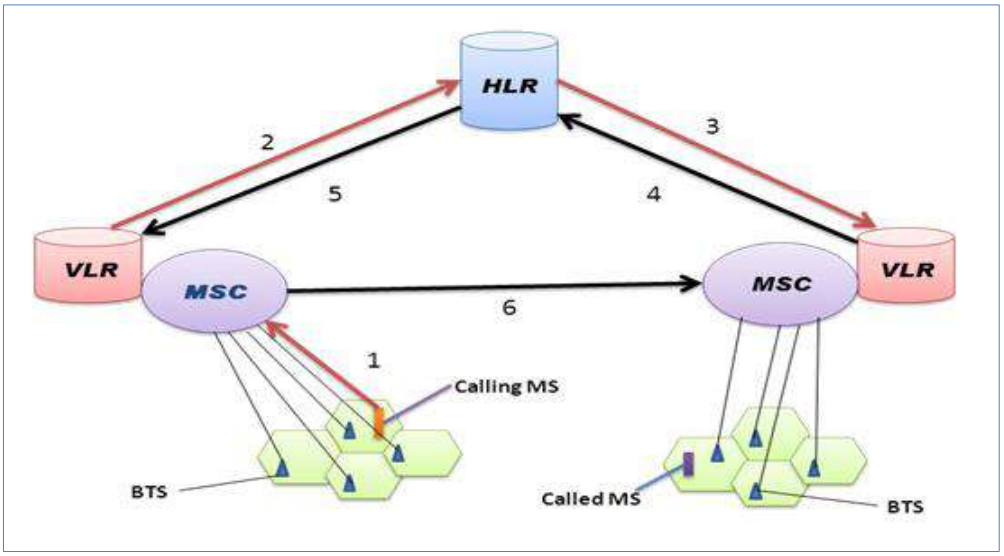
5-4 الإستدعاء Paging

تتضمن إدارة موقع الشبكة Network Location Management عمليتين اساسيتين وهما:

1. تحديث الموقع (Location Update): يتم تحديث الموقع من قبل المحطة المتنقلة MS للسماح للشبكة بمعرفة الموقع الحالي له.

2. الإستدعاء (Paging): يتم تنفيذ الإستدعاء من قبل الشبكة لمعرفة الخلية التي تقع ضمنها المحطة المتنقلة MS بحيث يمكن توجيه المكالمات الواردة إلى محطة القاعدة للاتصال BTS التابعة له، لاحظ الشكل (4-9).

يحتوي مسجل مقر الزائر VLR على شفرة المناطق (Location Area Code – CLA) وهو عبارة عن شفرة المناطق التي تغطيها كل خلية، أو مجموعة من الخلايا. ينشئ مسجل مقر الزائر صفحة Page تحتوي على معلومات عن الهاتف المحمول، ويرسلها إلى مركز التبديل، وهذا يحدث عندما يغير الهاتف المحمول موقعه من مكان إلى آخر ومركز التبديل يخبر مسجل الموقع المحلي HLR بآخر موقع للهاتف المحمول. يكون الهاتف المحمول دوماً على اتصال مع قناة الاستدعاء (Paging Channel) لذلك فإنه دائماً يتلقى المكالمات الواردة.



الشكل 4-9 يوضح عملية الاستدعاء Paging

رقم التمرين: 19 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

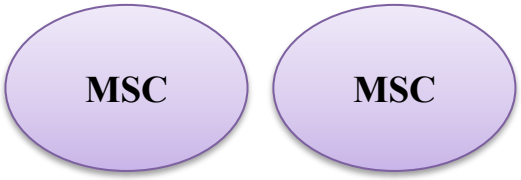
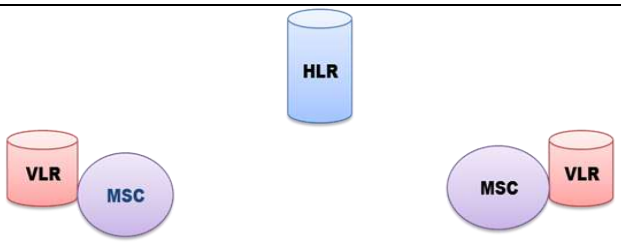
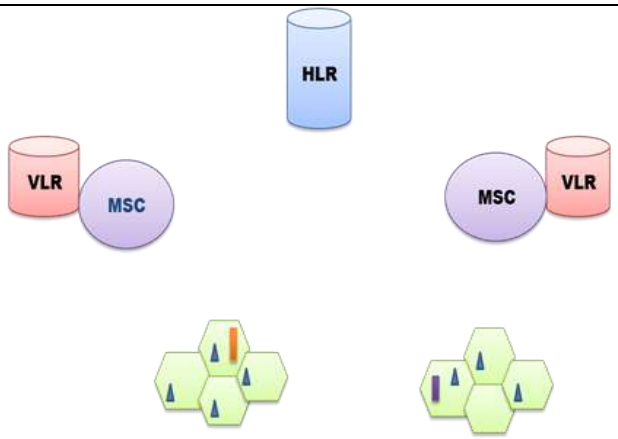
اسم التمرين: عملية الاستدعاء Paging

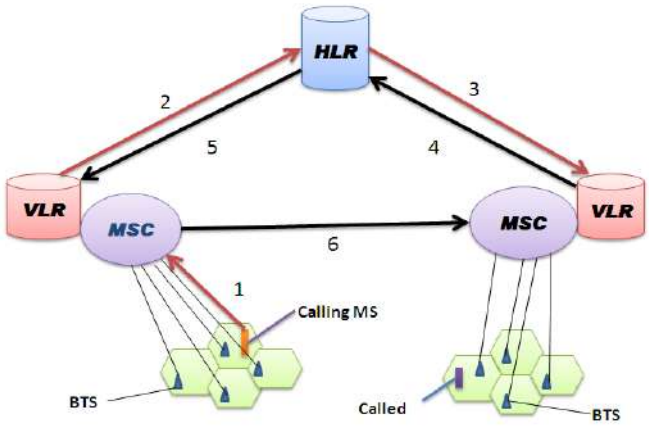
مكان التنفيذ: مختبر الحاسوب

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادراً على التعرف على مفهوم الاستدعاء.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1	افـتح الحاسـوب المتـوفر لـديك علـى منضدة العمل.	
2	باستخدام برنامج Power Point 2010 وكمـا تعلمـت فـي التمـارين السـابقة (باسـتخدام قائمـة ادراج) ارسـم دائـرتين تمثلان مركزي التبديل الهاتف المحمول MSC ولونهما بنفس اللون.	
3	ارسم شكلين اسطوانيين يمثلان مسجل موقع الزائر VLR ولونهما بنفس اللون وضعهما بجانب مركزي التبديل MSC وكما موضح في الشكل.	
4	ارسم شكلاً اسطوانيا يمثل سجل الموقع المحلي HLR وألحقه بالشكل السابق.	
5	ارسم اشكال سداسية تمثل الخلايا Cells وبـداخلها مثلثـات تمثـل ابـراج الاتصـال BTS وارسـم داخـل إحـدى الخلايـا مسـتطيلاً يمثـل المحطـة المتنقلـة MS.	

6	وصل الاشكال التي رسمتها كما موضح في الشكل لتوضح مفهوم الاستدعاء Paging، ثم اكتب الأرقام	

نشـــــاط: ارسم المخطط الكتلوي لعملية الاستدعاء Paging.

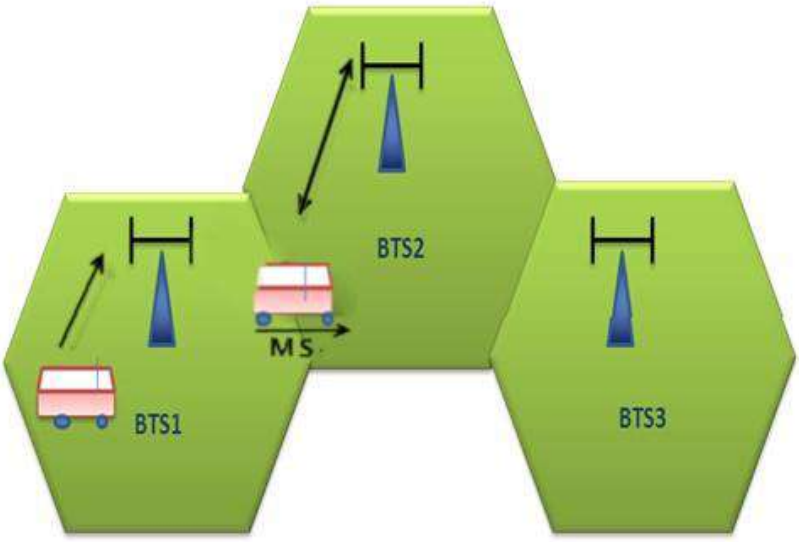
6-4 التجوال Roaming

يستطيع المستخدم أن يحصل على الاتصال وعلى الخدمات التي تقدمها الشبكة المتنقلة طالما كان ضمن نطاق التغطية الخاصة بهذه الشبكة ولكن إذا وجدت شبكة اخرى مجاورة (محلية أو دولية) تمنح خدمات أخرى فيمكن أن يتم عقد اتفاقية معينة بين الشبكتين، لكي يستفيد المستخدمين من خدمات كل شبكة وهذه العملية تعرف بالتجوال (Roaming).

تتمثل الميزة الرئيسية لنظام (GSM) في إنها تتيح استخدام الهاتف المحمول عند السفر خارج بلدك أو منطقتك عبر ما يعرف باسم التجوال حيث تمكن خدمة التجوال من استخدام الهاتف ذاته، والرقم ذاته في معظم أنحاء العالم، وهي خدمة مقدمة من معظم شركات الإتصالات النقالة في العالم.

7-4 التسليم Handoff

عندما يتم اجراء إتصال معين في خلية ما فإن مركز التبديل الهاتف المحمول MSC يراقب باستمرار مستوى الإشارة المستقبلة من المحطة المتنقلة MS مع مستوى طاقة الاتصال في محطة القاعدة BTS وعند ملاحظة ارتفاع مستوى اشارة المحطة المتنقلة MS، وانخفاض مستوى الطاقة في برج الاستقبال في BTS، يعلم MSC أن الهاتف المحمول MS قد وصل إلى حافة الخلية عندها يبحث MSC عن محطة قاعدة BTS قادرة على استقبال اشارة قوية من هذا الهاتف المحمول ويأمرها بأن تستلم هذا الهاتف ضمن نطاقها حتى يضمن عدم حصول انقطاع في عملية الاتصال، وهذه العملية تعرف بالتسليم (Handoff)، أو (Handover)، أنظر عزيزي الطالب الشكل (4-10). الهدف الاساسي من عملية التسليم هو الحفاظ على جودة جلسة الاتصال من خلال ضمان بقاء الجهاز متصلاً بنقطة الوصول او القناة الانسب ضمن نفس الشبكة اثناء تحركة .



الشكل 4-10 يوضح عملية التسليم Handoff

رقم التمرين: 20 **الزمن المخصص:** 3 ساعات

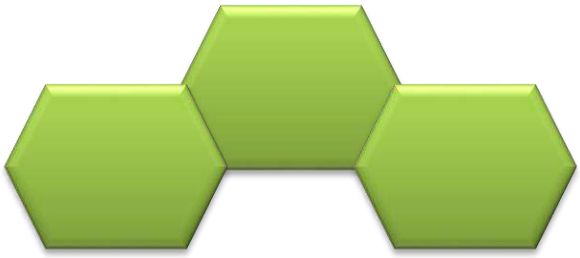
اسم التمرين: عملية التسليم Handoff

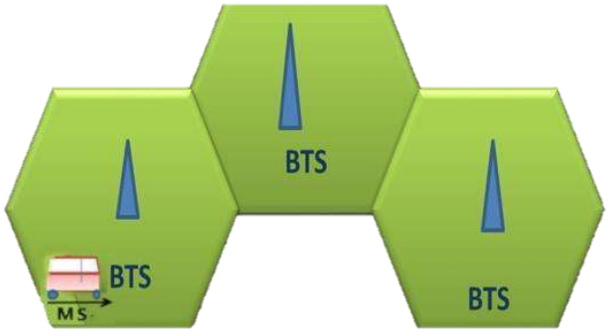
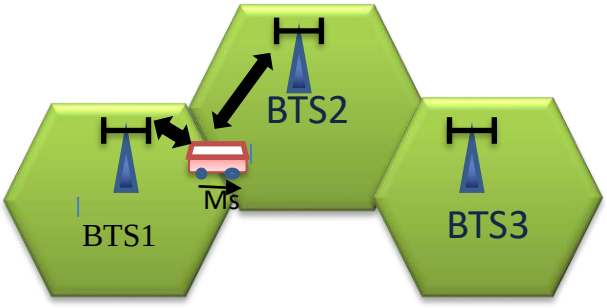
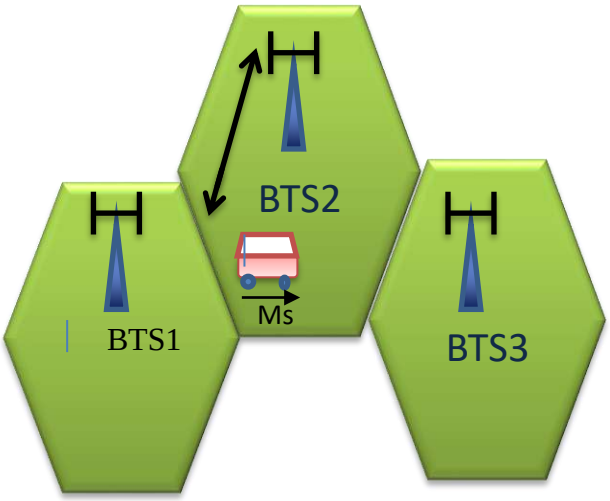
مكان التنفيذ: مختبر الحاسوب

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادراً على التعرف على مفهوم التسليم.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1	افتح الحاسوب المتوفر لديك على منضدة العمل	
2	بإستخدام برنامج Power Point 2010 وكما تعلمت في التمارين السابقة (باستخدام قائمة إدراج) ارسم ثلاث اشكال سداسية تمثل الخلايا ولونها بنفس اللون.	

3	إرسم اشكال مثلثة تمثل محطة القاعدة للاتصال BTS داخل الخلايا ولونها بنفس اللون وارسم شكل مستطيلاً يمثل سيارة في الخلية الاولى كما موضح في الشكل.	
4	ارسم شكلا مستطيلاً يمثل سيارة تتحرك من خلية إلى اخرى.	
5	ارسم اسهما توضح عملية التسليم Handoff بين محطات الإتصال BTS.	
6	إحفظ العرض التقديمي في الحافظة مبادئ الشبكات الخلوية التي أنشأتها في التمرين الأول باسم التسليم Handoff.	

8-4 تأثيرات الإنتشار الإذاعي للهاتف المحمول وشدة الإشارة

تعد محطات الهاتف المحمول محطات ثنائية متعددة القنوات وواطئة القدرة وأن الهاتف المحمول هاتف لاسلكي ثنائي وواطئ القدرة وعند استخدامه فإن المكالمات تتجه إلى نظام هاتفي خطي منتظم وينتج عنه طاقة بتردد إذاعي مما يؤدي إلى تعرض الناس القريبين منه، وبسبب أن كل طاقة التردد الصادرة عن هذه المحطات واطئة جدا على عموم الناس فمن المستبعد أحداث مخاطر صحية طالما أن

الناس بعيدون عن الاتصال المباشر بالهوائيات ومن المهم أيضاً اخذ الحيطة لوجود عدة تصاميم من محطات الهاتف المحمول التي تختلف بشكل واسع في قدرتها وخواصها واحتمالية تعرض الناس لطاقة التردد الإذاعية وتوجد بعض الأسباب المراد ربطها بتأثير الهواتف المحمولة ومحطاتها على صحة الأنسان كونها تبعث طاقة وعلى إي حال تبقى التأثيرات نفسها حال امتصاص الطاقة أي الإشعاع الصادر عنها إذ أن هذا الإشعاع لا يكون في حالة تأين.

تختلف التأثيرات البيولوجية عن تأثيرات الإشعاع المؤين الصادر عن الأشعة السينية حيث أن لها طاقة كافية لكسر الأواصر الكيماوية أي (تأينها) حيث تعمل على تدمير المادة الجينية للخلايا ومن المحتمل أن تحدث تأثيرات سرطانية وأضرارا ولادية ولكن عند الترددات الواطئة كتلك المستخدمة في الهواتف المحمولة ومحطاتها الأرضية والتي تقع ضمن المدى (2170 MHz- 872 MHz) فإن طاقة الإشعاع لا تكون كافية لكسر الأواصر الكيماوية وعليه لا يوجد تشابه بين التأثيرات البيولوجية مع الإشعاع المؤين ولكن توجد محددات سلامة دولية لتعرض عامة الناس لهذا النوع من الإشعاع الناتج عن هوائيات المحطات الأساسية للهاتف المحمول ويمثل الأساس العلمي، لوضع محددات السلامة لطاقة الإشعاع غير المؤين الذي اتفق عليه علماء التأثير البيولوجي ويمكن أن يكون التعرض خطيرا إذا كان شديدا بما فيه الكفاية.

يقوم الهاتف بتحويل صوت المستخدم والكتابة النصية إلى موجات إذاعية، فعندما يقوم المستخدم بإجراء اتصال فإن هذه الموجات ترسل من الهاتف المحمول إلى أقرب قاعدة (برج اتصالات)، وعندما تصل هذه الموجات للقاعدة فإنها تقوم بتوجيهها لشبكة الهاتف الرئيسية والتي تقوم بدورها بتحويلها لأقرب قاعدة (برج) في منطقة الشخص المستلم للإتصال.

أسئلة الفصل الرابع

س1: وضح بالرسم ما يلي:

1. شكل الخلية.
2. نظام GSM.
3. إعادة استخدام التردد.
4. الاستدعاء ـ التسليم.

س2: بين مراحل تتبع ما يلي:

1. رسالة من المحطة المتنقلة MS إلى MTSO.
2. مكالمة هاتفية بين هاتفين محمولين.

س3: ما هي ترددات نظام GSM؟

س4: عدد فقط مكونات نظام GSM؟

س5: كيف يتم زيادة السعة في نظام GSM؟

الفصل الخامس
وحدات الشبكة الخلوية

أهداف الفصل الخامس

أن يكون الطالب قادراً على:

- التعرف على مكونات البرج الخاص بشبكة الهاتف الخلوي.
- التعرف على الوقاء (Shelter) وكيفية نصب البرج.
- التعرف على هوائيات البرج الراديوية والمايكروية.

محتويات الفصل الخامس

5-1 مكونات البرج.

5-2 خطوات كيفية نصب البرج.

5-3 التعرف على أجهزة مكونات الوقاء.

5-4 أجهزة الإرسال وأجهزة الاستلام.

