خصائص المايكروويف

نظراً للترددات العالية (GHz) المستعملة في المايكروويف فإن تطبيقاتها في الاتصالات تمتاز بالخصائص التالية:

أولاً: سعة النطاق : وذلك عند استعمال ترددات المايكروويف كحامل للمعلومات فإنه يوفر لنا إمكانية حمل عدة قنوات على تردد واحد.

ومثال ذلك استعمال المايكروويف للربط بين المقاسم البعيدة لنقل ما يزيد عن ٢٠٠٠ خط هاتفي على حامل واحد.

ثانياً : صغر دوائر المايكروويف : نظراً لقصر الموجة المتناهي أصبح بالإمكان تصميم دوائر الإرسال والتكبير كلها على لوحة مطبوعة مدمجة (MMIC-Microwave Monolithyc Integrated Circuit) مما أمكن إيجاد أجهزة اتصالات في السوق مدمجة وصغيرة الحجم كأجهزة الاتصالات المتنقلة مثال على ذلك جهاز الجوال (GSM)

ثالثا: إمكانية تصميم هوائيات ذات كسب عالي : تمكن المايكروويف من تصميم هوائيات عالية الكسب والتوجيه بحيث يمكن استعمالها لقطع المسافات البعيدة كالربط بين الأرض والفضاء الخارجي (الأقمار الاصطناعية).

رابعاً :انتشار على خط البصر: انتشار موجات المايكروويف هو من نمط الموجات المنتشرة على خط البصر (LOS-Line Of Sight) أي يصلح لربط بين نقطتين متقابلين .

صمامات ومولدات الموجات المايكروووية

يمكن تقسيم صمامات الموجات الدقيقة إلى ثلاثة أنواع :

١ -الصمامات ذات الشبكات (الترددات العالية) الصمام الثلاثي .

٢ -الصمامات التي يحدث فيها تفاعل وجيز ، والذي يمثل هذا النوع هو صمام الكليسترون .

٣ - الصمامات التي يحدث فيها تفاعل متواصل ، ويمكن تقسيم هذا النوع إلى مجموعتين فرعيتين :

أ -في المجموعة الفرعية الأولى : يستخدم المجال الكهربي لضمان أن التفاعل الإلكتروني ومجال التردد الراديوي يكون متواصلاً . مثال صمام الموجة الرحالة Traveling Wave Tube - TWT و يستخدم كمكبر كذلك .

ب -المجموعة الفرعية الثانية : تتكون من الصمامات التي فيها يضمن المجال المغناطيسي التفاعل المتواصل بين الشعاع الإلكتروني ومجال التردد الراديوي .مثال : الماجنيترون ، مكبر المجال المتقاطع CFA-Cross Field Amplifier .

مع العلم أنه عند تردد الموجات الدقيقة يكون للصمامات قدرات مخرج أعلى ، بينما لعناصر أشباه الموصلات تكون قدرات الخرج أصغر

خطوط النقل في المايكروويف وانواعها

تعد **القناة (channel) او خطوط النقل** احدى المكونات الرئيسية لاي نظام اتصالات حيث يطلق هذا المصطلح (خط النقل) على **المسار الفيزيائي** الواصل بين نقطتي المرسل والمستقبل. وبذلك تكون المهمة الرئيسية لخطوط النقل هو **نقل الطاقه الكهرومغناطيسية** عند ترددات الموجات **المايكروية** من نقطة توليدها الى نقطة الاستفادة منها.

هناك طرق مختلفة لنقل الاشارة والمعلومات عبر القناة (channel) من نقطة الارسال الى نقطة (او اكثر) الاستقبال، من هذه الطرق نذكر:-

1- وصل المرسل بالمستقبل باستخدام **الهوائيات (antennas)**. وفي هذه الطريقة تكون القناة عادة عبارة عن **الفراغ الحر (space free)** المحيط بالكرة الأرضية، مثال ذلك في الاتصالات الفضائية (عبر الأقمار الاصطناعية satellites) والبث الإذاعي والتلفازي. ومن ميزات هذه الطريقة أن خصائص القناة يكون خطياً وليست هناك تكاليف مادية لاستخدام هذه القناة إلا أنها لا تكون طريقة مثلى في بعض تطبيقات عالم الاتصالات.
2- وصل المرسل بالمستقبل **فيزيائياً (connection physical)** باستخدام **موصل** واحد او اكثر في انظمة مختلفة. فمثلاً تستخدم خطوط الضغط العالي والمتوسط والمنخفض من قبل شركات الكهرباء في نقل الطاقة الكهربائية إلى البيوت والمصانع، كذلك تستخدم هذه الطريقة في أنظمة الهواتف العادية أو في ربط المدن مع بعضها لنقل المعلومات أو المكالمات الهاتفية. وتتميز هذه الطريقة بدرجة عالية من الخصوصية مقارنة بالطريقة الأولى.