5-6 المغذي Feeder.

5-7 الأرضي هوائي البرج RF وهوائي المايكروويف.

الفصل الخامس

وحدات الشبكات الخلويـة

1-5 مكونات البرج

إن برج الهاتف الخلوي هو قطب من الفولاذ، أو عبارة عن تركيب مشبك يرتفع مئات الاقدام في الهواء، أنظر الشكل (5-1).

الشكل 5-1 برج الهاتف الخلوي

وهذا هو برج حديث ذو ثلاثة مجهزات للهاتف المحمول توضع على نفس التركيب، ولو نظرت عزيزي الطالب إلى قاعدة البرج سوف ترى أن لكل مجهز معداته الخاصة به، إنظر الشكل (5-2) كما أنك سوف ترى عدد هذه المعدات كم هو قليل نسبة إلى الأنواع القديمة، وأما الشكل (5-3)، فيتضح فيه المعدات التي تخص أحد المجهزات.

الشكل 5-2 قاعدة البرج

الشكل 5-3 معدات أحد المجهزات

إن الصناديق المستخدمة هنا هي مرسلات راديوية (Radio Transmitters) ومستقبلات (Receivers) تجعل بإمكان البرج الاتصال مع الهواتف، وتربط هذه الصناديق إلى البرج بوساطة مجموعة من حزمة الاسلاك السميكة التي يوضحها الشكل (5-4).

الشكل 5-4 الربط بالقابلوات السميكة

ولو نظرت عزيزي الطالب عن قرب لوجدت أن كل حزمة من الأسلاك السميكة والمعدات المستخدمة في قاعدة البرج قد تم تأريضها (Grounded) بصورة محكمة، فعلى سبيل المثال أن اللوح ذو الاسلاك الخضراء اللون هو لوح نحاسي صلب مؤرض بشكل محكم، أنظر الشكل (5-5).

الشكل 5-5 تأريض الاسلاك والالواح

وبالرغم من أنَّ ابراج الخلية الراديوية ثنائية المسلك (2-Way-Radio) تقع في مراكز الخلايا، وهي ذات حساسية للتوجيه إلا أنه يمكن اعادة رسم الخارطة الخلوية بوضع ابراج التلفونات الخلوية في اركان الخلايا السداسية، لتغطية ثلاثة خلايا، ولكل برج ثلاثة مجاميع من الهوائيات الموجهة بثلاثة اتجاهات مختلفة بينها زاوية 120 درجة، ومن ثم الارسال والاستقبال داخل ثلاثة خلايا تختلف في ترددانها، ومن هذا يتم تزويد كل خلية على الأقل بثلاثة قنوات (من ثلاثة أبراج). هذا ويمكن تقسيم الخلايا الكبيرة إلى خلايا اصغر في حالة المساحات الكبيرة.

2-5 خطوات نصب البرج

القواعد المهمة في نصب أبراج الإتصالات: يجب أن يحتوي برج الإتصالات على مثبتات الهوائي، وهوائيات مصنعة، وبرج لنصب خطوط الهاتف، ولا يحتوي على الهوائيات ذات الأغراض المحلية كهوائيات التلفزيون وهوائيات الاطباق.

1-2-5 الموقع

إنَّ موقع ابراج الإتصالات يكون محكوماً بنظام التردد الراديوي والمشغلات الخلوية، على أن يتم تجنب المناطق السكنية والمناطق المأهولة، هذا ويتم تصميم موقع البرج على الاسس الاتية:

1. يتم اعطاء الافضلية الأولى لموقع البرج في مناطق الاشجار، أو الغابات.
2. يتم اعطاء الافضلية الثانية لموقع البرج في المناطق العامة المفتوحة والبعيدة عن المواقع السكنية.
3. وإن لم تتوفر المناطق البعيدة عن السكان، فلابد من أن يكون موقع البرج في الفراغات المتروكة مع اخذ الاذن المسبق من اصحاب المنازل المجاورة للموقع.
4. يجب أن يكون بعد موقع البرج بنصف قطر مقداره 100 متر عن المنازل والمدارس والمستشفيات.

ولأجل تجنب الاحتمالات الناتجة عن العواصف الرعدية يكون لزاما وضع الموصلات الضوئية هذا وتوضع المولدة ضمن مجموعة البرج، وذلك لتلبية متطلبات الهوائي لأجل الوصول إلى توافق مع معايير الضوضاء والاشعاع العالمية.

3-5 التعرف على أجهزة مكونات الوقـــاء

إن الوقاء (Shelter) يقصد به الموضع المحكم الذي يؤمن اجزاء مهمة تأتلف لتشغيل البرج، لأجل القيام بوظيفته على الشكل الاكمل حيث، يتوفر في الوقاء عدد غير محدود من الأجهزة والمعدات، وهذه المكونات يمكن أن تكون متنقلة، أو دائمية الموضع بالإضافة إلى كونها متعددة الاغراض: مثل ابنية برج الهاتف المحمول، منازل المضخات، غرف المكائن، وغير ذلك، أنظر الشكل (5-6).

الشكل 5-6 وقاء معدات مكونات الستيل و الكونكريت

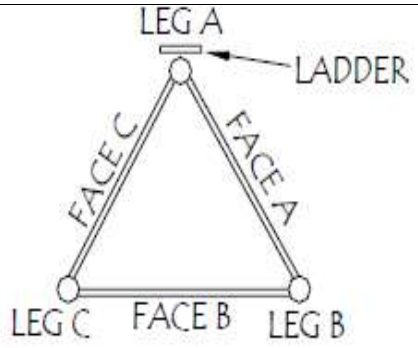
رقم التمرين: 21 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين: مكونات البرج وخطوات نصبه

مكان التنفيذ: موقع البرج

أولاً: المواد التعليمية: مكونات البرج والهيكل العام

ثانياً: التسهيلات التعليمية: العدد والادوات

ثالثـاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.		
ت	الخطوات	الرسومات والصور
1	جهز العدد والمكونات التي يتالف منها البرج.	
2	تعرف على البرج بشكل عام.	
3	إنظر إلى قاعدة البرج سترى أنها مثلثة الشكل بثلاثة أوجه مع وجود موضع لسلم الصعود.	
4	أنظر وجود مصابيح الدلالة مع أغطيتها.	

5	أنظروجود متحسس المسار المفتوح.	
6	إلق نظرة فاحصة على وحدة قاطع الضوضاء (Noise- Cut).	
7	الق نظرة فاحصة على وحدة مجهز القدرة (Power Supply).	
8	إنظـر كيفيـة ربـط الموصـلات بأحكـام (BNC) مختصـــــــــر لكلمـــــــــة (Bayont Neil – concelman)	
9	إنظر مواضع تثبيت الهوائيات على البرج.	

10	انظر أنواع الهوائيات المثبتة على البرج. 	
11	أما كيفية نصب البرج فهي كالاتي: وضع الاجزاء جميعها معا.	
12	ترتيب الاجزاء وتهيئتها لإجـراء الربط.	
13	القيام بعملية إحكام ربط الاجزاء.	

14	التاكد من مواضع الربط الصحيح.	
15	تنصيب كابلات الإتصالات.	
16	رفع هيكل البرج.	
17	ضبط توجيه الهوائي، و ربط كافة العتلات الخلفية.	
18	تحرير البرج من لرافعة.	

19	إكمال نصب البرج.	

4-5 أجهزة الإرسال وأجهزة الاستلام

يتم وضع كل من المرسلة والمستقبلة جنبا إلى جنب بحيث يشتركان بدوائر كهربائية مشتركة ويضمهما غلاف واحد، وأجهزة الارسال والاستقبال من الناحية التقنية يجب أن تضم مقدارا مهما من دوائر المعالجة لكل من المرسلة والمستقبلة، وتحتوي مثل هذه الدوائر على المكررات الأشارة (Repeaters) والمرسل المستجيب (Satellite Transponders) وغيرهما، أنظر الشكل (5-7).

شكل 5-7 جهاز إرسال واستقبال

يعني إصطلاح أجهزة الإرسال والاستقبال في مجال الراديو: هو الوحدة التي تحتوي على كل من المرسلة (Transmitter)، والمستقبلة (Receiver) وقد كانتا منذ الايام الأولى للراديو عبارة عن وحدات منفصلة وبقيت كذلك حتى عام 1920 م .

تستخدم أجهزة الارسال والاستقبال (Transceiver) وحدات RF(الترددات الراديوية Radio Frequency) لعملية ارسال البيانات عالية السرعة، أما الدوائر الإلكترونية المايكروية في تركيب الـ RF الرقمية فإنها تعمل عند سرع تصل إلى 100 GHz. اما الهدف من التصميم على هذه الشاكلة فهو لجعل المدى الرقمي (Digital Domain) أكثر قربا إلى الهوائي، هذا ويستخدم في أطراف كل من الإرسال والإستقبال صيغة الراديو المعرف برامجياً (SDR).

5-5 هوائي المايكروويف

إن هوائي المايكروويف هو عبارة عن المكونات الاغلبية التي تسمح لنظام المايكروويف بإرسال و استقبال البيانات بين مواقع المايكروويف، ويوضع نظام المايكروويف هذا عادة في قمة البرج عند كل موقع من مواقع المايكروويف وذلك لأجل أن يكون الهوائي فعالاً، هذا وأن وضع الهوائي في قمة البرج يسمح بإرسال إشارات المايكروويف إلى مسافات بعيدة قدر الامكان تلافياً لوجود الجبال، أو البنايات الشاهقة بين أي برجين، نلاحظ أن وجود مثل هذه العوائق يجعل من معدات المايكروويف غير قادرة على اتمام عملية الارسال بشكل صحيح.

6-5 مراقبة هوائي المايكروويف

عزيزي الطالب يعد هوائي المايكروويف هو المفتاح لإتصالاتك، فإنك تحتاج إلى معرفة فيما لو إن شيئا ما قد يعرقل ارسال معلوماتك المهمة، وهذا ما يحدو بك إلى نشر نظام دائرة إنذار مراقبة لبرجك ولباقي المعدات يقوم هذا النظام بتزويدك ببريد الكتروني آني ومتصفح ملاحظات في حال إكتشاف أية مشكلة في هوائي المايكروويف، أو أي واحدة من معدات النظام الأخرى، وهذا يجعل بالإمكان ارسال تقني بشكل سريع إلى موقعك لتصحيح الخطأ.

عزيزي الطالب إن هوائي القطع المكافئ خير مثال على كلامنا، وهو ذلك الهوائي الذي يستعمل عاكسا ذا قطع مكافئ (Parabolic Reflector)، وهو سطح منحني ذو مقطع عرضي يأخذ شكل القطع المكافئ لتوجيه الموجات، أنظر الشكل (5-8).

الشكل 5-8 هوائي القطع المكافئ

الفائدة الرئيسية من هذا الهوائي هو أن له كفاءة توجيه عالية، كما يشابه في وظائفه وظائف عاكس الكشاف الضوئي (Searchlight)، وعاكس المصباح الكاشف (Flashlight)، لتوجيه الموجات الراديوية في حزمة ضيقة، أو إستقبال الموجات الراديوية من اتجاه معين وأحد.

يستعمل هوائي القطع المكافئ كهوائي ذي ربح عال في إتصالات النقطة الواحدة كما في روابط مرحلات الموجات المايكروية (Microwave Relay) التي تقوم بحمل إشارات التلفون وإشارات التلفزيون

بين المدن المتجاورة، وكذلك الاتصالات (WAN/LAN) اللاسلكية واتصالات الأقمار الصناعية، وهوائيات اتصالات المركبات الفضائية، بالإضافة إلى التلسكوبات الراديوية.

يتألف هوائي القطع المكافئ المثالي من عاكس ذي مغذي هوائي موضوع في مقدمته وبالأخص في بؤرة القطع، والعاكس في الواقع هو سطح معدني مصنع بشكل جزء من دائرة قطع مكافئ لها حافة تمثل قطر الهوائي، وفي هوائي الارسال يتم تزويد تيار التردد الراديوي من المرسلة خلال كابل خط الارسال إلى هوائي التغذية والذي يقوم بعكسه إلى موجات راديوية. يتم بعث الموجات الراديوية إلى الخلف باتجاه الطبق بواسطة هوائي التغذية، ثم تنعكس من الطبق على شكل حزم متوازية، أما في هوائي الإستقبال فإن الموجات الراديوية الواصلة والتي تنعكس عن الطبق يتم تركيزها على شكل نقطة في هوائي التغذية يقوم بعكسها إلى تيار كهربائي ينتقل خلال خط الارسال إلى المستقبلة الراديوي.

7-5 المغذي Feeder

إنَّ هوائي التغذية في بؤرة العاكس نوع الربح الواطئ (Low-Gain) كما هو الحال في هوائي قطب نصف الموجة (Half-Wave Dipole) وما شاكله يدعى هوائي البوق (Feed Horn)، وفي أغلب التصاميم المعقدة يستخدم العاكس الثانوي لتوجيه الطاقة إلى عاكس القطع المكافئ من هوائي التغذية الموضوع بعيدا عن نقطة البؤرة الأولية. يربط هوائي التغذية إلى مكونات ارسال واستقبال التردد الراديوي (RF) بواسطة خط كابلات الارسال المحورية، أو موجه الموجات (Waveguide).

إن فائدة هوائيات القطع المكافئ هو أن اغلب تركيبات هذه الهوائيات (ماعدا هوائيات التغذية) ليست رنينية، كما أنها يمكن أن تشتغل على مدى واسع من الترددات (عرض نطاق واسع). ويعتبر ذلك ضروريا لتغيير تردد الاشتغال لإستبدال هوائي التغذية بآخر يعمل بتردد جديد، بعض هوائيات القطع المكافئ يمكنها ارسال، أو إستقبال الترددات المضاعفة، وذلك بإحتوائها على هوائيات تغذية مربوطة في بؤرة القطع المكافئ قريبة من بعضها.

يتم قياس الكميات الاتجاهية للهوائي بواسطة متغير يدعى الربح (Gain)، وهو يعني عزيزي الطالب: النسبة بين القدرة المستلمة (Perceived) بواسطة الهوائي من المصدر عبر محور شعاعه، والقدرة المستلمة بواسطة (Isotropic Antenna)، أي أن الربح يمكن أن يعطى بالعلاقة الاتية:

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} e_A = \frac{\pi^2 d^2}{\lambda^2} e_A$$

حيث إن:

A: هو مساحة فتحة الهوائي وتمثل فتحة عاكس القطع المكافئ.

d: هو قطر عاكس القطع المكافئ.

λ: هي طول موجة الموجات الراديوية.

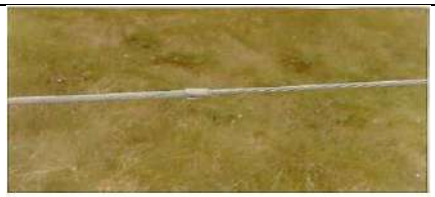
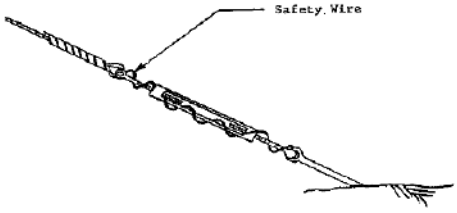
e_A: كفاءة الفتحة، وهو متغير خالي من الابعاد بين (0) و (1) قيمته لهوائي القطع المكافئ المثالي تساوي من 0.55 إلى 0.70.

يمكن ملاحظة أن الفتحة الأكبر مقارنة بطول الموجة هي الأعلى ربحاً. ويزداد الربح مع مربع نسبة عرض الفتحة إلى طول الموجة، فهوائيات القطع المكافئ الكبيرة جدا كتلك المستخدمة في إتصالات المركبات الفضائية، والتلسكوبات الراديوية يكون لها أقصى قيمة ربح. كما يتم تصنيف هوائيات القطع المكافئ بالاعتماد على اسلوب التغذية (Feed)، أي كيفية تزويد الهوائي بالموجات الراديوية:

- التغذية الأمامية (أو المحورية) (Front Feed): ويمثل هذا النوع من أنواع التغذية النوع الأكثر شيوعاً، حيث يوجد هوائي تغذية مثبت في بؤرة القطع في الجهة الامامية من الطبق وعلى خط محور الشعاع، ومن فوائد هذا النوع أنه يحدد كفاءة الفتحة من 55 إلى 60%.
- تغذية المجموعة (خارج المحور) (Offset Feed): يعد العاكس قطعة غير متناظرة من القطع المكافئ لذا يوضع كلاً من البؤرة وهوائي التغذية في جانب واحد من الطبق، هذا وأن الفائدة من هذا التصميم لجعل تركيب التغذية يتحرك خارج مسار الشعاع كي لا يعترض طريق الشعاع في أي حال من الاحوال.

رقم التمرين: 22 الزمن المخصص: ساعتان
إسم التمرين: مكونات وخطوات الربط على البرج
مكان التنفيذ: موضع البرج

المواد التعليمية: هوائي (RF) وهوائي المايكرويف ووحدة الإرسال والإستقبال.
التسهيلات التعليمية: العدد والادوات
ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1	جهز العددعلى المنضدة	
2	أحكام ربط حبال التثبيت	
3	أحكام ربط سلك الأمان.	
4	توصيلات البرج عند ربط عازل (الفايبر كلاس) عن طريق لوح النير(Yoke) إلى أي ساق من البرج حيث تصبح لاحاجة هناك لاي عنصر اضافي آخر.	
5	تأكد من أن كل التوصيلات والاسلاك قد تم أحكامها تأكد من توصيل الأرضي وبعدئذ سيكون العمل قد تم بنجاح.	

أسئلة الفصل الخامس

س1/ ماهي الأسس التي يعتمد عليها تصميم موقع البرج (Location of Tower)؟

س2/ ما المقصود بأجهزة الارسال والاستقبال (Transceiver)؟

س3/ أذكر فائدة هوائيات القطع المكافئ (Parabola)؟

س4/ إختر الاجابة المناسبة فيما يأتي:

1. يتم اعطاء الافضلية الأولى لموقع البرج في:

a) مناطق الاشجار أو الغابات. b) المناطق المأهولة بالسكان.

c) المناطق المجاورة لمصادر الكهرباء. d) ليس في هذه الاختيارات.

2. تستخدم أجهزة الارسال والاستقبال (Transceiver):

a) وحدات (RF) لعملية ارسال البيانات عالية السرعة.

b) وحدات (RF) لعملية استقبال البيانات عالية السرعة.

c) وحدات (RF) لعملية ارسال البيانات واطئة السرعة.

d) ليس في هذه الاختيارات.

3. يتم قياس الكميات الاتجاهية للهوائي بواسطة متغير يدعى:

a) المقاومة (R). b) الفولت (V). c) الربح (Gain). d) ليس في هذه الإختيارات.

4. إن وضع ــــــــــــ في قمة البرج يسمح بإرسال اشارات d المايكرويف إلى مسافات بعيدة قدر الامكان تلافيا لوجود الجبال أو البنايات الشاهقة بين اي برجين.

a) المصباح الوماض. b) الهوائي. c) رأس مدبب. d) ليس في هذه الاختيارات.

5. بعض هوائيات القطع المكافئ يمكنها ارسال أو استقبال الترددات المضاعفة، وذلك باحتوائها على ــــــــــــ مربوطة في بؤرة القطع المكافئ قريبة من بعضها.

a) دوائر متكاملة (IC). b) وحدات (RF). c) دوائر رنينية. d) ليس في هذه الإختيارات.

الفصل السادس

محطات الشبكة الخلوية

أهداف الفصل السادس

أن يكون الطالب قادراً على:

- التعرف على وظيفة محطة الارسال والاستقبال الأساسية (BTS).
- التعرف على وظيفة مسيطر المحطة الأساسية (BSC).
- التعرف على وظيفة (SIM و VLR و EIR و AUC و HLR و PSTN).

محتويات الفصل السادس

6-1 محطة الارسال والاستقبال الأساسية

6-2 وحدة تعريف المشترك

6-2 تتبع خطوط SIM.

6-3 مسجل HLR.

6-4 مسجل VLR.

6-5 مركز التوثيق AuC.

6-6 مركز المعدات EIR.

الفصل السـادس

محطات الشبكات الخلويـة

1-6 محطة الارسال والإستقبال الأساسية Base Transceiver Station - BTS

إن المحطة (BTS) هي عبارة عن حلقة وصل تقوم بتسهيل الاتصال اللاسلكي بين مكونات المستخدم (ME) من جهة والشبكة من جهة أخرى، ويقصد بمكونات المستخدم: الهاتف المحمول، والحاسبة و غيرهما ممن يتصل بالأنترنت اللاسلكي، بينما الشبكة يمكن أن تكون أي من تقنيات الاتصال اللاسلكية مثل: GSM، CDMA (Lode Dirision Multiple Access) الدوائر المحلية اللاسلكية ، Wi-Fi، Wi-MAX، أو تقنية الشبكات الواسعة (WAN) الأخرى.

الشكل (6-1) يوضح برج (BTS) الذي يحمل الهوائي، ويتضح فيه أيضاً الوقاء (Shelter) والذي يمثل حماية لمجموعة الـ (BTS)، وبالرغم من أن الـ (BTS) قابلة للإستعمال مع جميع مقاييس الإتصالات اللاسلكية الا أنها تنطوي تحت تقنيات اتصالات الهاتف المحمول كـ (GSM) و (CDMA)، ومن هذا المنطلق تعتبر الـ (BTS) جزءاً من تطور نظام المحطة الأساسية الفرعي (Base Station Subsystem – BSS) في إدارة النظام.

كما أنها قد تحتوي أيضاً على مكونات الاتصالات المشفرة (Encrypting)، وكذلك غير المشفرة (Decrypting)، وأدوات ترشيح الطيف (BandPass Filter (Spectrum)..الخ. وتعد الهوائيات كذلك من مكونات الـ (BTS)، هذا ويكون للـ(BTS) مرسلات (TRXs) تسمح باداء خدمة تشغيل بعض الترددات المختلفة، ومختلف قواطع الخلية (ذلك طبعاً في حالة المحطات الأساسية ذات القواطع)، ويتم التحكم في (BTS) بواسطة مسيطر المحطة عن طريق وظيفة التحكم بالمحطة (Base Station Control Function – BCF).

شكل 6-1 برج (BTS)

رقم التمرين: 23 **الزمن المخصص:3 ساعات**

اسم التمرين: خطوات ربط وحدة BTS للتعرف على الوظائف والعمل.

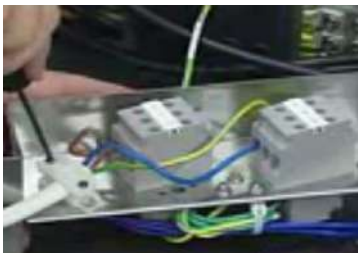
مكان التنفيذ: مختبر الإتصالات

المواد التعليمية: كتلة المحطة (BTS) والـ (BSC).

التسهيلات التعليمية: العدد والادوات.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.		
1	جهز العـــدد علـــى المنضـــــدة مجموعة مفكات (درنفيسات)، لاوية، مقياس متري (فيتة)، مفتاح ربط (النكي)، مفك صامولة (سبانة).	
2	الشروع بنصب القاعدة (Plinth) على الارض، واخذ الارتفاع والبعد عن الجدار بنظر واقع الحال.	
3	إفتح المكونات والاغطية التي تعيق عملية النصب.	
4	إحكم موضع الكتلة باستخدام المقياس المتري.	

5	حدد موضع التثقيب لأجل التثبيت باستخدام المثقاب (الدريل) والبراغي.	
6	حدد موضع الجزء الجداري بدقة. إحكم معه الاستقامة باستخدام ميزان البناء.	
7	وبنفس الطريقة يمكن تثبيت الكتلة على عمود.	
8	تأكد من توصيل الاسلاك.	

9	إربط اسلاك تجهيز القدرة الـ (Dc-power) في نقاط التوصيل (Connector).	
10	الآن جاء دور توصيل اسلاك تجهيز القـــدرة (Ac-power).	
11	إربط الاغطية الخارجية.	
12	وصل سلك التوصيل الأرضي (أصفر+أخضر) في صندوق الفولتية.	
13	عندئذٍ يكون التنصيب للأجزاء المادية قد تم بنجاح.	

2-6 وحدة تعريف المشترك Subscriber Identity Module – SIM

ما المقصود من وحدة تعريف المشترك (SIM Card) تلك القطعة الصغيرة التي تستخدمها في هاتف المحمول؟ إنها عبارة عن دائرة متكاملة (Integrated Circuit) تقوم بخزن معلومات تعريف مشترك الهاتف المحمول العالمي (IMSI)، وكذلك المفتاح المستخدم للتعريف والتحقق من وحدة تعريف المشترك وعلى عناصر الهاتف، من وحدة تعريف هاتف المحمول والحاسوب، أنظر الشكل (6-5).

الشكل 6-5 شريحة (SIM)

يتم وضع دائرة (SIM) ضمن شريحة بلاستيكية قابلة للنزع تدعى شريحة (SIM card) يمكن تحويلها من هاتف محمول إلى اخر، وتتبع هذه الشريحة معايير البطاقة الذكية (Smart Card)، وقد صنعت هذه الشرائح في بادئ الأمر بنفس حجم بطاقات الائتمان (85.60mm × 53.98 mm× **0.76** mm) الا أن التطور الذي حصل على حجم الهاتف المحمول وتحوله إلى هذا المقدار من الصغر دفع كل ذلك إلى تقليص حجم الشريحة معه إلى شريحة بمقاس صغير (Mini-SIM card) (25mm× 15mm) مع بقاء السمك ذاته، تحتوي شريحة (SIM) على:

- رقمها التسلسلي الوحيد (ICCID).
- تعريف مشترك الهاتف المحمول العالمي IMSI (Intemationd Mobile Subseriper Identity) يحدد البطاقة الفردية داخل الشبكة .
- معلومات التشفير (Ciphering) والتحقق.
- معلومات موقتة للشبكة المحلية.
- قائمة بالخدمات التي يحتاجها المستخدم.
- كلمتان للمرور (كلمتا السر) وهما:

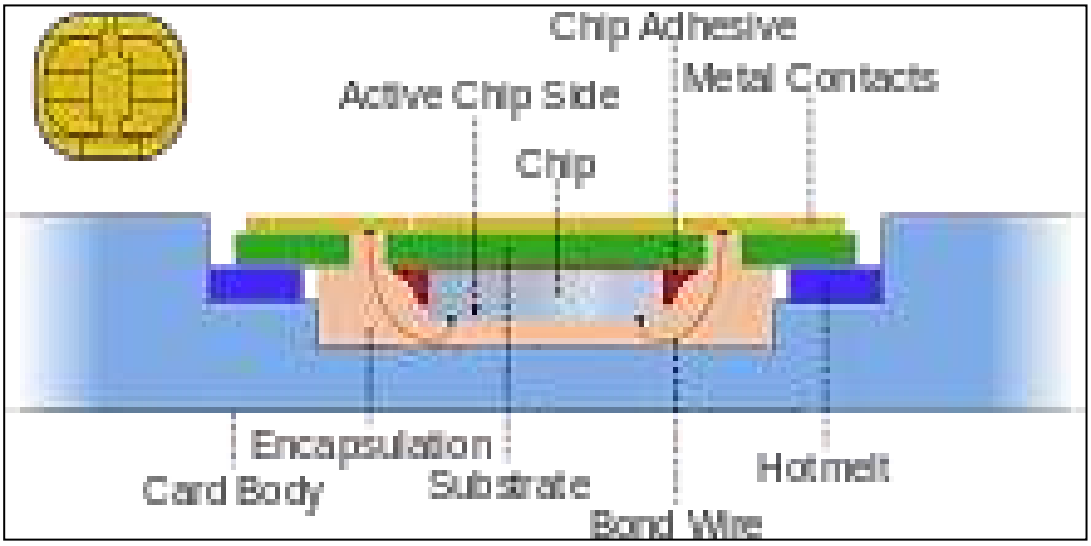
1. رقم التعريف الشخصي (Personal Identification Number – PIN).
2. رمز الفتح الشخصي (Personal Unlocking Code – PUK) لفتح (PIN).

التصميم (Design):

توجد ثلاثة فولتيات تشغيل لشريحة (SIM): 5 V، 3 V، 1.8 V، وكانت فولتية أغلب شرائح (SIM) التي اطلقت قبل عام 1998م هي 5V، ومن ثم اصبحت بعد ذلك 3 V و 5 V.

أما المسيطرات الدقيقة (Microcontrollers) المستخدمة لشريحة (SIM) فتاتي باشكال مختلفة فمثلا ذاكرة (ROM) المثالية تاتي بسعة تتراوح بين 64 KB، و 512 KB، بينما ذاكرة (RAM) المثالية فتتراوح سعتها بين (1 KB) و (8 KB)، أما ذاكرة (EEPROM) المثالية فتتراوح سعتها بين (16 KB)، و(512 KB). هذا وتحتوي ذاكرة (ROM) على نظام تشغيل الشريحة وقد تحتوي على برامج محدودة اخرى، بينما تحتوي ذاكرة (EEPROM) على ما يدعى بالمعلومات ذات الطابع الشخصي

(Personalization)، والتي تتألف من مفاتيح الامان، ودفتر الهاتف، وتنظيمات (SMS) وبرامج نظام التشغيل...إلخ، أنظر الشكل (6-6).



شكل 6-6 يوضح تصميم شريحة SIM

إنَّ شرائح (SIM) الحديثة تسمح بتحميل التطبيقات؛ وذلك عندما تكون الشريحة في حالة استخدام من قبل المشترك، وأن هذه التطبيقات تتصل بالمخدم الذي يستخدم معدات تطبيقات (SIM)،

والتي كانت أساساً محددة بـ3 GPP (3rd Generetion Partnership Pnoject) مشروع شراكة الجيل الثالث .

البيانات (Data):

تقوم شريحة (SIM) بخزن معلومات الشبكة الخاصة، والمستعملة للتحقق والتعريف بالمشتركين في الشبكة.

1- مفتاح التحقق (Ki). 2- تعريف المنطقة المحلية (LAI). 3- رقم طوارئ المشغل.

رقم التمرين: 24 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

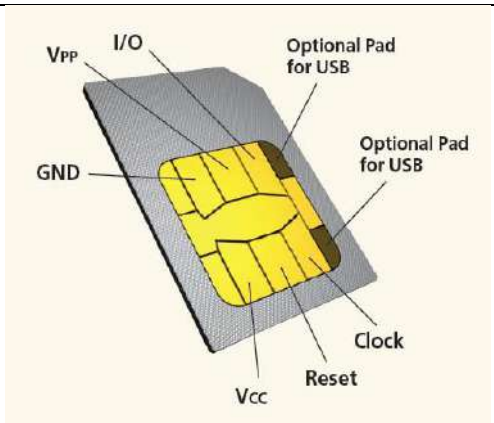
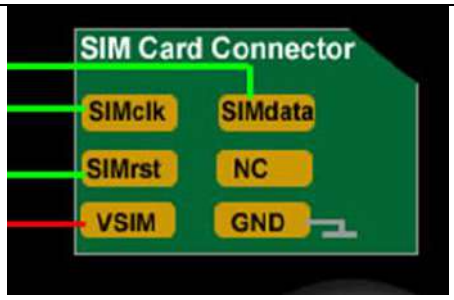
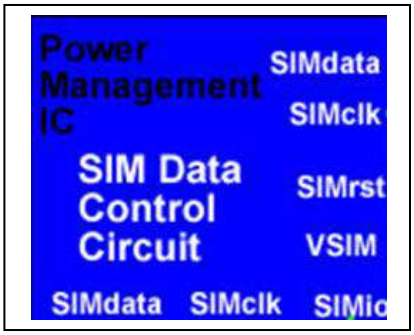
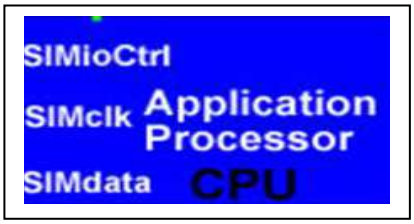
إسم التمرين: تتبع خطوط وحدة تعريف المشترك

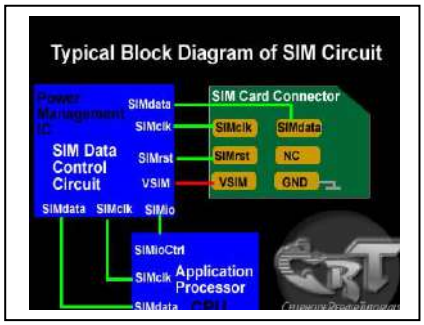
مكان التنفيذ: مختبر الاتصالات

المواد التعليمية: نماذج من شرائح (SIM) المختلفة.

التسهيلات التعليمية: العدد والأدوات

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.	
جهز العددعلى المنضدة.	1

2	أنظر وحدة تعريف المشترك (SIM card) وفيها: - i\o: الادخال والاخراج. - Vpp: مصدر جهد. - GND: الارضي. - Vcc: فولتية تجهيز. - Reset: التهيئة. - Clock: التوقيت. - Optional Pad: لـوح الوظـائف لمنفـذ (USB).	
3	توصيلات الوحدة (SIM): يتم توصيل وحدة تعريف المشترك بواسطة الاطراف: - SIMdata: بيانات الوحدة. - SIMrst: تهيئة الوحدة. - VSIM:فولتية الوحدة. - GND: الارضي. - NC: الخط المتعادل.	
4	الدائرة المتكاملة الخاصة بمسيطر البيانات: دائـرة مسـيطر بيانـات وحـدة تعريـف المشـترك (SIM)	
5	دائرة معالج التطبيقات (CPU)الذي يحتوي على التوصيلات الاتية: - SIMioCTRL: مسيطر الادخال والاخراج في الوحدة. - SIMclk: مؤقت الوحد ة. - SIMdata: بيانات الوحدة.	

6	إنظر اتصال الاجزاء الثلاثة معا: موصلات الوحـــدة (SIMcard connector) + دائـــــرة معـــالـــــج القـــــدرة (SIM Data Control Circuit)+ معالج التطبيقات (Application Processor).	

3-6 سجل الموقع الرئيسي Home Location Register - HLR

إن سجل الموقع الرئيسي هو قاعدة البيانات الرئيسية لمعلومات المشترك الدائمية في شبكة الهاتف المحمول، وهو عبارة عن مجموعة متكاملة من وصول قسم الرمز المتعدد (CDMA)، و (TDMA) الوصول المتعدد لمقسم الوقت وكذلك شبكات النظام العالمي لاتصالات الهاتف المحمول (GSM).

هذا وتحتوي الـ (HLR) على معلومات وثيقة الصلة بالمستخدم كاحتواء العنوان وحالة العد والمفضلات، وتتفاعل مع مركز مبادل الهاتف (Mobile Switching Center) (MSC) حيث يستخدم المبادل (Switch) في محكم الاتصال والمعالجة. ويقوم الـ (MSC) بمهمة نقطة الوصول (Point-of-Access) الشبكة المبادلة للهاتف، اما العنصر المتكامل الثالث، فهو المسجل الموقع الزائر (VLR) والذي يقوم بصيانة معلومات المستخدم الموقتة (مثل الموقع الحالي). عندما يبتدئ المستخدم بالاتصال ستقوم مكونات المبادل بتحديد فيما لوكانت المكالمة قادمة من المنطقة الرئيسية للعنصر أم لا. إذا كان المستخدم خارج المنطقة الرئيسية ستقوم منطقة (VLR) بإرسال طلب المعلومات لأجل معالجة المكالمة.

4-6 سجل موقع الزائر Visitor Location Register – VLR

وهو يمثل قاعدة البيانات والمعلومات التي تحتوي على معلومات حول المشتركين الجوالين داخل منطقة مركز مبادل الهاتف المحمول. هذا وأن القاعدة الأساسية لـ (VLR) هو تصغير رقم الاستفسارات التي تولدها الـ (MSC) لمسجل الموقع الرئيسي (HLR) الذي يحتفظ بالبيانات والمعلومات الدائمية الخاصة بمشتركي الشبكة الخلوية مع ملاحظة إنه يجب أن يكون موقع (VLR) وأحد لكل (MSC) كما يمكن أن يكون (VLR) مفرد يعمل مخدما لعدة (MSC).

5-6 مركز التوثيق Authentication Center

يقوم هذا المركز بوظيفة التحقق من كل وحدة (SIM Card) تحاول الاتصال بشبكة مركز (GSM) وذلك طبعاً عندما يكون جهاز الهاتف المحمول في حالة تشغيل، في حالة نجاح التحقق تسمح الـHLR بإدارة وتشغيل وحدة التعريف (SIM)، والقيام بالخدمات المختلفة ويتولد مفتاح التشفير الذي يستعمل بعد ذلك لتشفير كل الإتصالات اللاسلكية (صوت، رسائل قصيرة،....الخ) بين الهاتف الخلوي وشبكة مركز (GSM).

وعند فشل التحقق فإنه لاوجود للخدمات من ذلك التجمع الخاص من وحدة تعريف المشترك (SIM)، والهاتف المحمول الذي تمت محاولة تشغيله. كما توجد صيغة أخرى للتحقق يتم تشكيلها في الرقم التسلسلي للهاتف المحمول. تقع وحدة التوثيق في مركز تحويل مكالمات الهاتف الخلوي (MSC) ويرتبط عملها مع مسجل الموقع المحلي (HLR)، لاحظ الشكل (6-7)، وتكمن الغاية الأساسية لمركز التوثيق (AuC) هي لتوثيق معلومات المشترك الذي يحاول استخدام الشبكة بالإضافة إلى ذلك التأكد من شرعية هذا المشترك.