3- وصل المرسل بالمستقبل عن طريق استخدام **ليف بصري (fiber optical)**، وهذا لايختلف عن الطريقة الثانية من حيث معالجتها واستخدامها. وتتميز طريقة الليف البصري بعرض نطاق واسع يصل إلى مئات أو آلاف الميجا هيرتز إضافة إلى عدم تأثرها بالتداخل من أنظمة الاتصالات والأنظمة الكهربائية الأخرى وتكون اقل مستوى تشويه وتوهين للإشارات أو الموجات الكهرومغناطيسية.

قبل الدخول في تحليل انواع خط النقل، سنوضح موضوعين أحدهما يبين **تصنيفاً** لحالة الموجات الكهرومغناطيسية المستخدمة في الطرق الثلاث والأخر يبين في أي مدى من **الترددات** يتم استخدام الطرق السابقة.

➢ تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية

لكي يتم تصنيف حالة الموجات فانه سيتم مقارنة **اتجاهات المجالات الكهرومغناطيسية المتعامدة** المكونة للموجة بمرجعية **محور خط النقل** (يصل المرسل بالمستقبل) والذي يمثل اتجاه **انتشار الموجة**.

a) إذا كانت المجالات الكهرومغناطيسية (الكهربائية والمغناطيسية) للموجة **متعامدة** على الاتجاه المرجعي لمحور خط النقل فإن الموجة تعرف بموجة **تعامدية المجال الكهربائي والمغناطيسي** Magnetic and Electric Transverse **(TEM)**. وهذا حال الموجات الناتجة في الطريقة الأولى والناتجة في خطوط النقل المكونة من موصلين (بعض امثلة الطريقة الثانية) وكذلك في الألياف البصرية أحادية الحالة (بعض امثلة الطريقة الثالثة).

b) إذا كان **عنصر** (اي مركبة واحدة) المجال **المغناطيسي** للموجة **يوازي** الاتجاه المرجعي لمحور خط النقل فإن الموجة تعرف بموجة **تعامدية المجال الكهربائي (TE)** فقط.

c) إذا كان **عنصر**(اي مركبة واحدة) المجال **الكهربائي** للموجة **يوازي** الاتجاه المرجعي لمحور خط النقل فإن الموجة تعرف بموجة **تعامدية المجال المغناطيسي (TM)**.

يمكن وجود هذين النوعين من الموجات(TE و TM) في دلائل الموجات والألياف البصرية متعددات الحالة، وكذلك فإنها توجد بالقرب من الهوائيات.

➢ مدى الترددات الذي يتم فيه استخدام الطرق السابقة:-

a) عندما يكون الفراغ الحر المحيط بالكرة الأرضية هو القناة التي تفصل المرسل عن المستقبل **(اي الطريقة الأولى)** فإن استخدام جميع الترددات المستخدمة في أنظمة الاتصالات يكون ممكناً (تقريباً).

b) اما **الطريقة الثانية** فإن استخدامها يكون لكل مدى الترددات وحتى الترددات التي تقل عن (100 GHz) كلا حسب نوعة.

c) أما بالنسبة **للطريقة الثالثة** فإن الألياف البصرية تستخدم في مدى الترددات الواقعة ما بين ترددات الأشعة تحت الحمراء وحتى نهاية الترددات المرئية.

خطوط النقل:-

هناك أنواع عديدة من خطوط النقل منها:-

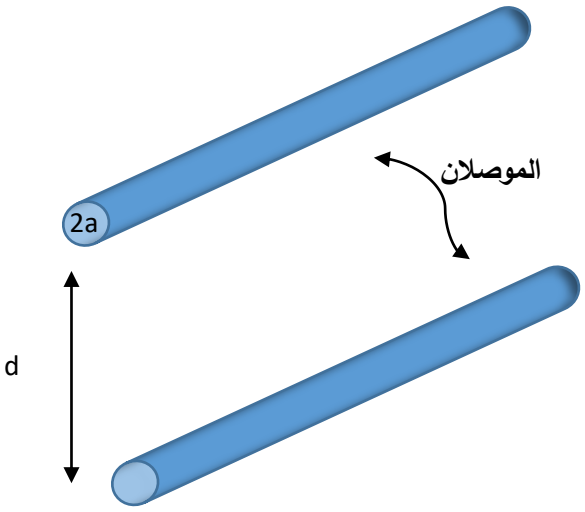
خطوط النقل المكونة من موصلين:-

يمكن تصنيف هذا النوع من الخطوط إلى **ثلاثة** أنواع كما يلي:-

1) **خط النقل المفتوح** :-

هو ابســـط انواع خطوط النقل التي تقوم بنقل الطاقة من نقطة الى اخرى. ويتكون من **سلكين موصلين متوازيين** مصنوعين غالباً من مادة النحاس وبنصف قطر(a) وتفصل بينهما مسافة (d) بحيث تكون المسافة الفاصلة (d) **اكبر بكثير** من نصــف قطر كل من الســلكين ويبين الشـكل (1-3) مكونات هذا النوع من خطوط النقل.