شكل 6-7 شكل توضيحي لمركز التوثيق AUC

يمكن تعريف مركز التوثيق (AuC) بأنه عبارة عن قاعدة معلومات موصولة إلى مسجل الموقع المحلي (HLR) وتقدم له بارمترات التوثيق ومفاتيح التشفير المستخدمة لضمان السرية على الشبكة.

ويمكن تلخيص أهم الوظائف التي يقوم بها مركز التوثيق بالتالي:

1. خزن بيانات المشتركين والمطابقة لتلك الموجودة على الشريحة الذكية (SIM).
2. توليد سلسلة من الإجراءات السرية للسماح للمشترك مما يوفر السرية المطلوبة.
3. إطلاق مفتاح تشفير (Ciphering Key) لتأمين نقل البيانات بسرية.

كما ذكرنا سابقا إن لكل شريحة شفرة تدعى (IMSI) خاص بها، وهذا الشفرة تتعامل به الشريحة مع الشبكة حيث عند تشغيل جهاز الهاتف المحمول يتم إرسال (IMSI) إلى الشبكة والتي بدورها تقوم بتحليله وإحضار البيانات الخاصة بهذا الهاتف المحمول من خلال مسجل (HLR)، وهو قاعدة بيانات الشبكة حيث يخزن ويقوم بإدارة كل الاشتراكات الخلوية التي تنتمي إلى مشغل محدد، كما يحتوي على معلومات عن هوية المشترك والمزايا والخدمات بالإضافة إلى موقع المشترك، ويتم استخدام تلك المعلومات من قبل مركز التوثيق لتحديد فيما إذا كان يحق للمشترك الوصول إلى الشبكة أم لا.

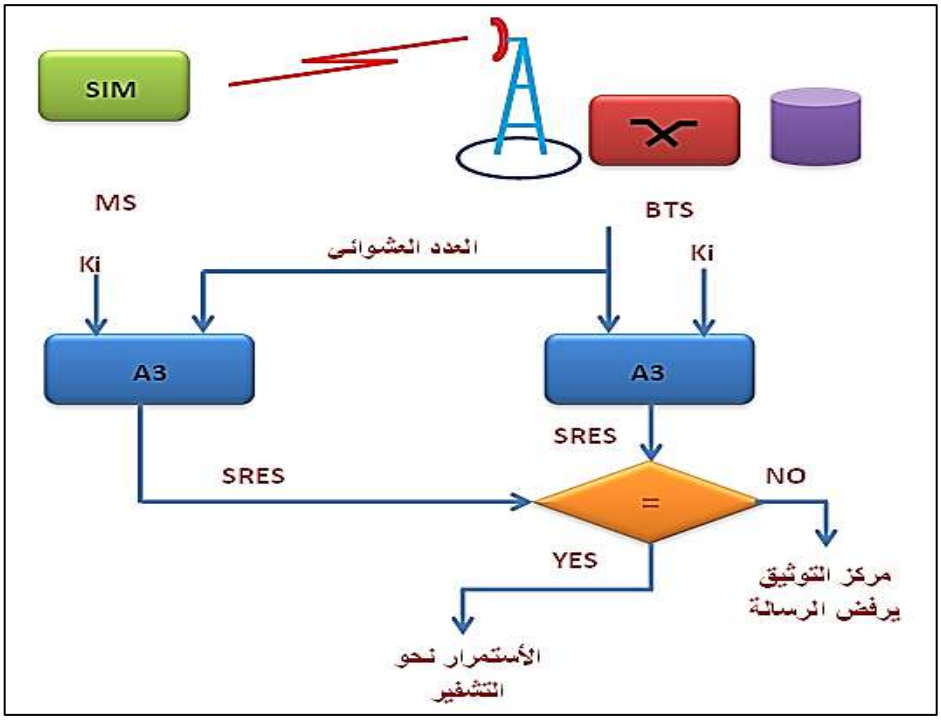
- إن شفرة (IMSI) (Temporary Mobile Subscriber Identity) مخزونة على شريحة الهاتف المحمول وممكن أن نأتي بأي شريحة و نعمل عليها نفس البرنامج الموجود على شريحة الهاتف المحمول، ونقوم بتنزيل شفرة (IMSI)، وتخيل هنا لو كانت الشفرة التي قمنا بتنزيلها تعود لخط فاتورة يعني ممكن أن نتكلم بشكل مفتوح وصاحب الشريحة الأصلية سوف يلاحظ أن فاتورته كبيرة، وهو لم يعمل كل هذه المكالمات، لقد ذكرنا أن جهاز الهاتف المحمول يقوم بإرسال شفرة (IMSI) مرة واحدة عند التشغيل ويتم تخصيص شفرة TMSI هوية المشتركين في الهاتف المحمول المؤقت له من قبل الشبكة ويتم التعامل بهذه الشفرة فورا، وهذه تعد حماية للـ (IMSI)، ولكن المشكلة موجودة لحد الأن

لكون (IMSI) موجود على الشريحة، ولهذا السبب وجود مركز التوثيق الذي بدوره يتأكد أن صاحب (IMSI) هو صاحب الهاتف المحمول الحقيقي الذي ينتمي إلى الشبكة.

1-5-6 آلية عمل مركز التوثيق:

تتلخص آلية عمل مركز التوثيق المبينة في الشكل (6-8) بالخطوات التالية:

1. يقوم مركز التوثيق عند استلام شفرة (IMSI) بإصدار المفتاح Ki وهو عبارة عن شفرة ثابتة لكل (IMSI) ولا يمكن أن يتكرر ابدا. والمفتاح Ki موجود في مركز التوثيق وموجود على شريحة الهاتف المحمول.
2. يقوم مركز التوثيق بإدخال المفتاح Ki إلى الخوارزمية A3 ومعه عدد عشوائي يتم توليد داخل مركز التوثيق.
3. الخرج من الخوارزمية A3 هو اشارة استجابة (Signed Response)، ويرمز لها (SRES).
4. في نفس الوقت يقوم مركز التوثيق بإرسال العدد العشوائي إلى جهاز الهاتف المحمول MS.
5. يقوم جهاز الهاتف الخلوي MS عند استلامه العدد العشوائي بإدخاله على الخوارزمية A3 مع المفتاح Ki الموجود على الشريحة.
6. الخرج من الخوارزمية K3 هو الإشارة (SRES) حيث يقوم جهاز الهاتف الخلوي بأرسالها إلى الشبكة.
7. في حالة عدم تشابه SRES العائدة لجهاز الهاتف المحمول مع (SRES) العائدة للشبكة يتم عدم قبول MS في الشبكة وحالة التطابق يتم الإنتقال إلى مرحلة التشفير.



الشكل 6-8 آلية عمل مركز التوثيق

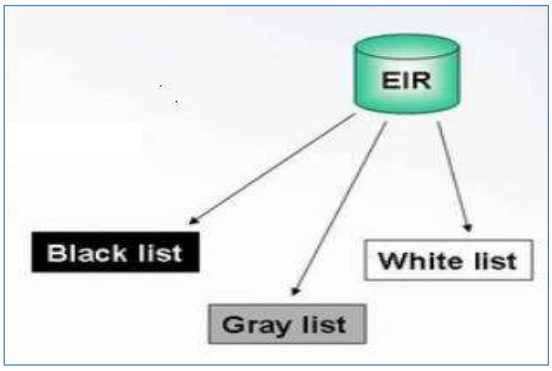
6-6 سجل هوية الأجهزة Equipment Identity Register – EIR

غالباً ما يكون سجل هوية الأجهزة مكملاً لـ (HLR)، وهو يحتفظ بقائمة الهواتف المعرفة بـ (IMEI) الممنوعة من الشبكة أو المراقبة، إن هذا الامر مصمم للسماح بمتابعة الهواتف المحمولة المسروقة حيث أن كل البيانات حول كل الهواتف المحمولة المسروقة يجب أن توزع إلى كل الـ (EIR) في العالم من خلال الـ (EIR) المركزي الا أن قسم من دول العالم تكون فيها هذه الخدمة غير مفعلة.

وباختصار يمكن القول أن سجل هوية الأجهزة (EIR) هو عبارة عن قاعدة بيانات تحتوي على بيانات ومعلومات تمثل أرقام التعريف لأجهزة الهاتف المحمول، حيث أن لكل هاتف محمول رقم فريد مكون من 15 مرتبة ويدعى بالهوية الدولية لجهاز الهاتف المحمول International Mobile Equipment Identity IMEL ويمكن معرفة رقم الجهاز؛ وذلك من خلال قراءته مطبوعا تحت البطارية، أو إرسال رسالة قصيرة (#06*). وهنا يقوم EIR بعملية المطابقة لجهاز الهاتف المحمول مع قاعدة البيانات، حيث أن لكل هاتف محمول عدة قوائم، كما مبينة في الشكل (6-9)، ويمكن اجمالها كما يأتي:

1. القائمة البيضاء White list، وهي تحتوي على أرقام الأجهزة المصرحة بإستخدام الشبكة.
2. القائمه السوداء Black List وهي تحتوي على ارقام الأجهزة الغير مصرح لها بإستخدام الشبكة.
3. القائمه الرماديه Gray List، وتحتوي أرقام الأجهزة ذات السماحية المؤقتة أو المشروطة.

إن منظومة EIR هي المسؤولة عن الإبلاغ عن أي هاتف محمول مسروق تم الإبلاغ عنه، فعندما تقوم بفتح الهاتف المحمول فيقوم الهاتف المحمول بأرسال IMEI الخاص به إلى الشبكة فإذا كان هذا الهاتف المحمول مبلغ عنه أنه مسروق فإن رقم IMEI له سيكون موجود في القائمة السوداء في EIR وسيتم عمل "غير مخول" له وفي نفس الوقت سيتم تسجيل رقم الشريحة الموجودة فيه ليتم التعرف على صاحب الشريحة.



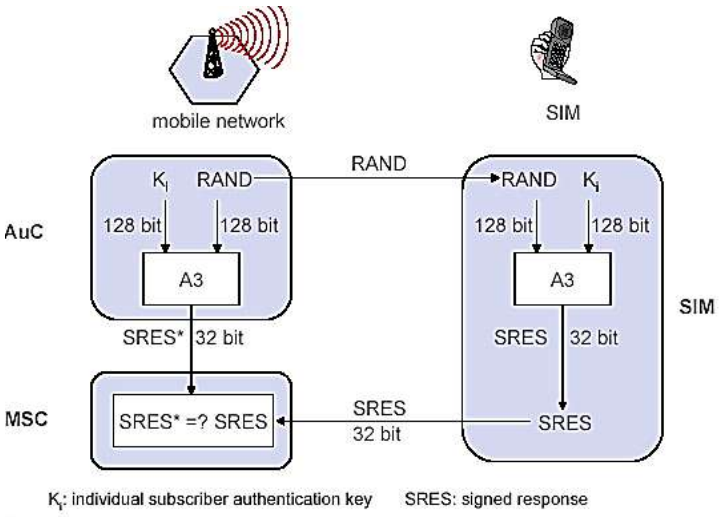
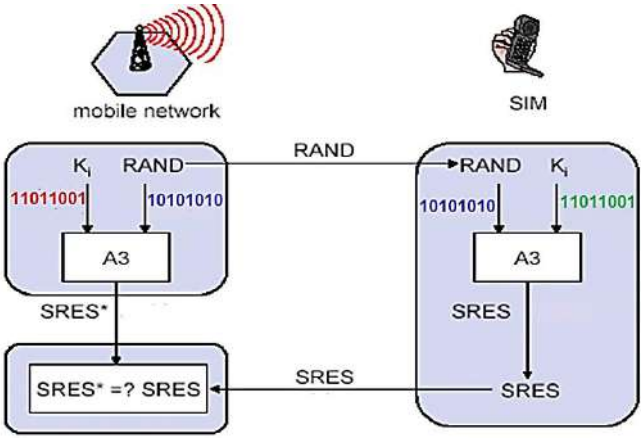
شكل 6-9 منظومة EIR

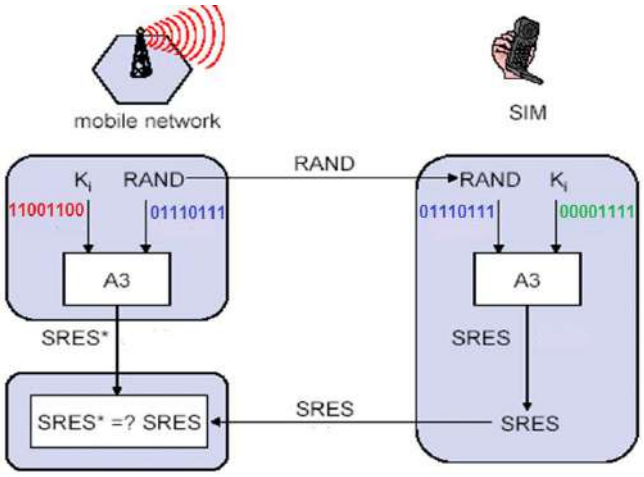
رقم التمرين: 25 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

أسم التمرين: تتبع عمل وأهمية AuC و EIR **مكان التنفيذ: مختبر الشبكات**

أولاً: الأهداف التعليمية: أن يكون الطالب قادرا على التعرف على عمل و أهمية AuC و EIR.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل – جهاز حاسوب.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.	
قم بإحضار اللوحة التدريبية الخاصة بمكونات منظومة AuC.  	1
تتبع عمل منظومة AuC وعبر أتجاهين: ❖ الاتجاه الأول: عبر الشبكة. ❖ الاتجاه الثاني: عبر جهاز الهاتف الخلوي.	2
قم بإدخال مفتاح Ki واحد لكلا المنظومتين ME و AuC.  	3

4	قم بقراءة: SRES = $SRES^*$= Is SRES =? $SRES^*$
5	قم بإدخال مفتاح Ki لمنظومة AuC ومفتاح Ki مختلف لمنظومة ME: 
6	قم بقراءة: SRES = $SRES^*$= Is SRES =? $SRES^*$

نشـــاط:

أكتب تقريراً حول مركز التوثيق في أنظمة الجيل الرابع للهاتف الخلوي.

أسئلة الفصل السادس

س1: ما المقصود بمحطة الارسال والاستقبال الأساسية (BTS)؟

س2: ماهي وظائف المحطة (BTS)؟

س3: ماهي وظائف مسيطر المحطة الأساسية (BSC)؟

س4: اختر الاجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. أن المحطة (BTS) هي عبارة عن حلقة وصل تقوم بتسهيل الاتصال اللاسلكي بين:
   a) مكونات المستخدم (UE) من جهة والشبكة من جهة اخرى. b) المرسلة والمستقبلة.
   c) الهوائي في البرج و الأجهزة الطرفية. d) ليس في هذه الاختيارات.
2. إن المقصود بـ ـــــــــــ هو أنها مكونات شبكة الهاتف الخلوي الحرجة التي تتحكم بواحدة أو أكثر من محطات الارسال والاستقبال:
   a) البرج. b) وحدة تعريف المشترك (SIM).
   c) مسيطر المحطة الأساسية (BSC). d) ليس في هذه الإختيارات.
3. ويتم التحكم في (BTS) بواسطة مسيطر المحطة عن طريق:
   a) وظيفة التحكم بالمحطة (Base Station Control Function – BCF).
   b) نظام المحطة الأساسية الفرعي (BSS). c) تغيير موقع الهوائي على البرج.
   d) ليس في هذه الاختيارات.
4. تقوم شريحة (SIM) بخزن معلومات الشبكة الخاصة، والمستعملة للتحقق والتعريف بالمشتركين في الشبكة مثل:
   a) مفتاح التحقق (Ki). b) تعريف المنطقة المحلية (LAI).
   c) رقم طوارئ المشغل. d) كل الاختيارات اعلاه.

الفصل السابع
نظـام الجيل الثالث CDMA 2000 3G

أهداف الفصل السابع

أن يكون الطالب قادراً على:

- التعرف على تفاصيل النظام CMDA المستخدم في الجيل الثالث لشبكات الهاتف الخلوية ووظيفة مراحل النظام.
- التعرف على الفرق بين نظام GSM ونظام CDMA.

محتويات الفصل السابع

7-1 مقدمة.

7-2 المكونات الأساسية لنظام GSM.

7-3 تقنية الوصول المتعدد بالتقسيم التشفيري CDMA.

7-4 المكونات الأساسية لنظام CDMA.

7-5 وظيفة عقدّة خدمة معلومات الرزمة PDSN.

7-6 مفهوم IMEI.

الفصل السابـع

نظـام CDMA2000 3G

1-7 مقدمة

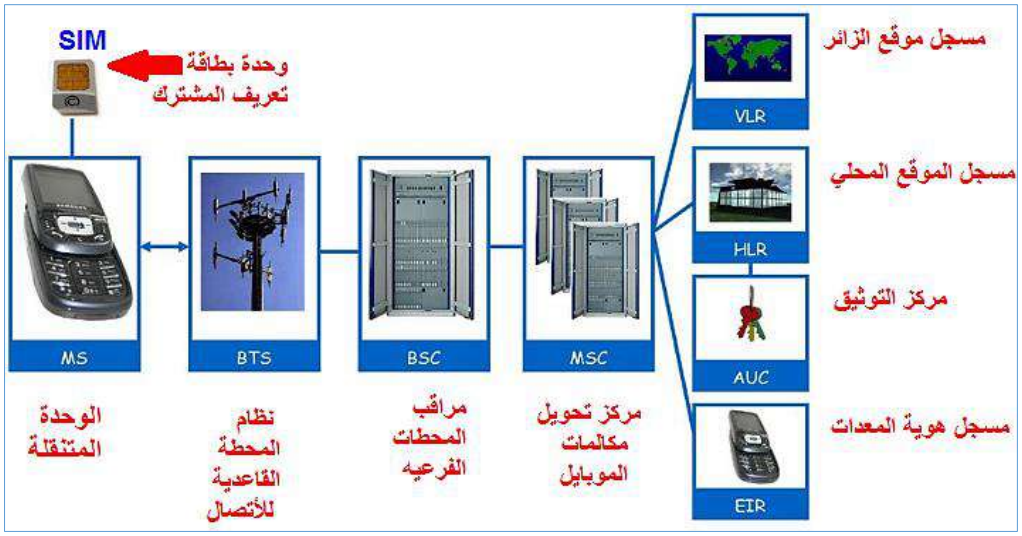
كان التطور السريع للاتصالات المتنقلة واحدة من قصص النجاح الأبرز لعقد التسعينيات، حيث بدأت شبكات الجيل الثاني G2 بالعمل في بداية عقد التسعينيات، ومنذ ذلك الحين أخذت هذه الشبكات بالتوسع والتطور، ففي أيلول 2002م كانت هنالك 460 شبكة GSM تعمل معا حول العالم وتضم 748 مليون مشترك.

بعد النجاح الذي حققته أنظمة الجيل الثاني، وخاصة نظام GSM بدأ التوجه نحو تكامل ودمج العديد من الأنظمة في نظام واحد يشمل الأنظمة الخلوية والهواتف اللاسلكية وأنظمة المناداة ونظم الأقمار الصناعية ودمجها في نظام عالمي موحد، و بدأت المنظمات الدولية بوضع معايير موحدة لأنظمة الجيل الثالث، وبدأ بعض هذه الأنظمة بالظهور في الولايات المتحدة، واليابان، وكوريا الجنوبية، ثم لحقت بها العديد من دول العالم.

2-7 المكونات الأساسية لنظام GSM

يمكن تقسيمها إلى أربعة أقسام رئيسة في الشكل (7 – 1) هي:

1. الوحدة المتنقلة (جهاز الهاتف المحمول) Mobile Station MS.
2. نظام المحطة القاعدية للاتصال Base Transceiver System BTS.
3. مراقب المحطات الفرعية Base Station Controller BSC.
4. مركز تحويل مكالمات الهاتف المحمول (Mobile Services Switching Center (MSC.



شكل 7-1 المكونات الأساسية لنظام GSM

إن جهاز الهاتف المحمول (الوحدة المتنقلة) يحول الإشارة الصوتية التناظرية الصادرة عن المتحدث إلى معلومات رقمية بنظام العدد الثنائي Binary، والمكون من الرقمين (0 و1) فتصبح الإشارة الصوتية عبارة عن

معلومات مكونة من هذين الرقمين، ثم يتم تشفير و ضغط هذه المعلومات ليسهل ارسالها بكفاءة عالية وفي فترة زمنية قصيرة. كما أن ضغط البيانات يجعل من الممكن أن يتم إجراء عدد يصل من 3 إلى 10 اتصالات مرة واحدة بالمقارنة مع مكالمة واحدة على نفس التجهيزات المستخدمة في النظام التناظري. فيمكن استخدام قناة واحدة لأكثر من مستخدم في نفس الوقت حيث تقسم الإشارة اللاسلكية إلى شرائح من البيانات تحمل كود بعنوان المستخدم للجوال. وأثناء انتقالها إلى المستقبل تتوزع الشرائح على نطاق الترددات ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال، ويسمى هذا النظام العالمي للاتصالات المتنقلة GSM.

وهناك ثلاث تقنيات مختلفة تستخدم في هاتف الخلويات الجيل الثاني لنقل المعلومات الرقمية من الهاتف الخلوي إلى نظام المحطة القاعدية للاتصال (BTS) وبالعكس هي:

1. الوصول المتعدد بالتقسيم الترددي Frequency Division Multiple Access – FDMA
2. الوصول المتعدد بالتقسيم الزمني Time Division Multiple Access – TDMA
3. الوصول المتعدد بالنظام التشفيري Code Division Multiple Access – CDMA

والمصطلح الانجليزي لكل تقنية من التقنيات الثلاث يشرح نفسه فهذه التسمية العلمية اشتقت من فكرة عملها. فمثلا لو اخذنا الكلمة الأولى من كل تقنية، وهي Frequency و Time و Code فنجد أنها تشير إلى التقنية المستخدمة لطريقة الدخول إلى الشبكة في تناقل المعلومات، فالأولى يعتمد على التردد والثانية تعتمد على الزمن والثالثة تعتمد على الشيفرة، أما الكلمة الثانية Division، فهي تشير إلى أن طريقة فصل المكالمات يعتمد على طريقة الدخول إلى الشبكة، ونستنتج من ذلك أننا من خلال فهمنا للمصطلح الانجليزي يمكننا أن نصف كل تقنية على النحو التالي:

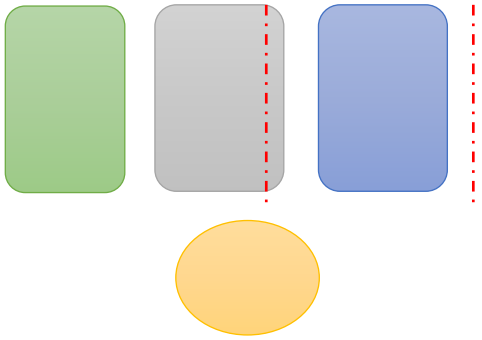
- FDMA: و يعني أنه يتم تخصيص تردد معين لكل مكالمة.
- TDMA: وتعني أن هذه التقنية تعتمد على الزمن حيث يتم تخصيص جزء زمني صغير من التردد لكل مكالمة.
- CDMA: و فيه يعطى لكل مكالمة شفرة وحيدة تنقل على أي تردد متاح.

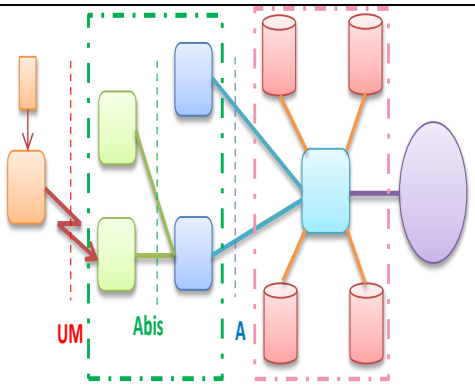
وكما نلاحظ أن كل التقنيات الثلاث تحتوي على الجملة (Multiple Access) والتي تعني أنه أكثر من مستخدم يمكنه استخدام الشبكة في نفس الوقت.

رقم التمرين:- 26 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- تحديد مكونات نظام GSM.

مكان التنفيذ:- مختبر الإتصالات.

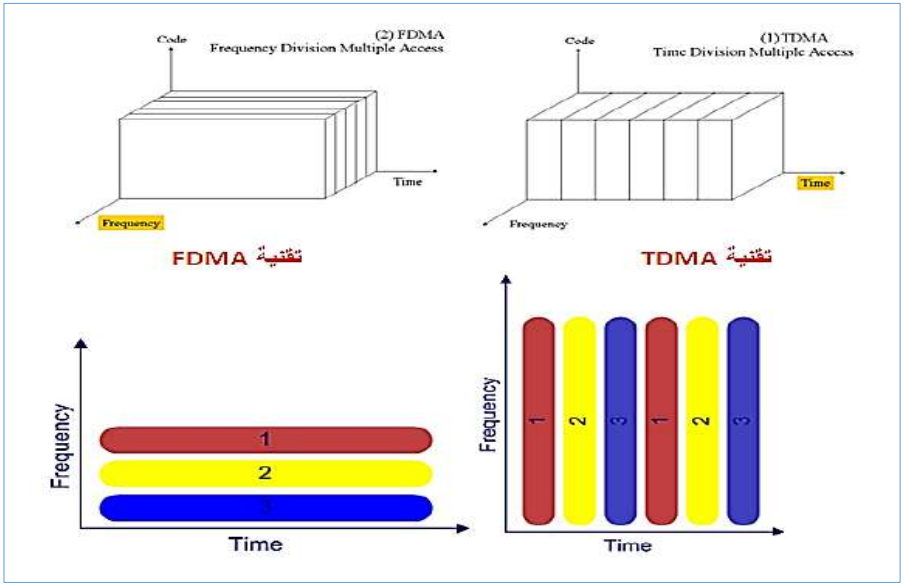
ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة ، الرسومات		
1	إحضر اللوحة التدريبية الخاصة بمكونات نظام GSM	
2	قم بتسمية المكونات الرئيسية لنظام GSM ومن ثم حدد وظيفة كل جزء.	
3	سمي مكونات الوحدة المتنقلة Mobile Stations (MS)	
4	ماهو SIM Card؟	
	سمي المكونات الداخلية للأنظمة: ❖ نظام المحطة القاعدية للاتصال BTS.	

	❖ مراقب المحطات الفرعية BSC. ❖ مركز تحويل مكالمات الهاتف الخلوي MSC.	
5	حدد إسم ووظيفة كل مكون من الشكل الموضح فيما يلي:	
	المناقشة: إكتب تقريراً مفصلاً عن مكونات نظام GSM.	

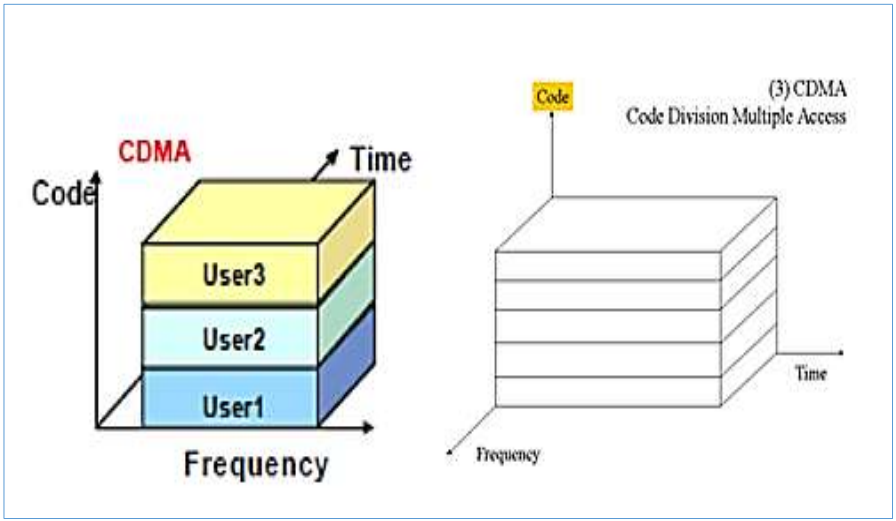
3-7 تقنية الوصول المتعدد بالتقسيم التشفيري CDMA

هو نظام يستخدم تقنية الوصول المتعدد بتقسيم الشفرات، وقد ظهر هذا النظام منذ وقت مبكر من عام 1980م حيث كان يستخدم في نظم الاتصالات بالأقمار الصناعية لإرسال البيانات بسرعة عالية. ولم يكن يستخدم آنذاك في نظم الاتصالات للنقال، فالذي كان يستخدم للنقال النظامين FDMA وTDMA، ولتوضيح هذين النظامين نضرب مثلا بسيطاً يوضح كيفية التقسيم فيهما والتقسيم في نظام CDMA. فلو نظرنا إلى مكان به العديد من الغرف ولكل غرفة رقم مخصص ويتم الفصل بين الغرف بجدر فاصلة، ففي هذين النظامين يكون تقريباً لكل اثنين من المتحدثين غرفة خاصة بحيث لا يسمع حديثهما أحد، إذن هذين النظامين وبصورة مختصرة مبنية على تقسيم الغرف بحيث يكون حجم الغرفة على حجم عرض الحزمة الترددية وترقيمها بحيث يحدد لكل مستخدم رقم أي وقت معين من أجزاء الوقت (TIME-SLOT)، كما هو موضح في الشكل (7-2).

أما نظام CDMA فبنيته تختلف عنهما فمحطة الإرسال به كبيرة. ولو مثلناه بالغرف فهي تعد مثل قاعة كبيرة مليئة بالناس وكل الناس يتحدثون فليس هناك جدران فاصلة، أو ترقيم للغرف كما في الأنظمة السابقة أو أن يكون الحديث بين الناس على فترات لكل مجموعة، فهنا الكل يتكلم وفي نفس الوقت. أو كمثال آخر لو دخلت بصالة طعام عالمية بها العديد من الناس وكل مجموعة تجلس مع بعضها تتحدث بلغتها فعند دخولك لهذه الصالة لا تستطيع فهم شيء، فإن وجدت من يتحدثون بلغتك تستطيع بذلك فك شفرات كلامهم (معنى كلامهم) فهكذا نظام CDMA، كما هو مبين في الشكل التالي حيث يخصص لكل متحدث شفرة خاصة وكل المشتركين أو المتحدثين يرسلون ويستقبلون في نفس الوقت بدون توقف. والمعالجة في هذا النظام تكون عن طريق التحكم بالقدرة فعن طريقها يستطيع التمييز والتنظيم بين المكالمات فهذا النظام لا يستطيع العمل نهائيا بدون التحكم بالقدرة وهذا ما سبب له مشكلة في مراحل تطوره.



شكل 7-2 مبدأ عمل تقنية FDMA وتقنية TDMA



شكل 7-3 تقنية عمل CDMA

7-3-1 مراحل التطور لنظام CDMA للهاتف المحمول

بداية يجب أن نعلم كيف كانت البداية لنظام CDMA وفيما استخدم وعلى ماذا يعتمد وكيف تطور وماهي أنواعه، في الماضي كان كل نظام جديد يحتاج إلى 10 سنوات قبل أن يكون في سوق العمل فنظام AMPS (Adranced Mobile Phone System) نظام الهواتف المحمولة .

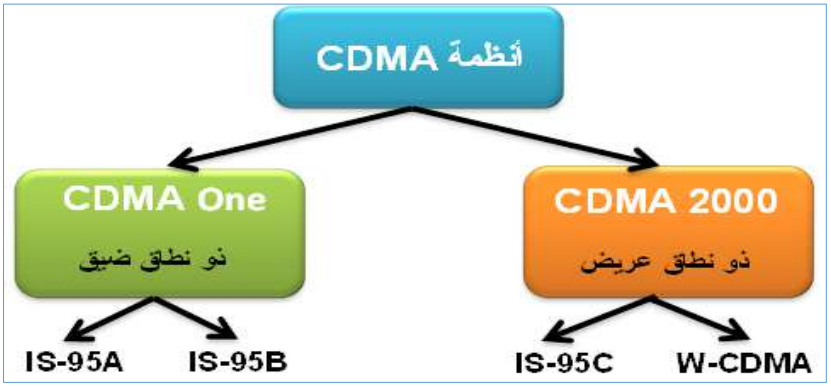
أخذ ما يقارب 20 سنة، ونظام (GSM) أخذ ما يقارب 10 سنوات وأنظمة (TDMA) 7 سنوات بينما نظام (CDMA) ففي 5 سنوات فقط تطور وبسرعة مذهلة رغم ما واجهه من صعوبات و انتقادات.

ويوجد هناك نوعين من CDMA وهي:

النوع الأول : يستخدم (Frequency-Hopping Spread Spectrum) (FHSS) وهذا هو النوع القديم ولا يستخدم حالياً وإستخدم سابقاً في المجال العسكري.

النوع الثاني : يستخدم (Direct Sequence Spread Spectrum) (DSSS) حيث تجمع إشارة المستخدم مع إشارة فصل فريدة ثم ترسل وعند المستقبل تستخدم نفس إشارة الفصل فتنتج الإشارة الأصلية، وهذا هو المستخدم في نظام IS-95 التجاري.

إن المعيار الأول لنظام CDMA هو (IS-95A) وهو نموذج لمعدل نقل بيانات منخفض حيث يقوم بدعم البيانات والمعلومات بسرعة تصل إلى حوالي 14.4 Kbps و كان ذلك في عام 1995م وكان تقدمه بطيء جداً، وتم تطويره عام 1998م إلى (IS-95B) وهو نموذج لمعدل نقل بيانات متوسط حيث يدعم البيانات بسرعة تصل إلى حوالي (114 kbps). يطلق على النظامين التاليين (IS-95A & IS-95B) إسم (CDMA ONE) ، وبعد التجارب المختبرية والميدانية والجهود المكثفة والعمل المتواصل قامت شركة (QUALCOM) بتطوير التقنية إلى (IS-95C)، أو ما يعرف باسم (CDMA 2000) وهي التقنية الأكثر كفاءةً وإنتشاراً في العالم والتي قامت بتزويد المشتركين بالخدمات والمميزات والعروض، وهي في توسع دائم وازدياد في أعداد المشتركين.



شكل 7-4 تصنيف أنظمة CDMA

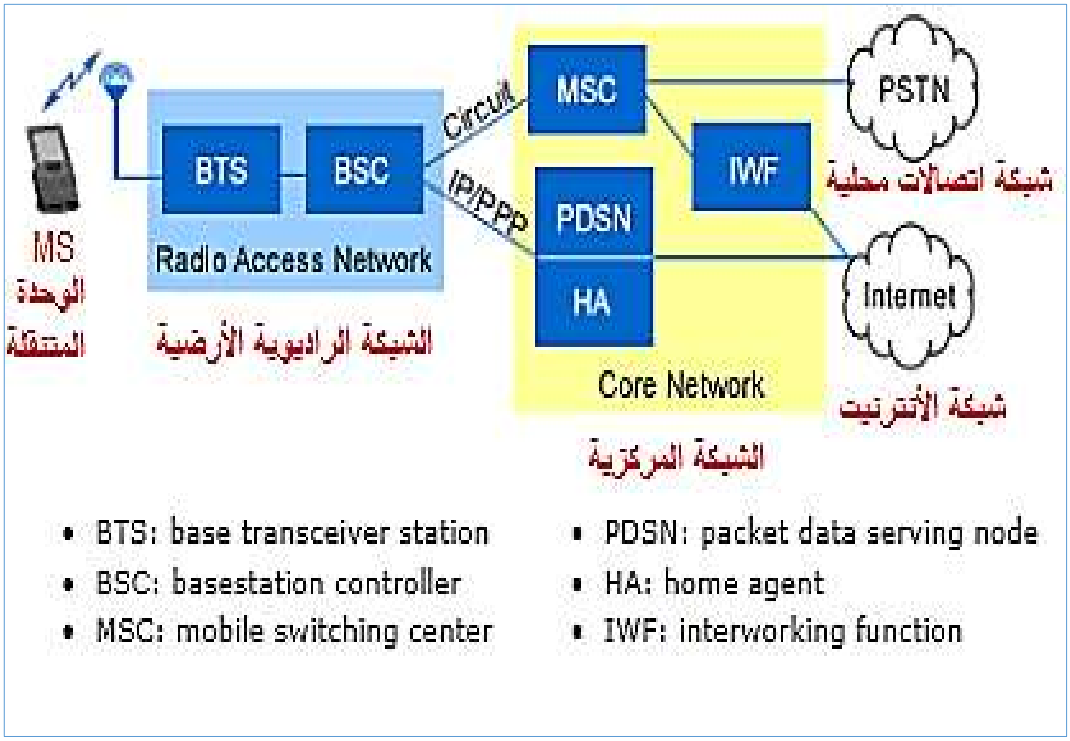
7-3-2 خصائص CDMA 2000

ان CDMA 2000 لها خصائص تتلخص كالاتي :.

بصورة عامة كفاءته عالية حيث إنَّ أعلى معدل نقل بيانات يصل إلى 307 Kbps على حامل واحد 1 ذا مدى ترددي 1.25 MHz.

- نقاوة عالية في نقل الصوت والبيانات
- هو أول نظام من IMT 2000 الذي يقدم بيانات لاسلكية بسرعة عالية.
- متوافق أو متلائم مع (IS-95A & IS-95B).
- هو تقنية الجيل الثالث المستخدمة اليوم.
- ضعف سعة الصوت لشبكات وناقلات (CDMA ONE).