هذا النوع من خطوط النقل يستخدم في نقل الطاقة ذات **الترددات الواطئة** من نقطة تولدها الى نقطة الاستفادة منها. وهو يمتاز **بصغر** كل من **المحاثة والسعة** لوحدة الطول وتكون ممانعته **مقاومة خالصــة** تتراوح بين Ω (600-70) ويكون مقدار **الضياع في الطاقة** بسبب الاشعاع **قليلا**".أن خطــوط المجالات الكهربائية والمغناطيسـية توجد في كل الفراغ (الوسـط) المحيط بخط النقل وهذا يمثل **تسـرباً** للموجات (للطاقة) الكهرومغناطيســـية التي يحملها خط النقل إلى الخارج. يزداد هذا التسريب كلما زادت **المسافة** بين الموصلين (d) أو كلما زاد **التردد** (قل طول الموجة). يستخدم هذا النوع من الخطوط في شبكات الهاتف وشبكات الحاسوب إضافة لخطوط الضغط العالي والمتوسط والمنخفض.

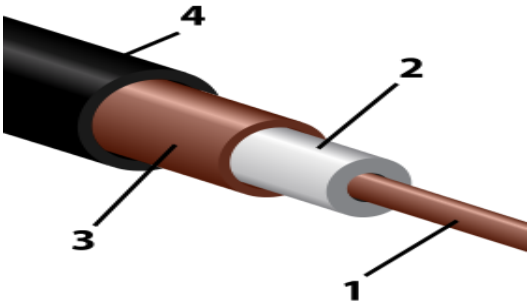


الشكل (1-3):- خط النقل المفتوح المكون من موصلين متوازيين ومتجاورين

2) الكابل المحوري (coaxial cable) :-

ويتكون من موصلين هما الموصل الداخلي والموصل الخارجي حيث يشتركان بنفس المحور لذا سمي **متحدي المركز (concentric)** عادة ما يصنع من النحاس، في الغالب يكون **الموصل الداخلي** مصمتا (سلك رفيع تنتقل فيه الإشارات المرسلة) **والخارجي** مكون من شعيرات مجدولة على بعضها ويفصل بينهما مادة عازلة. تعتبر تكلفة هذا النوع من الخطوط **أعلى** من تكلفة خط النقل المفتوح، ويبين الشكل (1-4) مكونات هذا الخط. ان خطوط المجالات الكهرومغناطيسية تتواجد فقط **داخل الوسط** الذي يفصل بين الموصلين وبالتالي فإن **تسرب** الموجات الكهرومغناطيسية (الطاقة) إلى الخارج يكون **قليلاً جداً** ويتناقص كلما **زاد تردد** الموجة المنقولة بهذا الخط. يمتاز هذا الخط بنقل حزمة **عريضة** من الترددات حيث يحمل إشارات متعددة مما يجعله مثالي لاستخدامه

في العديد من كابلات البث التلفزيوني، وهو يستخدم في نقل الاشارات ذات الترددات التي لا تزيد عن (1 GHz) حيث يعتبر **الفقد (الاضمحلال)** الناتج عن الموصلين والمادة العازلة سبباً في هذا التحديد وان هذا الفقد يزداد بزيادة التردد. يستخدم هذا النوع من الخطوط في ربط المدن والبلدان المختلفة مع بعضها البعض لنقل المكالمات الهاتفية والبيانات والإشارات التلفازية.



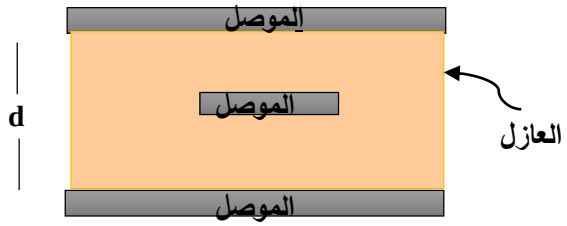
الشكل (1-4):- مكونات الكابل المحوري

1. **الموصل الداخلي**
2. **الوسط مابين الموصلين(عازل)**
3. **الموصل الخارجي (واقي يكون مجدولا أحيانا)**
4. **تغطية واقية.**

3) **الخطوط الشريطية (strip lines):-**

يتكون بصورة عامة من لوحين **موصلين** من النحاس متوازيين يفصل بينهما مادة **عازلة** سمكها (d). وتكون على نوعين هما:-

a) **ثلاثي اللوح (triplate):-** يتكون من موصل داخلي ثالث يوضع في مادة عازلة بين لوحين موصلين متوازيين، كما موضح بالشكل (1-5).