❖ يقدم خدمات دخول الأنترنت.



شكل 7-5 المكونات الأساسية لنظام CDMA

❖ يقدم 50% أوقات إضافية أكبر.

❖ الاستخدام الفعال للموجات الترددية Frequency Band.

❖ لا يحتاج إلى تخطيط الترددات Frequency Planning.

❖ أكثر أماناً مع حماية فعاله من التسرب غير المشروع للمكالمات أو البيانات.

❖ السهولة والمرونة العالية في تطوير النظام ترقيته و تحديثه.

نظام CDMA 2000 للبيانات (Data)

- الكفاءة عالية حيث أن أعلى معدل نقل البيانات يصل إلى 2.4 Mbps على حامل X1 ذا مدى ترددي يصل إلى 1.25 MHz.
- ينقل بيانات فقط.
- هو حل لدخول أنترنت بكلفة قليلة وأداء عالي.
- تقنية قابلة للازدياد.

نظام CDMA 2000 للبيانات و الصوت (Data & Voice)

وهو يدمج بين الصوت والبيانات ذات الحزمة العالية في وقت واحد.

نظام CDMA 2000 للبيانات والصوت و الفيديو (Data & Voice& Video)

وهو يدمج بين الصوت والبيانات والفيديو ونقل المؤتمرات وخدمات أخرى عند سرعات تصل إلى حدود 3.09 Mbps، وكما ذكرنا أن شبكة CDMA 2000 متوافقة مع (CDMA ONE) ، فإن شبكة نظام

(CDMA ONE) تستطيع وبسهولة تطوير نفسها إلى CDMA 2000، علاوة على ذلك فإن التحويل من (CDMA ONE) إلى (CDMA 2000) رخيص الثمن وهو من الأسباب الرئيسية للتحويل.

4-7 المكونات الأساسية لنظام CDMA

نشأت تكنولوجيا الوصول المتعدد بالتقسيم التشفيري (CDMA) كخيار بديل للهاتف المحمول (GSM) التقليدي، وبالنسبة لنظام (CDMA) فهو شبيه بنظام (GSM)، مر بتطورات ونمو كبير في السعة ومن بعدها تطورت الشبكتين في خصائصهما المتعلقة بالجيل الثالث (3G) وللعمل حول العالم من حيث توفير سعة أكبر وخدمة بيانات.

رقم التمرين:- 27 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين:- تحديد مكونات نظام CDMA

مكان التنفيذ:- مختبر الشبكات

أولاً: الأهداف التعليميـــة:-

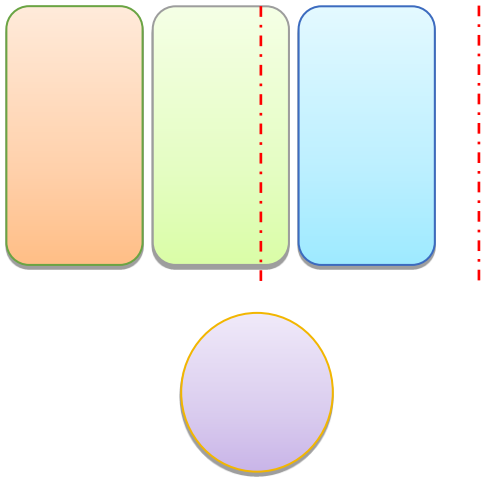
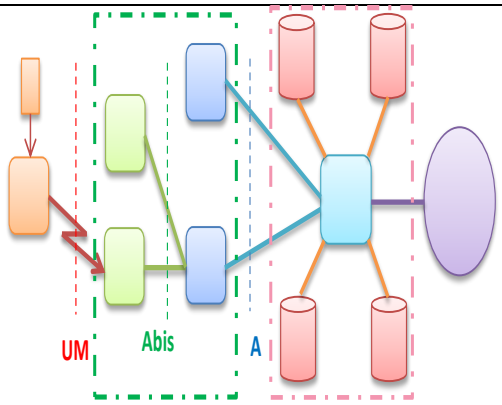
أن يكون الطالب قادراً على معرفة الفرق بين نظام GSM ونظام CDMA.

ثانيا: التسهيلات التعليمية:-

1- لوحة تدريبية نظام CDMA.

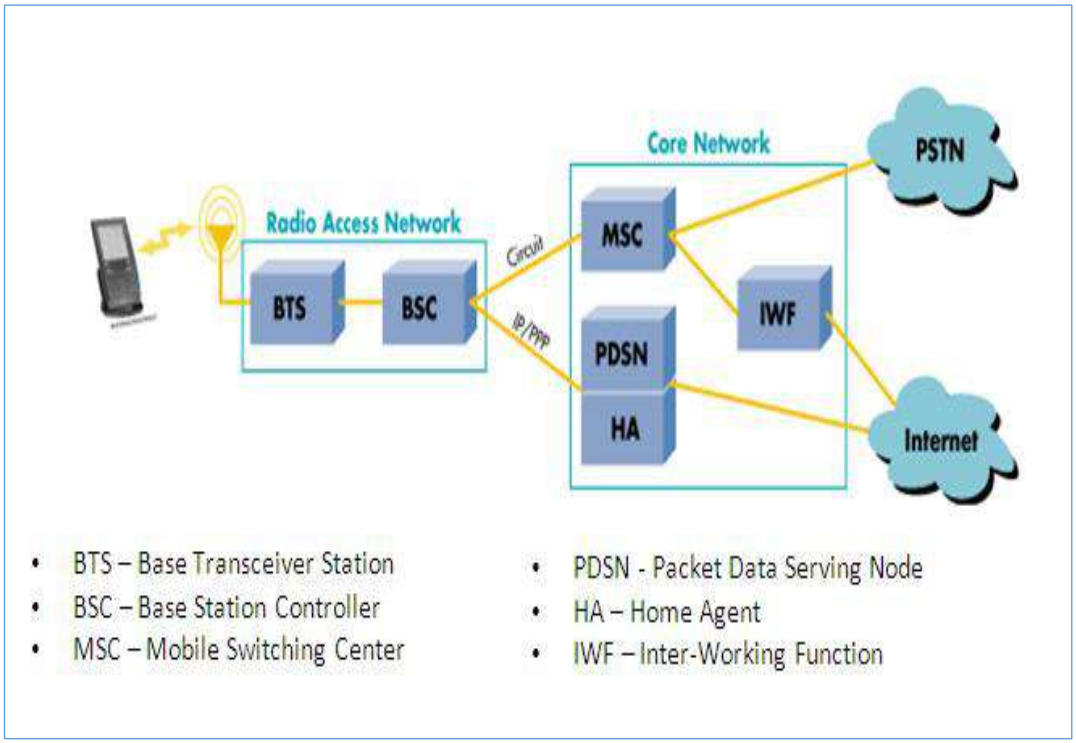
2- حقيبة ادوات الكترونية.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.		
1	أحضر اللوحة التدريبية الخاصة بمكونات نظام CDMA.	

2	سمي المكونات الرئيسية لنظام CDMA ومن ثم حدد وظيفة كل جزء.	
3	سمي مكونات الوحدة المتنقلة Mobile Stations (MS) هل تحتوي الوحدة المتنقلة على بطاقة SIM.	
4	سمي المكونات الداخلية للأنظمة • نظام المحطة القاعدية للإتصال BTS.	
5	حدد اسم و وظيفة كل مكون من الشكل الموضح فيما يلي:	
6	**المناقشة:-** - إكتب تقريراً مفصلاً عن مكونات نظام CDMA 2000.	

7- 5 وظيفة عقدة خدمة معلومات الرزمة PDSN Packet Data Service Node

إن عقدة خدمة معلومات الرزمة PDSN هي إحدى مكونات شبكة الهاتف المحمول CDMA2000، حيث تسلك هذه العقدة كنقطة ربط بين شبكة الراديو Radio Access وشبكة برتوكولات الإنترنت IP Network، لاحظ الشكل (7-6).



شكل 7- 6 عقدّة خدمة معلومات الرزمة PDSN

إن PDSN تكون مسؤولة عن إدارة الجلسة الخاصة بالبروتوكول نقطة – إلى – نقطة (Point to Point Protocol – PPP) المنعقدة بين شبكة خادم مزود الهاتف المحمول (Mobile Provider's Core IP Network)، وجهاز الهاتف المحمول (Mobile Station)، حيث أن وظيفة PDSN تشابه وظيفة وحدة:(GPRS Gateway Support Node – GGSN) الموجودة في منظومة GSM.

توفر PDSN الوظائف التالية:

1. وظائف ادارة التنقل Mobility Management Functions.
2. وظائف توجيه الحزمة Packet Routing.

7-6 مفهوم IMEI International Mobile Equipment Identity

رقم خاص بتعريف الهاتف المحمول وهو رقم وحيد لكل نوع ولا يمكن أن يتكرر ولكي يتم التعرف على هذا الرقم يمكن قراءته من الورقة الملصقة خلف الجهاز وهو مكون من 15 رقم ويمكن معرفته أيضاً بإدخال الرمز # 06 # * من لوحة المفاتيح حيث يظهر مباشرة على الشاشة.

1-6-7 كيفية تحليل هذا الرقم

يتألف رقم IMEI من 15 مرتبة موزعة كالتالي:

AA- BBBBBB-CCCCCC- D

1. AA للدلالة على نظام الهاتف المحمول مثل GSM، أو WCDMA.. الخ.
2. BBBBB للدلالة على نوع الجهاز و تقسم إلى قسمين:
   - TAC وتعني Type Allocation Code أي كود تعريف النوع.
   - FAC وتعني Faculty Allocation Code أي كود تعريف المنشأ أي مكان التصنيع.
3. CCCCCC الرقم التسلسلي للجهاز.
4. D التحقق من صحة الرمز.

يمكن معرفة الرقم ببساطة كالتالي:

1. على علبة الجهاز.
2. تحت حجرة البطارية إذا كان بالإمكان فكها.
3. أدخل الكود التالي في جهازك #06#*.

2-6-7 كيفية الحصول على معلومات عن الهاتف المحمول باستخدام IMEI

قد يتعرض جهاز الهاتف الخلوي للفقدان، و في هذه الحالة تستطيع الاستفادة من كود IMEI لجهاز الهاتف المحمول من خلال إبلاغ مزود الخدمات في شركة الاتصالات المسجل فيها الهاتف الخلوي حيث يمكن تعقبه وتعطيله عن العمل حتى وأن تم تغيير شريحة SIM.

رقم التمرين: 28 **الزمن المخصص: 3 ساعات**

إسم التمرين: التعرف على IMEI

مكان التنفيذ: مختبر الاتصالات

أولاً: الأهداف التعليمية:
أن يكون الطالب قادرا على التعرف على الرقم IMEI.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد ، أجهزة): منضدة العمل، هاتف محمول.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.		
1	ارفع غطاء الهاتف الخلوي الخلفي المتوفر لديك على منضدة العمل.	
2	إرفع البطارية وسجل رقم IMEI ثم ارجع البطارية إلى المكان المخصص لها ثم شغل الهاتف المحمول.	
3	من لوحة المفاتيح أنقر #06#* كما موضح لديك.	

4	سجل رقم IMEI لديك كما يظهر على شاشة الهاتف المحمول.	
5	اغلق الهاتف المحمول	

رقم التمرين: 29 **الزمن المخصص:** 3 ساعات

اسم التمرين: الحصول على معلومات عن الهاتف المحمول باستخدام IMEI

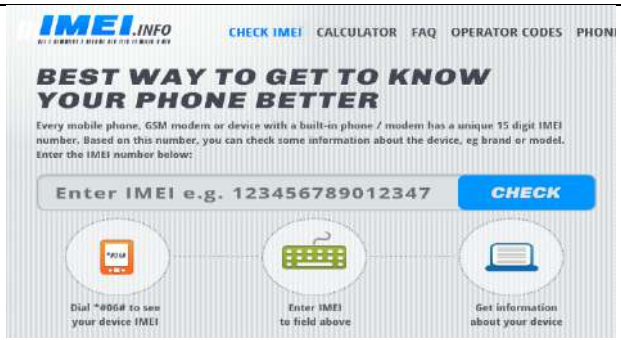
مكان التنفيذ: مختبر الاتصالات

أولا: الأهداف التعليمية:

أن يكون الطالب قادراً على التعرف معلومات عن الهاتف المحمول باستخدام IMEI

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): منضدة العمل، هاتف محمول.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.		
1	اتصل بالأنترنت باستخدام خاصية Wi-Fi أو WLAN الموجودة في بعض الهواتف المحمولة.	
2	أدخل إلى موقع imei.info.	
3	ادخل كود imei الخاص بهاتفك المحمول في المكان المحدد لديك.	

4	أنقر Check.	
5	لاحظ المعلومات المتعلقة بهاتفك المحمول من الشاشة.	
6	إغلق الهاتف المحمول.	

أسئلة الفصل الســـابع

س1: ما هي التقنيات المستخدمة في هاتف الخلويات الجيل الثالث بنقل المعلومات الرقمية؟

س2: ما هي خصائص نظام CDMA 2000؟

س3: ما هي المكونات الأساسية لنظام CDMA 2000؟

س4: ما معنى IMEI؟

س5: وضح كيف يتم تحليل IMEI؟

س6: ماهي وظيفة PDSN؟

الفصل الثامن

تقنيات وتطبيقات الشبكة اللاسلكية

أهداف الفصل الثامن

أن يكون الطالب قادرا على:-

1- **معرفة أهم مزايا الشبكات اللاسلكية والتقنيات المستخدمة فيها التي تستخدم المعيار IEEE 802.11 مثل تقنية البلوتوث وتقنية الواي فاي Wi Fi وتقنية الـ Ad-Hoc.**

2- **معرفة أهم مزايا و إستخدامات التقنيات الحديثة الأخرى في الشبكات اللاسلكية التي تستخدم المعيار IEEE 802.16 وهي تقنية الواي ماكس Wi Max.**

3- **معرفة أهم الخصائص التي تمتاز بها تقنية اللاي فاي Li Fi التي تستخدم الضوء المرئي في تحقيق الاتصال الشبكي اللاسلكي.**

محتويات الفصل

مقدمة

مزايا الشبكات اللاسلكية

تقنية الـ IEEE 802.11

تقنية الـ Zigbee - Z wave

تقنية البلوتوث Bluetooth

تقنية الواي فاي Wi Fi

تقنية الـ Ad-Hoc

تقنية الواي ماكس Wi Max

تقنية اللاي فاي Li Fi

الفصل الثامن

تقنيات و تطبيقات الشبكات اللاسلكية

1-8 مقدمة

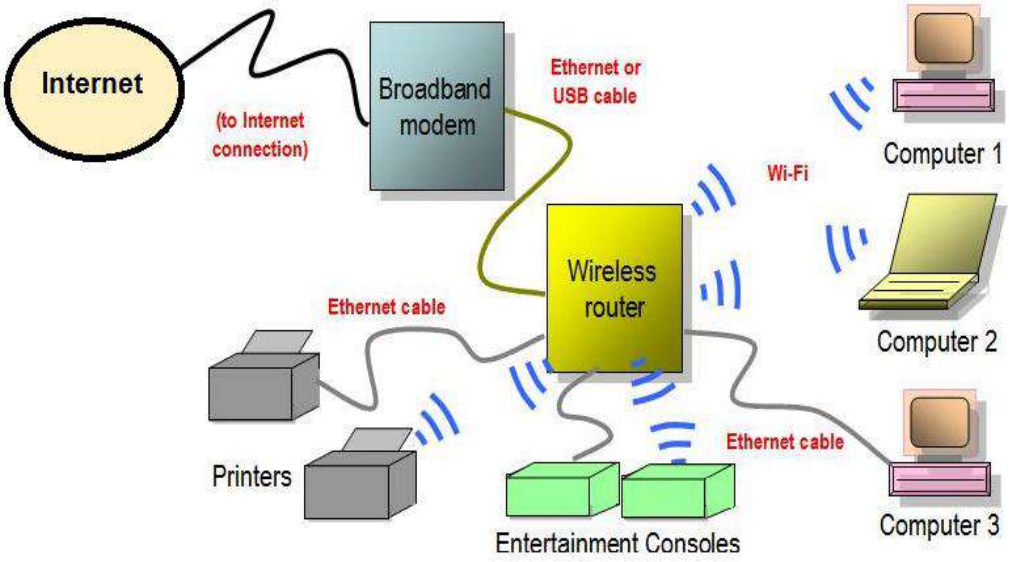
لقد ذكرنا في الفصول السابقة أن الشبكات اللاسلكية تعد الشبكة المحلية اللاسلكية نظاما مرنا لتوصيل البيانات وتستخدم كامتداد أو كبديل للشبكة السلكية، حيث تقوم هذه الشبكة ببث المعلومات عن طريق تقنية ترددات أمواج الراديو Radio Frequency عبر الأثير، وهي بذلك تزيل الحاجة إلى الإتصالات السلكية وهكذا جمعت شبكة الإتصالات اللاسلكية بين توصيل البيانات والمعلومات وسهولة الوصول إلى المستخدم في أي مكان، اكتسبت الشبكات اللاسلكية شعبية كبيرة في العديد من مجالات الحياة مثل مجال الصحة والتجارة والتصنيع والتخزين والمعاهد والمراكز التعليمية، فقد إستفادت هذه القطاعات المختلفة من المكاسب زيادة الإنتاج باستخدام أجهزة محمولة في الأيدي لنقل وبث البيانات فورا للأجهزة المركزية لمعالجتها. وفي الوقت الحالي أجمع كل العالم على أن الشبكات اللاسلكية هي البديل العام للشبكات السلكية عند عدد كبير من العملاء ورجال الأعمال، وبدأت العديد من الشركات والمراكز التعليمية تستخدم التقنيات والتطبيقات الحديثة التي توفرها الشبكات اللاسلكية، لذا ولغرض الوقوف على أهم المواصفات الفنية والفوائد التي توفرها هذه التقنيات والتطبيقات المستخدمة في الشبكات اللاسلكية لابد لنا من تقديم دراسة مستفيضة حول هذه التقنيات في هذا الفصل.

2-8 مزايا الشبكات اللاسلكية

تتيح الشبكات اللاسلكية العديد من المزايا والتي يمكن تلخيصها بما يأتي:

1. سهولة النقل:- تتيح أنظمة الشبكات اللاسلكية لمستخدميها إمكانية الدخول على البيانات والمعلومات فورا في أي وقت وأي مكان في المؤسسة التي يعملون بها.
2. بساطة وسرعة التركيب:- يتميز تركيب نظام الشبكات اللاسلكية بالسرعة والسهولة وإلغاء الحاجة لسحب وتوصيل الكيبلات من خلال الحيطان والاسقف.
3. مرونة التركيب:- عادة ما تصل الشبكة اللاسلكية الى أماكن لا تستطيع الشبكات السلكية التقليدية الوصول إليها.
4. التدرج:- يمكن تركيب أنظمة الشبكة اللاسلكية بعدة طرق ومفاهيم لتلبية احتياجات بعض التطبيقات والبرامج المعينة ويمكن تغيير مواصفات الإعداد بسهولة وتتراوح من الشبكات الفردية المناسبة لعدد صغير من المستخدمين الى شبكات العينة الأساسية التي تغطي إحتياجات آلاف المستخدمين حيث تساعد على التجول عبر منطقة واسعة.

في الشكل (8-1) نلاحظ إنموذج بسيطا لشبكة لاسلكية مؤلفة من مجموعة من أجهزة الحاسوب الآلي مربوطة مع بعضها البعض لاسلكياً عن طريق جهاز موجه لاسلكي (Wireless Router)، والذي يرتبط بدوره بالشبكة الدولية الأنترنت.



الشكل 8-1 إنموذج لاستخدامات الشبكات اللاسلكية

8-3 تقنية IEEE 802.11

إن التطور الكبير الحاصل في أنظمة الشبكات اللاسلكية ودخولها خدمة المجتمع في العديد من المجالات، دفع وشجع العديد من المنظمات والمؤسسات والشركات المتخصصة في هذا المجال الى تطوير واكتشاف العديد من التقنيات الحديثة والمنظومات في مجال الشبكات اللاسلكية، حيث طورت المؤسسة الدولية لمهندسي الكهرباء والإلكترون المسماة بـ IEEE العديد من المعايير وبروتوكولات العمل الخاصة بالشبكات السلكية واللاسلكية ومن أبرزها وأهمها المعيار IEEE 802.3 الخاص بشبكات الإيثرنت، والمعيار IEEE 802.11 الخاص بالشبكات اللاسلكية، ولابد من الذكر أن المعيار الأخير احتوى على العديد من المقاييس لضبط التعامل مع الشبكات اللاسلكية وفق المدى الترددي الذي تعمل به الشبكة وهو عادة أما يكون بحدود 2,4 GHz أو 3.7 GHz أو 5 GHz، هذا أدى الى إصدار المعيار IEEE 802.11 بعدة إصدارات اعتمادا على المدى الترددي وسرعة نقل الحزم المعلوماتية، يوضح الجدول (8-1) أهم الإصدارات الخاصة بالمعيار IEEE 802.11 الخاص بالشبكات اللاسلكية.

الجدول 8-1 أهم اصدارات المعيار IEEE 802.11

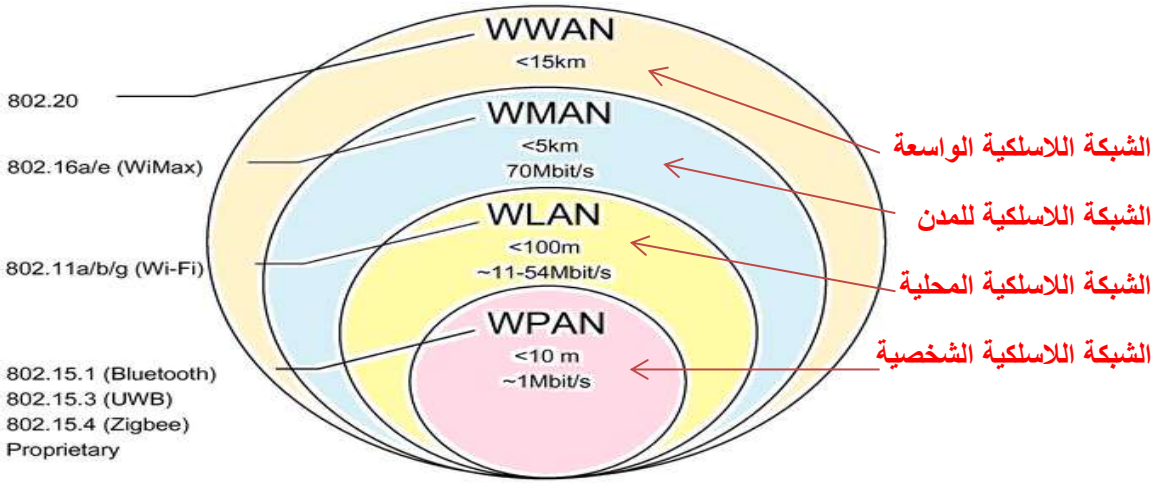
المعيار	سنة الإصدار	مدى التردد (GHz)	سرعة نقل المعلومات (Mbps)
IEEE 802.11	1997	2,4	1 أو 2
IEEE 802.11 a	1999	5	54
IEEE 802.11 b	1999	2,4	11
IEEE 802.11 g	2003	2,4	54
IEEE 802.11 n	2009	5	أكبر من 100

يعد المعيار 802.11n من أهم هذه الإصدارات وذلك بسبب مواصفاته الفنية التي يتمتع بها، المبينة في الجدول أعلاه وخاصة قابليته على إرسال الحزم المعلوماتية بسرع عالية تزيد على 100 Mbps، ومن الملاحظ أيضا بأن هوائيات الإرسال والإستقبال التي تعمل بالتوافق ضمن هذا المعيار تتمتع بمواصفات خاصة تميزها عن غيرها من الهوائيات التي تعمل على وفق الاصدارات الاخرى، إذ تتكون هذه الهوائيات من عدة هوائيات فرعية في الجهاز سواء كان الجهاز بطاقة شبكة لاسلكية (Wireless Network Card) أو جهاز نقطة دخول (Access pointdevice) تساعد جميعها في معالجة البيانات وارسال واستقبال الاشارة بشكل أفضل، لاحظ الشكل (8-2) الذي يوضح بعض أنواع هذه الهوائيات.

الشكل 8-2 أنواع من هوائيات المعيار IEEE 802.11n

8-4 تقنية الشبكات اللاسلكية حسب المساحة

إن هناك العديد من التقنيات الحديثة التي استخدمت سابقا ومازال البعض منها يستخدم في الشبكات اللاسلكية، ولابد من الذكر الى ان اغلب هذه التقنيات يعتمد عملها على المساحة والنطاق الذي تعمل به الشبكة اللاسلكية، إذ يتم تقسيم الشبكات اللاسلكية الى أربعة اقسام رئيسة حسب المساحة التي تغطيها والتي تستخدم في كل منها تقنية لاسلكية محددة تتوافق مع المساحة التي تغطيها، يمثل الشكل (8-3) التصنيف الفني للأنواع الرئيسة للشبكات اللاسلكية والتقنيات اللاسلكية المستخدمة فيها.



الشكل 8-3 تصنيف أنواع وتقنيات الشبكات اللاسلكية حسب المساحة

8-4-1 تقنية Zigbee – Z wave

من خلال الشكل (8-4) نلاحظ أن التقنية اللاسلكية Zigbee – Z wave تعمل ضمن نطاق مدى بيـــن 1 متر الى 10 متر وهي تختص بالشبكات اللاسلكية الشخصية، تمتاز هذه التقنية بقدرة وطاقة محدودتين وإستعمالها ضمن مساحة صغيرة، إذ يمكن استعمال هذه التقنية في الربط الشبكي اللاسلكي بين جهاز الحاسوب الآلي وأجهزة أخرى مكتبية مثل الطابعات والماسحات الضوئية Scanners والكاميرات.

8-4-2 تقنية الـ Bluetooth

تعد تقنية الـ Bluetooth من التقنيات اللاسلكية المستخدمة في الشبكات اللاسلكية المخصصة للعمل في المساحات الصغيرة أي ضمن نطاق المكتب أو الغرفة، وتستخدم بكثرة في مجال نقل المعلومات والبيانات والإتصالات بين الأجهزة المحوسبة المختلفة والمتنقلة وصممت في البداية ليكون عملها بديلا عن الشبكات السلكية التي تعمل ضمن نطاق صغير، ثم ما لبثت ان اصبحت بنية أساسية للشبكات الشخصية، تمتاز فنيا بسرعة نقل للمعلومات تصل الى 742 Kbps ومخصصة للعمل في المدى الترددي من 2.4 GHz إلى 2.48 GHz وتتميز بالخصائص الآتية:

1- سهولة الاستخدام والعمل.
2- تستخدم نظام عالمي موحد.
3- رخص الثمن وسهلة التواجد.
4- بالإمكان نقل الصوت والبيانات معا من خلالها.

توجد تقنية البلوتوث بثلاث فئات يمكن تلخيصها بالجدول (8-2).

الجدول 8-2 أصناف تقنية Bluetooth

الصنف	القدرة (mW)	المدى (متر)
صنف A	100	100
صنف B	2.5	10
صنف C	1	1

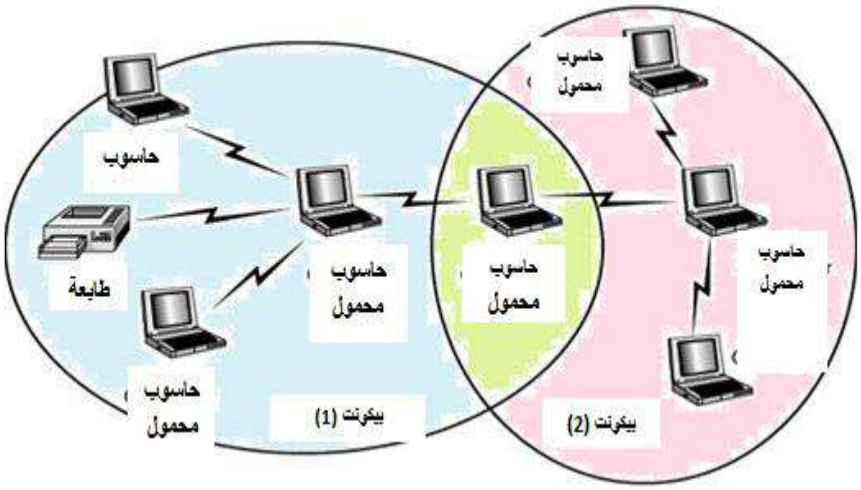
إن فائدة الطاقة المنخفضة لهذه التقنية تكمن في تقليل التداخل الحاصل بين الأجهزة التي تعمل ضمن المدى نفسه، كما أنها لا تتطلب خط رؤية بين طرفي الإتصال، كما أنها تمتاز بقابلية تحكمها بمستوى الارسال تلقائيا لتبقى ضمن أقل مستوى ممكن مما يجعلها شائعة الاستعمال والعمل ضمن نطاق الغرفة أو المكتب، كما يمكن لتقنية البلوتوث أن تحقق الربط الشبكي لأكثر من جهاز محوسب كأن تكون ثمانية أجهزة محوسبة تعمل ضمن دائرة لا يزيد قطرها عن مدى الصنف المستخدم، كما يمكن لتقنية البلوتوث تكوين وربط نوعين من شبكات الإتصال هما:

1- بيكو نت Pico-net:

يتم في هذا النوع من الربط ربط الأجهزة المحوسبة بشكل سيد – تابع (Master – Slave) إذ يمكن ربط ثمانية أجهزة مع بعضها البعض ، حيث يتم تعريف أحدها بأنه سيد (Master) لينظم عمل السبعة الباقية والتي تعرف بأنها أجهزة تابعة (Slave)، يمكن اجراء تبديل حالة أحدها من حالة الى اخرى في أي وقت.

2- سكاتر نت Scatter-net:

يتم في هذه العملية إجراء ربط شبكي بين شبكتين أو أكثر من الشبكات من النوع البيكـــونت (Pico-net) العاملة ضمن نطاق المساحة الصغيرة للمكتب، يوضح الشكل (4-7) كيفية إجراء الربط الشبكي حسب طريقة السكاتر نت Scatter-net.



الشكل 8-4 ربط أجهزة محوسبة بطريقة السكاتر نت Scatter-net في تقنية البلوتوث

ومن المميزات الجيدة الأخرى التي تمتاز بها تقنية البلوتوث هي قابليتها على ربط الأجهزة المزودة بها تلقائيا بعضها ببعض بمجرد وجودها ضمن مدى الإرسال، ولا تحتاج الى موافقة أو رخصة على تبادل المعلومات من قبل المستخدمين، تعتمد تقنية البلوتوث آليات خاصة في تشفير الحزم المعلوماتية المرسلة فضلاً عن اعتمادها وتضمينها ارقام سرية للحفاظ على سرية هذه الحزم ومنع التطفل، إن جميع هذه الخصائص والفوائد جعلت من تقنية البلوتوث كثيرة الاستخدام والتطبيق في العديد من المجالات، فهي تستخدم في نقل البيانات النصية والصوت وبعض مقاطع الفيديو الصغيرة الحجم. يوضح الشكل (8-5) العلامة المميزة لتقنية البلوتوث والتي تظهر بشكل واضح في الأجهزة المحوسبة التي تحتوي هذه التقنية مثل أجهزة الحاسوب الآلي والأجهزة الخلوية والطابعات والكاميرات والأجهزة اللوحية المحوسبة.

الشكل 8-5 العلامة المميزة لتقنية Bluetooth في الأجهزة المحوسبة

8-4-3 تقنية الواي فاي (Wi -Fi)

تعد تقنية الواي فاي (Wi-Fi) من التقنيات اللاسلكية الحديثة الشائعة والكثيرة الاستخدام في الوقت الحاضر وهي تتوافق وتعمل مع المقياس العالمي IEEE 802.11 بإصداراته IEEE 802.11a و IEEE 802.11b و IEEE 802.11n التي تمت الإشارة والتطرق لها سابقاً.

تستخدم تقنية الواي فاي Wi Fi في الربط الشبكي اللاسلكي للأجهزة المحوسبة التي تحتوي هذه التقنية في تركيبها المادي التي تقع ضمن مساحة لابأس بها فهي من الممكن أن تغطي مساحة تصل الى 100 متر مربع، وبإمكانها الوصول الى مدى أبعد باستخدام أبراج خاصة تحوي نقاط وصول (Access Point)، وتسمى منطقة التغطية هذه بالـ (Hot Spot)، أما الخصائص التي تمتاز بها تقنية الواي فاي Wi Fi فيمكن إجمالها بالآتي:

1- استخدامها لنطاق ترددي حر لا يحتاج الى ترخيص رسمي لاستخدامه.
2- إن اكتشافها واستخدامها أدى الى تقليل تكلفة بناء الشبكات المحلية LAN.
3- إن هذه التقنية رخيصة الثمن في مكونها المادي الإلكتروني مما جعلها متوفرة بشكل كبير في الأجهزة المحمولة.

4- تحتوي هذه التقنية على خوارزميات تشفير وحماية ضد التطفل والفايروسات.

5- إن اعتمادها المعيار العالمي IEEE 802.11a/b/n بطبيعة عملها، جعلها أكثر شيوعا واستخداما في معظم دول العالم.

6- تتمتع بسرعة تركيب وتشغيل عالية.

7- تتيح حرية التنقل ضمن منطقة التغطية.

8- قابليتها على نقل البيانات والمعلومات النصية والصوت والمقاطع الفيديوية بسرع عالية.

9- تعد التقنية الشائعة في اجراء الربط الشبكي بالشبكة الدولية الأنترنت فهي تستخدم في تحقيق الربط الشبكي بالأنترنت في الجامعات وأغلب المكاتب والشركات.

لاحظ الشكل (8-6) الذي يبين احد نماذج الربط الشبكي اللاسلكي للأجهزة المحوسبة المختلفة باستخدام تقنية الواي فاي Wi-Fi.

الشكل 8-6 الربط الشبكي للأجهزة المحوسبة باستخدام تقنية الواي فاي Wi Fi

8-5 تقنية الـ (Ad-Hoc)

إن الربط الشبكي اللاسلكي لأجهزة الحواسيب الآلية يمكن تحقيقه بصورة عامة بطريقتين رئيستين، تتضمن الطريقة الأولى استخدام نقطة الإتصال Access Point في تحقيق واجراء الربط الشبكي اللاسلكي لجهازي حاسوب أو أكثر من الاجهزة، نلاحظ أنه عند تشغيل أجهزة الحاسوب الآلية التي تحتوي في مكوناتها المادية على بطاقات تعشيق خاصة بالشبكات اللاسلكية (Wireless Network Cards). ستقوم هذه الأجهزة بالتعرف والتعشيق بنقطة الإتصال اللاسلكي (Access Point) التي تقع ضمن مدى هذه الاجهزة، وبعد اجراء بعض التعريفات والتسميات الخاصة بتكوين الشبكات اللاسلكية في أنظمة التشغيل الخاصة لهذه الأجهزة، سوف يتحقق الربط الشبكي اللاسلكي بين هذه الاجهزة عن طريق نقطة الإتصال.

أن ما يتميز به الربط الشبكي اللاسلكي باستخدام نقطة الإتصال (Access point)هو امكانية وقدرة هذا الربط على تحقيق الربط الشبكي اللاسلكي لعدد غير محدد من أجهزة الحواسيب، على عكس الربط الشبكي السلكي الذي يحقق الربط الشبكي لعدد محدد من الاجهزة يعتمد على عدد منافذ أجهزة الربط الشبكي السلكي المتمثلة بالمجمع (Hub) أو المبدل (Switch) أو الموجه (Router)، إذ لكل من هذه الأجهزة عدد معين من المنافذ قد تكون 8 منافذ أو 16 منفذاً أو 32 منفذ..ألخ، وبذلك يكون عدد اجهزة الحواسيب التي من الممكن ربطها باستخدام هذه الاجهزة مساويا لعدد المنافذ في هذه الاجهزة، لاحظ الشكل (7-8) الذي يوضح الربط الشبكي اللاسلكي باستخدام نقطة الإتصال.

الشكل 8-7 الربط الشبكي اللاسلكي بإستخدام نقطة الإتصال Access Point

أما الطريقة الثانية التي من الممكن اعتمادها في تحقيق الربط الشبكي اللاسلكي هي طريقة تحقيق الربط الشبكي اللاسلكي باستخدام تقنية الـ (Ad Hoc) التي تستخدم المعيار (IEEE 802.11) في اجراء وتحقيق هذا الربط، أن من أهم مميزات هذا الربط هو إمكانيته تحقيق الإتصال الشبكي اللاسلكي بين جهازي حاسوب دون الحاجة الى استخدام نقطة اتصال (Access point) لتساعد في تحقيق وتأمين هذا الإتصال.

إن هذا النوع من الربط يستخدم عادة في تحقيق الربط الشبكي اللاسلكي لجهازي حاسوب مكتبي أو محمول يقعان ضمن نطاق غرفة المكتب أوضمن مساحة محدودة لا تزيد عن مؤسسة العمل، ولغرض تحقيق هذا الإتصال يقوم أحد الجهازين بتنظيم مجموعة عمل (Group name) وتسميتها مع تحديد معاملات الارسال مثل أسلوب الأمن والتوثيق، بعدها يقوم الجهاز الآخر بتقديم طلب الإتصال والربط اللاسلكي وفقا للمواصفات الفنية التي وضعها الجهاز الاول، ولهذا السبب يسمى الجهاز الذي يحدد مواصفات الارسال بالجهاز الاساسي، تشبه عملية الارسال والربط الشبكي لهذه التقنية تقنية الربط الشبكي المسماة الند – للند (Peer – to Peer).