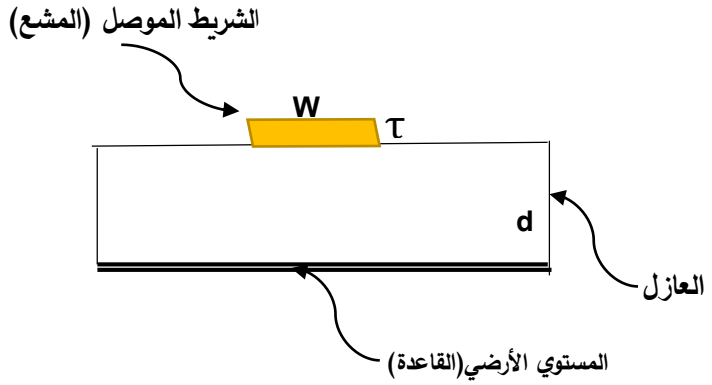


الشكل (1-5):- خط شريطي ثلاثي اللوح

b) **الشريط الدقيق(microstrip):-**

يتكون من موصلين **الأول (الذي يسمى القاعدة)** على شكل مستوى أرضي (ground plane) بينما يكون **الموصل الثاني(الذي يسمى المشع)** على شكل شريط بسمك (τ) لا يزيد عن أجزاء من المليمتر وعرض (W) يصل إلى بضعة سنتيمترات وهو متمركز على العازل على بعد سمك (d) من القاعدة، حيث يعتمد هذا النوع من الخطوط على النسبة بين(W/d) في عمله، والشكل (1-6) يبين مكونات هذا الخط. غالبا ما تستعمل الالياف الزجاجية او مادة البوليستايرين في صنع المادة العازلة. وينحصر استخدام هذا النوع من خطوط النقل داخل الأجهزة لمسافات قصيرة ومحدودة وتتم استخداماته غالباً في مدى **الترددات الميكروويية** (microwave frequencies). مهد هذا النوع من خطوط النقل في بناء الدائرات المطبوعة (printed circuit) في مدى الترددات الميكروويية حيث يتم وصل المكونات الإلكترونية للدارة مثل الترانزستورات (transistors)

وثنائيات القطب (diodes) والموازج (mixers) والمرشـــحات ... الخ ضـــمن دارة متكاملة مطبوعة.



الشكل (1-6):- مكونات الخط الشريطي الدقيق

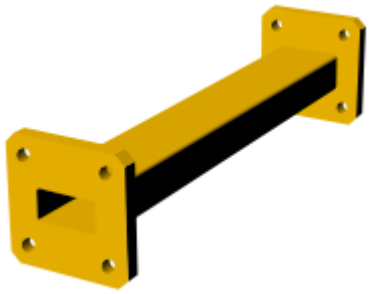
4) دليــل الموجـة Waveguide

هو تشـــكيل من انابيب معدنية يمكنه احتواء موجات كهرومغناطيســـية بين طرفيه. هناك نوعان شائعا الأستعمال هما:-

- ❖ دليل الموجة مستطيل المقطع.
- ❖ ودليل الموجة دائري المقطع.

يصـــنع دليل الموجة من مادة جيدة التوصـــيل مثل النحاس والالمنيوم كما **يطلى** دليل الموجة من الداخل بغشـاء رقيق جدا من مادة الفضـة او الذهب عند استخدامة لنقل ترددات تقع في **الحدود العليا** من الترددات المايكروية وذلك لتقليل

الخسارة في الطاقة. الشكل (1-7) يوضح شكل الدليل الذي تختلف ابعاده باختلاف الحزمة المايكروية التي ينقلها. يستعمل هذا النوع من خطوط النقل لنقل الموجات ذات الترددات المايكروويه **بانماط مختلفة** من الموجات الكهرومغناطيسية **بخسارة صغيرة** في الطاقة ، كما انة يمتلك **تردد قطع** حيث ان الموجة لايمكن ان تنتشر خلال دليل الموجة اذا كان ترددها **اقل** من تردد القطع.



الشكل (1-7):- مكونات دليل موجة مستطيل المقطع