تعد تقنية الربط الشبكي اللاسلكي (Ad-Hoc) سهلة الاستخدام والتعريف فضلاً عن تكلفتها الواطئة الثمن وذلك لعدم حاجتها الى أجهزة ربط شبكي لاسلكية أخرى تعمل كنقطة اتصال (Access point)، ولهذا السبب جعلها من الطرق المفضلة للربط الشبكي اللاسلكي لجهازي حاسوب يقعان ضمن نطاق المكتب أو المؤسسة، كما هو موضح في الشكل (8-8) الذي يوضح الربط الشبكي اللاسلكي بين جهازي حاسوب باستخـــــدام تقنيـــة (Ad-Hoc).

الشكل 8-8 الربط الشبكي للاسلكي باستخدام تقنية Ad Hoc

6-8 تقنية واي ماكس Wi Max

سعت الشركات والمنظمات الخاصة بالإتصالات والشبكات اللاسلكية الى تطوير وانتاج العديد من التقنيات الحديثة التي تخدم المجالات العديدة في المجتمع، حيث طورت المنظمة الدولية لمهندسي الكهرباء والالكترون معيارا آخراً هو IEEE 802.16 وهو المعيار العالمي الخاص بتقنية الواي ماكس Wi- Max وهي مثال تطبيقي على شبكات المدن اللاسلكية وهي مشتقة من مختصر الكلمات Worldwide Interoperability for Microwave Access التي تعني البنية التشغيلية العالمية المشتركة للدخول باستخدام الموجات الدقيقة المايكروية.

1-6-8 مميزات تقنية الواي ماكس (Wi-Max)

ان من ابرز المميزات التي تمتاز بها تقنية الواي ماكس (Wi-Max) هي:

1- ان الطيف الترددي لهذه التقنية يكون ضمن نطاق الترددات 11 GHz وصولا الى 66 GHz، وهذا النطاق الترددي يساعد على العمل والإتصال لشبكات المناطق الحضرية MAN.

2- ان إرسال الإشارات لهذه التقنية تتم باستخدام أبراج لاسلكية تشبه أبراج الهواتف المحمولة لتخدم مناطق تزيد مساحتها عن مئات الكيلومترات، حيث أن الاشارات المرسلة عبر هذه التقنية بإمكانها

الوصول الى مسافة لعدة كيلومترات قد تصل الى 50 كيلومترا، ويتم الاستقبال عبر هوائيات أطباق إستقبال Dish على إرتفاع ثلاثة أمتار.

3- تتيح هذه التقنية خدمة ارسال الحزم المعلوماتية بسرعات عالية، حيث توفر سرعة نظرية قصوى لنقل البيانات تعادل 70 ميگا بت في الثانية لقناة ذات تردد يصل الى 30 ميجاهرتز، وأن سرعة نقل البيانات الفعلية تعتمد على شروط توفر خط النظر والمسافة وجودة الهواء ونظافته من الاتربة فضلاً عن عوامل أخرى.

4- تستخدم هذه التقنية هوائيات ذات تقنيات متطورة في الارسال والاستقبال مثل تقنية TDMA وهي تقنية التقسيم الزمني المتعدد الدخول، مما يعني إمكانية التخطيط لخلايا الشبكات اللاسلكية بشكل أفضل.

5- تدعم هذه التقنية خدمة المنح غير المخصص (UGS) وهي مختصر للكلمات Unsolicited Grant Service، والمصممة لدعم التطبيقات التي تتطلب سرعة ثابتة لنقل البيانات، كتطبيقات نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت المسمى بـ VoIP.

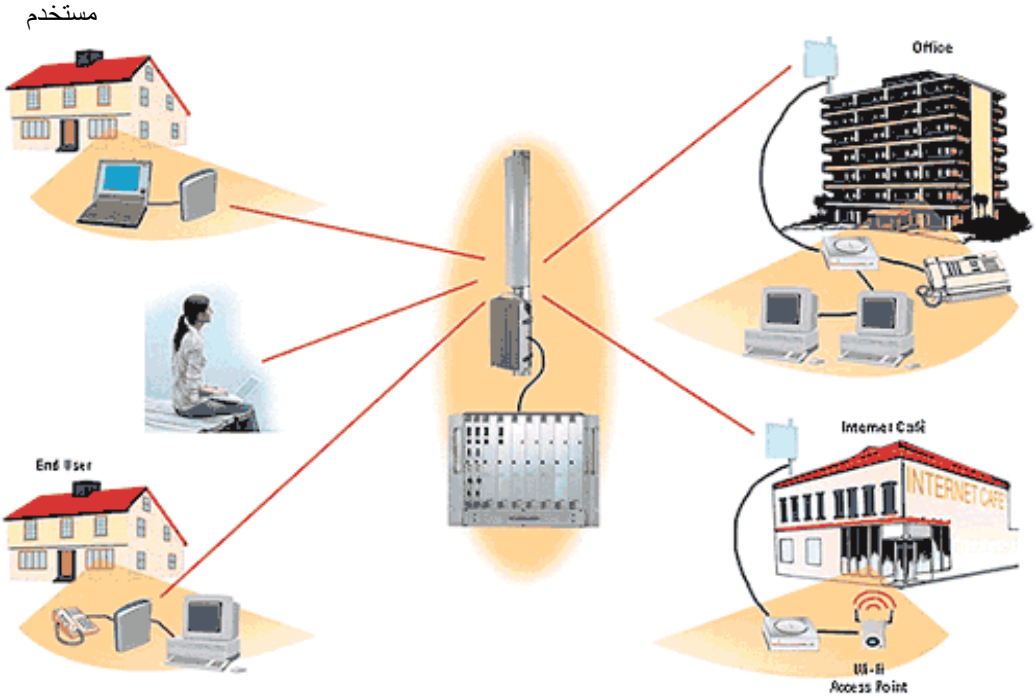
6- تدعم هذه التقنية خدمة التصويت في الزمن الحقيقي (RTPS) وهي مختصر للكلمات Real-Time Polling Service التي تستخدم في التطبيقات التي تولّد أحياناً حزماً مختلفة الأحجام، مثل التطبيقات الفيديوية MPEG وتطبيقات نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت VoIP.

7- تدعم هذه التقنية خدمة التصويت في الزمن غير الحقيقي (NRTPS) وهي مختصر للكلمات Non-Real-Time Polling Service والتي تدعم تطبيقاتٍ مثل بروتوكول نقل الملفات FTP الذي يولّد على الدوام حزماً مختلفة الأحجام.

8- تدعم هذه التقنية خدمة الجهد الأقصى Best Effort Service (BES) التي تستخدم في التطبيقات ذات الأولوية المنخفضة مثل التصفح في الإنترنت أو تطبيقات البريد الإلكتروني.

لقد تم تطوير المعيار IEEE 802.16 الى عدة اصدارات وصولا الى الاصدار IEEE 802.16e الذي أتاح إمكانية العمل في البيئات المتنقلة وهذه التقنية متطورة عن المعيار IEEE 802.16 المخصصة للعمل في البيئات الثابتة فقط.

لاحظ الشكل (8-9) الذي يوضح مخططا بسيطا لآلية الارسال والاستقبال باستخدام تقنية الـــواي ماكـــــس Wi Max.



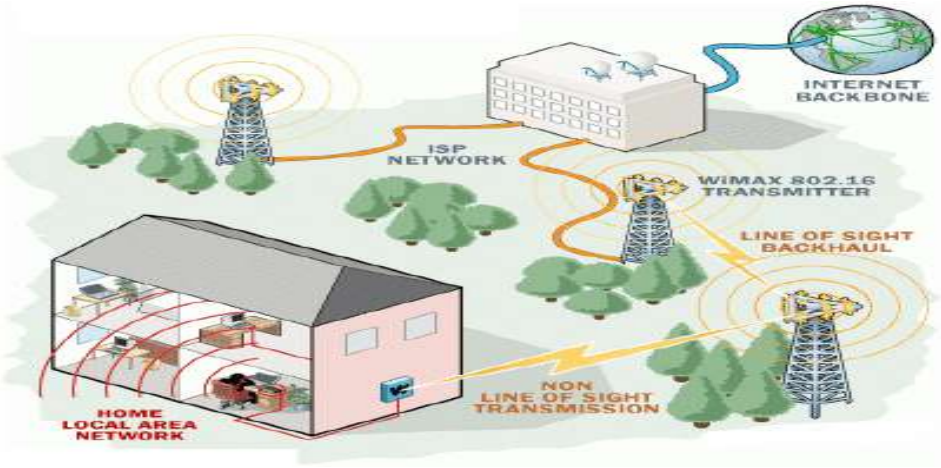
الشكل 8-9 مخطط بسيط للإرسال والاستقبال باستخدام تقنية واي ماكس Wi Max

لابد من الذكر أن تقنية الواي ماكس Wi Max أصبحت شائعة الاستخدام واصبحت تستخدم بدلا عن تقنيـــة الـ DSL المستعملة في المنازل التي توفر الإتصال والدخول إلى شبكة المعلومات الدولية الإنترنت بسرعة عالية في اكثر البلدان. إذ أنه بمجرد تشغيل جهاز الحاسوب الخاص بك سيتصل آليا بأقرب هوائي لمنظومة Wi Max الذي سيتيح ويحقق الإتصال والدخول إلى شبكة المعلومات الدولية الإنترنت.

وبصورة مختصرة لابد من الذكر بإنه هناك نوعين أساسيين لهذه التقنية يمكن توضيحهما بالنقاط الآتية:

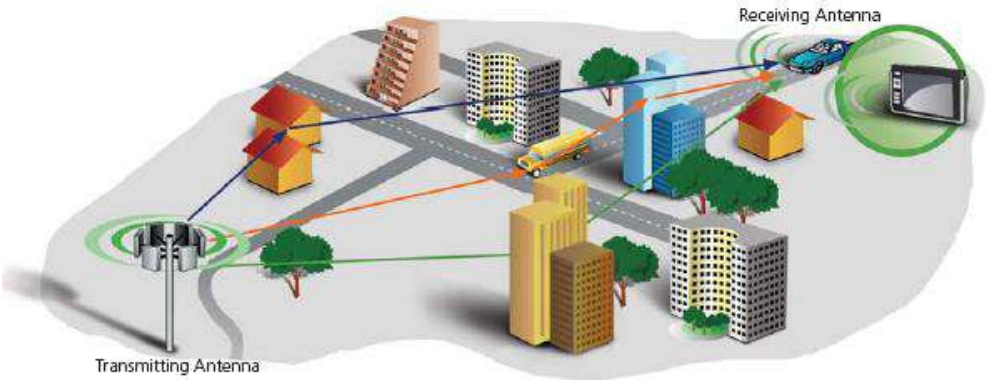
1- **تقنية Wi Max الثابتة:** في هذا النوع يتم استقبال جهاز المستخدم للإشارة من مكان ثابت سواء بالمنزل او بالمكتب، ويكون على شكلين اما خارجي في أسطح البناية او داخلي بقرب من النوافذ.

2- **تقنية Wi Max المتحركة:** حيث بإمكان المستخدم التنقل من مكان لأخر أثناء تصفحه واستخدامه للأنترنت. لاحظ الشكل (8-10) الذي يوضح ألية الارسال والاستقبال في نظام الواي ماكس Wi Max من النوع الاول الذي يعتمد على المحطات الثابتة فقط ولا يمتلك خاصية الارسال والاستقبال المتنقلة.



الشكل 8-10 تقنية واي ماكس Wi Max من النوع الثابت

أما الشكل (8-11) فهو يوضح كيفية الارسال والاستقبال بتقنية الواي ماكس من النوع المتحرك



الشكل 8-11 تقنية واي ماكس Wi Max من النوع المتحرك

8-6-2 الفرق بين تقنية Wi Max و تقنية Wi Fi

إن أهم النقاط التي تمثل الفرق بين تقنية الواي ماكس Wi Max وتقنية الواي فاي Wi Fi يمكن تلخيصها بالنقاط الواردة في الجدول (8-3).

الجدول 8-3 مقارنة بين تقنيتي Wi Fi وWi Max

تقنية Wi Max	تقنية Wi Fi
سرعة عالية تصل 70 Mega bits في الثانية	سرعة متوسطة تصل إلى 54 Mega bits في الثانية
تغطي مساحات ومسافات كبيرة، اطول هوائي مستخدم يغطي مساحة 8000 كم^2	تغطي مساحات متوسطة يصل قطرها إلى 60 مترا
عدد المستخدمين كبير.	عدد المستخدمين محدود تعتمد على المساحة التي تغطيها
تعمل بطيف ترددي يتراوح بين 11 إلى 66 گيگا هيرتز.	تعمل ضمن نطاق ترددات تتراوح ما بين 2.4 و 5 گيگا هيرتز

7-8 تقنية لاي- فاي Li – Fi

من التقنيات اللاسلكية الحديثة الأخرى هي تقنية لاي- فاي (Li- Fi) وهي تقنية حديثة جدا في عالم الإتصالات، حيث سيمثل استخدامها نقلة ثورية للعالم، واننا لا نتحدث عن مستقبل بعيد بعد عشرات السنين، بل عن مستقبل قريب جداً، فتقنية Li- Fi تستخدم الآن بالفعل ولكن على نطاقات محدودة في بعض المؤسسات العالمية، ويقوم على تطوير تلك التقنية فريق من كبرى شركات الإتصال حول العالم.

ان Li- Fi هي اختصار لمصطلح Light Fidelity، وهي تقنية اتصالات لاسلكية ضوئية عالية السرعة، تعتمد على الضوء المرئي كوسيلة لنقل البيانات، وهي من ابتكار أستاذ هندسة الإتصالات بجامعة أدنبرة بإسكتلندا "هارلد هاس"، وقد صنفت تلك التقنية كواحدة من أفضل الابتكارات لعام 2011. إن من أهم مميزات تقنية Li- Fi هي عملية نقل البيانات تكون محصورة في المساحة التي يصلها الضوء، وبالتالي لن يتم تسريبها للخارج، وهذا سيؤدي الى منع المخترقين والمتطفلين من الوصول إلى جهازك أو هاتفك والاستيلاء على بياناتك، فهذه التقنية لا تعتمد على الموجات الراديوية مثل باقي التقنيات الموجودة حاليا، بل أنها تعتمد على موجات الضوء المرئي، وهذا يجعل التحكم بها و توجيهها سهلاً للغاية على عكس موجات الراديو التي لا يمكن التحكم بها بأي حال من الأحوال فهي في كل مكان حولك، وقد يرى البعض أن هذه السمة من المساوئ في هذه التقنية حيث ستكون عملية نقل البينات مقتصرة فقط على مكان محدود، إلا أن انتشار المصابيح الكهربائية حولك لن يجعلك تشعر بقصور في هذه التقنية الجديدة. ومن المميزات الأخرى التي تقدمها تقنية Li- Fi هي السرعة الفائقة في نقل البيانات، فالتقنية تعتمد كما ذكرنا سابقا على موجات الضوء المرئي، ومن المعلوم أن موجات الضوء المرئي ذات تردد أكبر من تردد الموجات الراديوية بمقدار 10000 مرة، إن إستخـــــدام تقنية Li- Fi سيجعلنا نستغني عن استخدام المزيد من الأسلاك والتوصيلات والكابلات، كما أنها ستجعلنا نستغني عن بناء أبراج ومحطات جديدة، لأننا بالفعل نمتلك البنية التحتية لهذا التقنية وهي المصابيح الكهربائية التي يقدر عددها بالمليارات من المصابيح، إذ يمكننا اعتبار كل مصباح محطة تقوية قائمة بذاتها. كما تمتاز تقنية Li-Fi بعدم التشويش على أجهزة الملاحة والأجهزة الطبية والصناعية الحساسة، مثلما تفعل تقنيات الإتصال المعتمدة على الموجات الراديوية، ولهذا السبب فإنه باستخدام تقنية Li- Fi الضوئية يمكن الإتصال بالإنترنت خلال الهواتف والحواسيب المحمولة والأجهزة اللوحية في المستشفيات والطائرات والمصانع بل وحتى في المنشآت الصناعية الحساسة مثل مصانع البتروكيماويات التي من الممكن أن تحدث فيها كوراث في حالة اتصالها بالأنترنت عن طريق استخدام الموجات الراديوية، ولهذا السبب تعد تقنية Li- Fi الأكثر ملائمة في مثل هذه الحالات، كما أن لخاصية الضوء وقدرته على النفاذ خلال الماء بسبب تردده العالي على عكس الموجات الراديوية التي لا تسطيع النفاذ خلال الماء، السبب الرئيس لاستخدام تقنية لاي فاي Li- Fi في نقل البيانات تحت الماء، لاحظ الشكل (8-12) الذي يظهر بعض أنواع المصابيح المستخدمة في تقنية لاي فـــاي Li- Fi.

الشكل 8-12 بعض أنواع المصابيح الكهربائية المستخدمة في تقنية Li Fi

أسئلة الفصل الثامن

س1: ما هي أهم التقنيات المستخدمة في الشبكات اللاسلكية؟

س2: ماهي تقنية IEEE 802.11؟ أذكر أهم إصدارات هذه التقنية.

س3: ما هو الفرق فنياً بين تقنية IEEE 802.11a وتقنية IEEE 802.11b؟

س4: ماهي تقنية البلوتوث Bluetooth؟ وما هي أهم المواصفات الفنية لهذه التقنية؟

س5: ما هي تقنية Ad-Hoc؟ وما هي أهم مميزات هذه التقنية؟

س6: ما هي تقنية الواي فاي Wi- Fi؟ ولأي غرض تستخدم؟

س7: أذكر أهم الفروقات بين تقنية الواي فاي Wi -Fi والارسال بالموجات الراديوية.

س8: اشرح باختصار تقنية الواي ماكس Wi -Max.

س9: ما هي أهم الفروقات بين تقنيةً Wi -Fi وتقنية Wi -Max؟

س10: ماهي تقنية لاي فاي Li- Fi؟ اشرحها باختصار.

س11: ماهي أهم الفروقات بين تقنية الواي ماكس Wi Max وتقنية الواي فاي Li Fi؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة: معلمو الورشة ومدرسوها التخصص: أجهزة الهاتف والحاسوب الخلوية				
إسم الطالب: المرحلة: الثانية				
إسم التمرين:				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	إتباع شروط السلامة المهنية	%10		
2	تنفيذ التمرين	%25		
3	دقة التنفيذ والحفاظ على التسلسل في الترتيب	%25		
4	المناقشة	%25		
5	الزمن المخصص	%15		
المجموع				
إسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ				