



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تكريت

كلية العلوم

قسم الفيزياء

المرحلة / الدراسات العليا (ماجستير)

مقالة علمية بعنوان

هوائي الشريحة الرقيقة

Microstrip Antenna

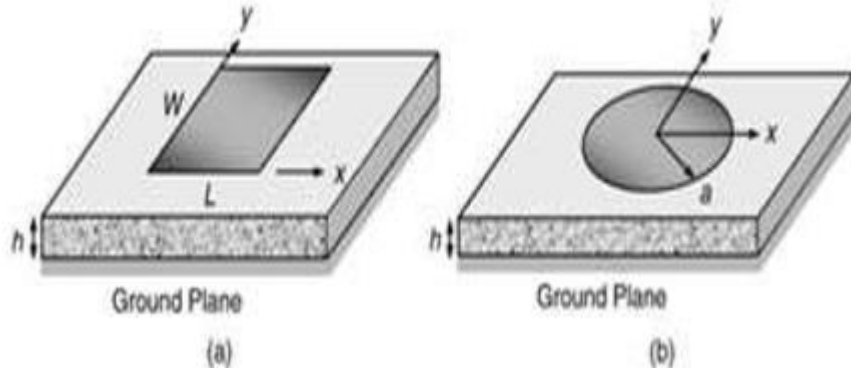
مقدمة من قبل الطالب

منصور جمعة صالح

2020م

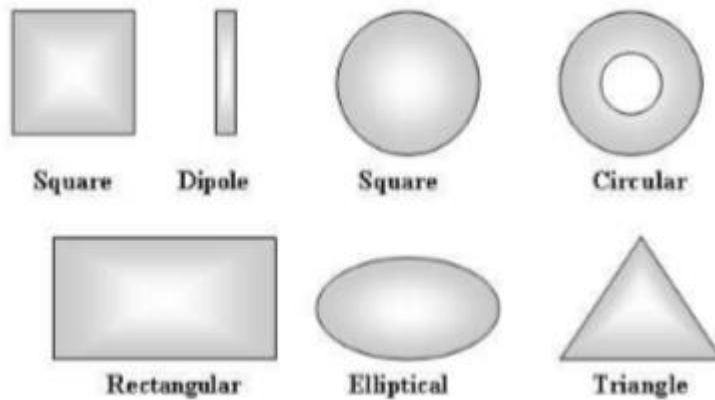
(1-1) المقدمة :

هوائي الشريحة الرقيقة او يطلق عليه اسم الهوائي الرقعي اصبح من الهوائيات المنتشرة بشكل واسع لسهولة تحليله وتركيبه وكذلك لصغر حجمه .يستخدم هذا الهوائي عادة في الترددات التي هي بالجيجا هيرتز $f > 1GHz$ ويستخدم في العديد من التطبيقات مثل اجهزة الموبايل والاقمار الاصطناعية وكذلك في الطائرات . يتكون هذا الهوائي من طبقتين جيدة التوصيل مثل النحاس او الذهب الاولى كرقعة بينما الثانية كسطح ارضي بينهما عازل كهربائي لاحظ الشكل (1).



شكل (1): الاجزاء الرئيسية في هوائي الشريحة الرقيقة [1] .

الرقعة الموجودة على العازل الكهربائي لها عدة اشكال مختلفة لكن اشهرها هي المربعة والمستطيلة والدائرية لاحظ الشكل (2) , لكن الرقعة الاشهر والاسهل في التحليل هي الرقعة المستطيلة التي يكون طولها بين $0.333\lambda_0 < L < 0.5\lambda_0$, حيث λ_0 الطول الموجي في الفضاء الحر , وتختار الرقعة لتكون رقيقة جدا حيث يكون سمكها $t \ll \lambda_0$, حيث t سمك الرقعة , اما بالنسبة ارتفاع العازل الكهربائي عادة يكون بين $0.003\lambda_0 < L < 0.05\lambda_0$ وبالنسبة لثابت العزل الكهربائي (ϵ_r) عادة يكون بين المدى $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ [2] .



شكل (2): اشكال الرقع المشهورة [3] .

(2-1) مميزاته وعيوبه .

ان هذا النوع من الهوائيات اصبح منتشر بشكل واسع بالأخص في التطبيقات اللاسلكية بسبب صغر حجمه وسهولة صناعته وتكلفة الرخيصة نسبياً . لذلك هذا الهوائي عادة ما يستخدم في الاجهزة المحمولة مثل الموبايلات .

هوائي الشريحة الرقيقة له مميزات جعلت له هذا الانتشار بسبب التالي [4] :

1. حجمة الصغير ووزنه الخفيف
 2. سهولة صناعته .
 3. سهولة تركيبه .
 4. تكلفة الرخيصة .
 5. يدعم الاستقطاب الخطي والدائري .
 - 6 . يمكن بسهولة دمجة مع دوائر المايكرويف المدمجة (MICS) .
- رغم ان الهوائي له هذه المميزات لكنه لديه بعض العيوب وهي كالتالي [5]:

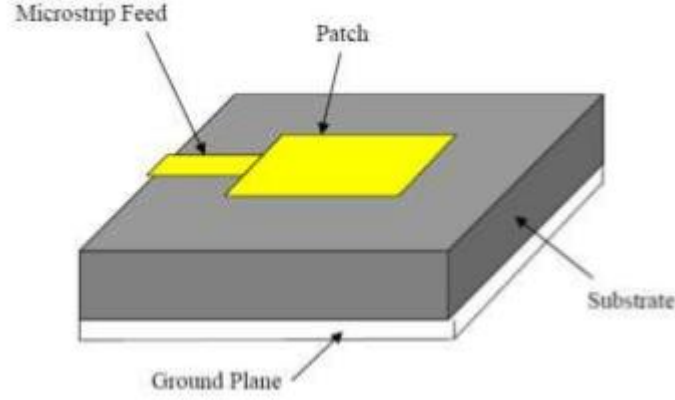
1. لديه عرض حزمة ضيق
2. كفاءة اقل مقارنة بهوائيات اخرى
3. تكبير قليل [4] .

(3 – 1) طرق تغذية الهوائي :

يوجد العديد من الطرق لتغذية هذا الهوائي وهي بالاساس تنقسم الى قسمين اساسيين الاول هو المتصلة وغير المتصلة . بالنسبة للطريقة المتصلة يتم توصيل قدرة الاشارة الراديوية مباشرة الى رقعة الهوائي المشعة باستخدام موصل للربط بينهما , اما بالنسبة للطريقة غير المتصلة فيتم توصيل قدرة الاشارة الراديوية عن طريق ربط المجال الكهرومغناطيسي لرقعة الهوائي . هذه الطريقتين الرئيسيتين تندرج تحتها طرق كثيرة اشهرها اربع طرق هي : الخط الشريطي الدقيق (Microstrip line) , السلك المحوري (Coaxial probe) , () وهما الانواع المتصلة () , الربط الفجوي (Aperture coupling) , والربط المتقارب (Proximity coupling) [6] .

(1 - 3 - 1) تغذية خط الشريحة الرقيقة .

في هذا النوع من التغذية يتم اضافة شريحة توصيل ويتم توصيل خط الشريحة الرقيقة مباشرة الى حافة الهوائي لاحظ الشكل (3) . نلاحظ من من الشكل ان شريحة التوصيل يكون أصغر بالعرض من رقعة الهوائي , هذه تعطية ميزة وذلك انه يمكن توصيل التغذية بحفرها على نفس العازل .

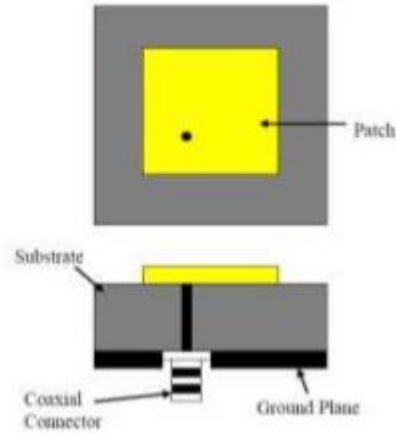


شكل (3) : تغذية خط الشريحة الرقيقة.

يعتبر هذا النوع من التغذية هو الأسهل من التوصيل وكذلك في الصناعات من الأنواع الأخرى , وكذلك فية سهولة في مواءمة معاوقة الدخل التي تكون بين خط التغذية والرقعة . بالنسبة لسلك العازل فان زيادته يؤدي الى زيادة في الاشعاع الصادر من خط التغذية مما يؤدي الى التشويش وتقليل حجم عرض الحزمة للهوائي . وايضا يؤدي الى مشاكل في الاستقطاب [1] .

(1- 3 - 2) تغذية السلك المحوري .

في هذا النوع من التغذية يتم استخدام السلك المحوري لتوصيل الموجات الراديوية الى رقعة الهوائي . من الشكل (4) نلاحظ ان الموصل الداخلي لموصل السلك المحوري متصل مباشرة بالرقعة من خلال الحفر في العازل الكهربائي , اما بالنسبة للموصل الخارجي لموصل السلك المحوري فيتم توصيله بالسطح الارضي للهوائي [7].



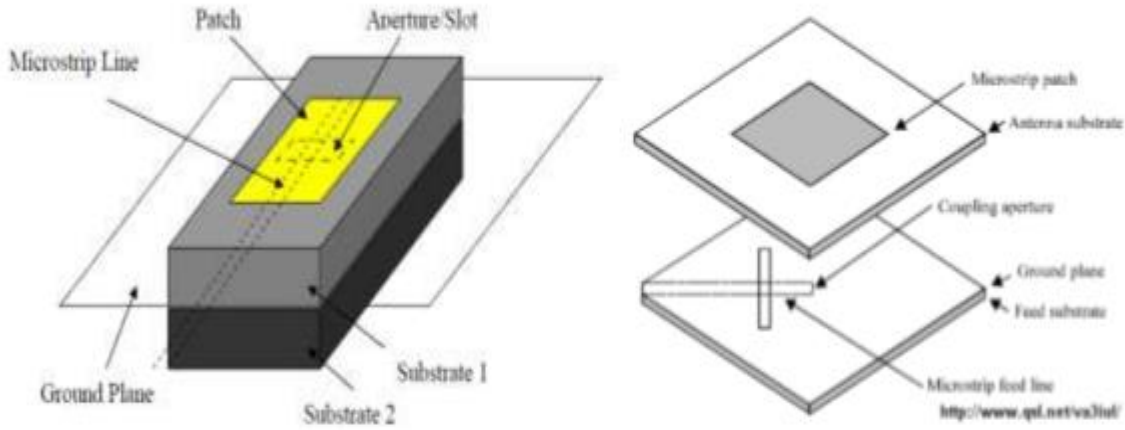
شكل (4): تغذية السلك المحوري

الميزة التي يتمتع بها هذا النوع من التوصيل هو انه يمكنك اختيار مكان موصل التغذية في الهوائي حسب الرغبة لتكون متوائمة مع معاوقة الدخل.

هذا الهوائي من مميزاتة انه سهل التصنع والتركيب ولكنه له عيب اساسي هو انه يوفر عرض حزمة ضيق وايضا تكون هناك مشاكل تظهر بسبب الحفر على العازل لوضع موصل التغذية . ومن اهم المشاكل التي توجهنا في اثناء التركيب هو ان هذا الهوائي في حالة ازدياد موءمة المعاقلة الداخلية عن المطلوب يؤدي لنا الى مشاكل في الموءمة [6] .

(1 - 3 - 3) تغذية الربط الفجوي .

في هذا النوع من التغذية يعتبر الطرق غير المتصلة اي انها لا تتصل مباشرة برقعة الهوائي . هذا الربط فية الرقعة وخط التغذية الشريطي منفصلين بالسطح الارضي لاحظ الشكل (5).



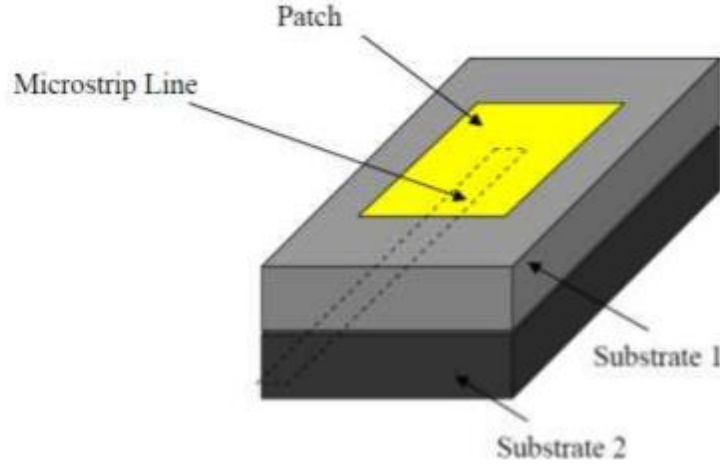
شكل (5) : تغذية الربط الفجوي

عادة ما يكون الربط في وسط اسفل رقعة الهوائي مما يؤدي الى التقليل من تقاطع الاستقطاب (cross- polarization) وذلك بسبب التشابه في الاعدادات . بما ان كل من الرقعة وخط التغذية منفصلين فان مشاكل الاشعاع من التغذية قد قلت الى مستوى [1].

وبشكل عام فان ثابت العزل للعازل الكهربائي الاسفل يكون اكبر من الاعلى لتحسين الاشعاع الصادر من الرقعة . العيب الرئيسي لهذا الربط هو ان فية صعوبة من التصنيع بسبب وجود عازلين كهربائيين وكذلك حجم الهوائي يكون اكبر بسبب وجود عازلين كهربائيين [1] .

(1 - 3 - 4) تغذية الربط المتقارب .

في هذا النوع من التغذية يكون لدينا عازلين كهربائيين في مركزهما وفي الوسط يوجد لدينا خط التغذية واما رقعة الهوائي فتكون في العازل الكهربائي الاعلى لاحظ الشكل (6).



شكل (6): تغذية الربط المتقارب

من أهم الميزات لهذا الربط هو ان الاشعاع الناتج عن طريق خط التغذية يكاد يكون مفقودا وبذلك يكون لدينا عرض حزمة كبير (تقريبا 13%) وزيادة عرض الحزمة يكون ناتج عن زيادة السمك الكلي للهوائي .

من اهم عيوب هذا الربط كما في الربط الفجوي يكون صعب التصنيع والتركيب وذلك بسبب وجود عازلين كهربائيين , كذلك كبر حجمة بسبب العازلين الكهربائيين ايضا .

نلاحظ من الشرح السابق لانواع الاربعة للتغذية ان كل واحد منهم يكون لديه مزايا وعيوب ولا نستطيع القول ان واحد افضل من الاخر , فالربط المتصل يعطينا عرض حزمة قليل بسبب اشعاع خط التغذية ولكنة اصغر حجماً واسهل في التصنيع , بينما في الربط غير المتصل يكون صعب التصنيع والتركيب وحجمة اكبر لكنة قلل لدينا الاشعاع الناتج عن خط التغذية الذي يعمل على التشويش ومشاكل في الاستقطاب . يمكن تلخيص مذكرناه سابقا في الجدول التالي [8] :

الخصائص	تغذية الخط الشريطي	تغذية السلك المحوري	تغذية الربط المحوري	تغذية الربط المتقارب
الإشعاع الصادر عن التغذية	أكثر	أكثر	أقل	أقل مايمكن
الموثوقية	أفضل	ضعيف بسبب التلحيم والحفر	جيد	جيد
سهولة التركيب	سهل	يحتاج إلى تلحيم وحفر	إصطفاف العازلين مطلوب	إصطفاف العازلين مطلوب
مواءمة المعاوقة	سهل	سهل	سهل	سهل
عرض الحزمة (يتم الحصول عليه عن طريق مواءمة المعاوقة)	2-5%	2-5%	2-5%	13%

(1 - 4) تحليل الهوائي .

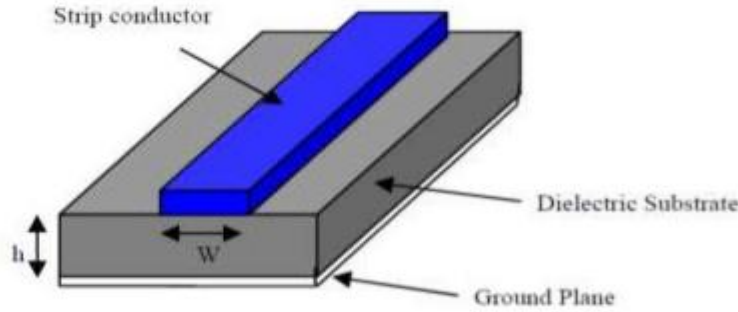
يوجد ثلاث طرق مشهورة لتحليل هذا الهوائي وهي كالتالي : نموذج خط الارسال (Transmission Line Model) ونموذج التجويف (Cavity Model) وكذلك نموج الموجة الكاملة (Full Wave Model) .

نموذج خط الارسال يعتبر اسهل طريقة لتحليل هذا الهوائي وتعطي رؤية فيزيائية واضحة لكنها اقل دقة , اما بالنسبة لنموذج الفجوة فهو اكثر دقة ويعطي رؤية فيزيائية واضحة لكنه اكثر تعقيداً في الواقع , اما بالنسبة لنموذج الموجة الكاملة فهو يعتبر الافضل من ناحية الدقة ولكنه يمكنها معالجة كل عنصر على حده مثل المصفوفات المنتهية وغير المنتهية وكذلك الاشكال غير المعروفة لرقعة الهوائي ولعناصر الربط , لكنها في المقابل تعطي رؤية فيزيائية اقل وضوحاً الى جانب انها اكثر تعقيداً من الطرق السابقة [9] .

في تحليل هذا الهوائي نحن سنقوم بشرح الطريقة الشائعة وهي نموذج خط الارسال لسهولة استخدامها بشكل كبير في تحليل مثل هكذا هوائي .

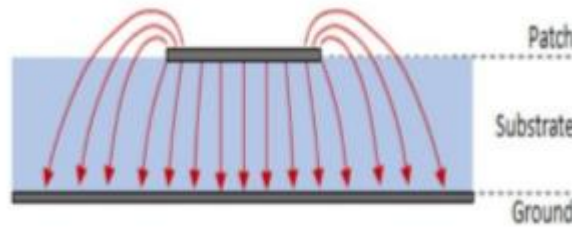
(1 - 4 - 1) نموذج خط الارسال (Transmission Line Model) .

هذا النموذج يقوم بتمثيل الهوائي على انه عبارة عن شقين العرض (W) والارتفاع (L) مفصولين بواسطة معاوقة ضعيفة (Z_c) هي خط الارسال ذو الطول (L) . هوائي الشريحة الرقيقة في الواقع هو غير متجانس بسبب وجود عازلين كهربائيين هما العزل الموجود في الهوائي وكذلك الهواء لاحظ شكل (7) .



شكل (7) : خط الشريحة الرقيقة

بسبب ان كل المجال الكهربائي النابع من الرقعة يعود الى العازل لاحظ الشكل (8) فإن جزء من هذا المجال يعود الى العازل بعد ان يمر في الهواء , وبسبب ذلك فانه سيكون لدينا اختلاف بسيط في ثابت العزل سيكون ثابت العزل عبارة عن ثابت العزل في العازل مع الاخذ بعين الاعتبار ثابت عزل الهواء بحيث يكون ثابت العزل عبارة عن ثابت العزل الفعال ويرمز له بالرمز (ϵ_{eff}) [3] .



شكل (8) : خطوط المجال الكهربائي [10] .

يتم حساب ثابت العزل الفعال بالقانون التالي [8]:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث :

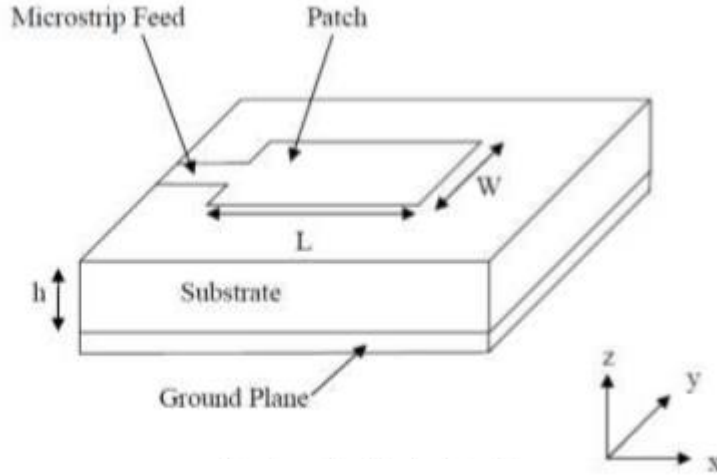
ϵ_{eff} = ثابت العزل للعازل الكهربائي .

ϵ_r = ثابت العزل للعازل الكهربائي .

h = ارتفاع العازل الكهربائي .

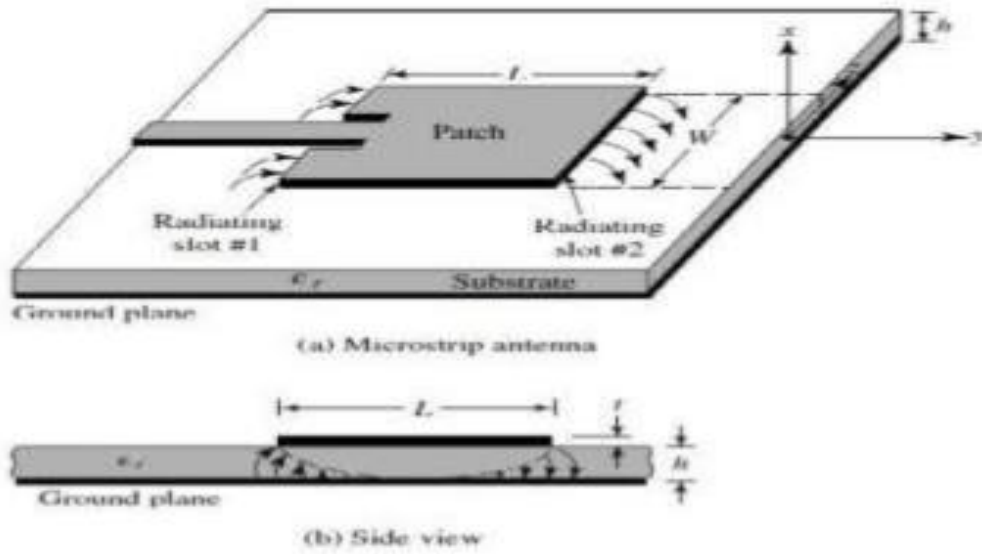
w = عرض الرقعة .

الابعاد المهمة لدينا في هذا التحليل هي طول الرقعة L وعرض الرقعة w وارتفاع الهوائي h حيث يمكننا افتراض ان طول الرقعة x -direction وعرضه باتجاه y - direction اما ارتفاع الهوائي يكون باتجاه z -direction كما في الشكل (9) .



شكل (9) : هوائي الشريحة الرقيقة

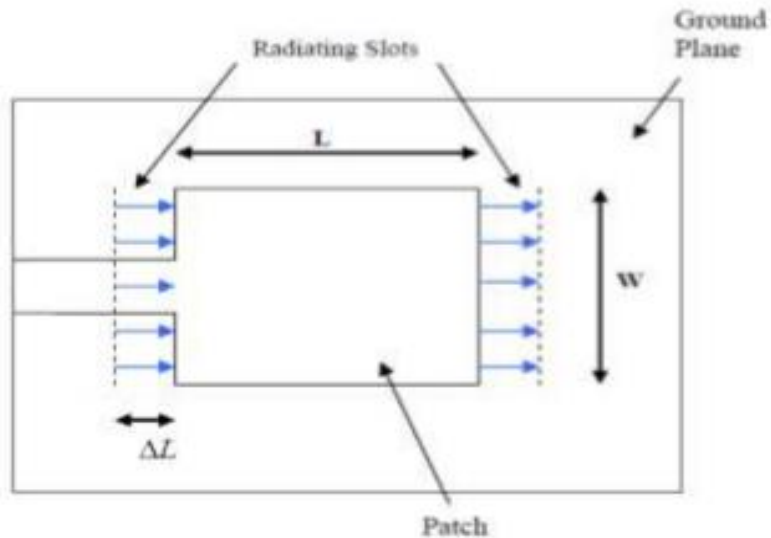
بسبب الابعاد للرقعة تعتبر محدودة على طول العرض والطول للرقعة فان المجالات في حواف الرقعة تصبح مهتدة لاحظ الشكل (10).



شكل (10) : هوائي الشريحة الرقيقة ومنظر جانبي له [3] .

التهديد هو عبارة عن نسبة الطول للرقعة على الارتفاع $(\frac{L}{h})$ حيث ان النسبة عادة يجب ان تكون اكبر بكثير من واحد وهذا يقلل من التهذب للمجالات حيث اننا يجب ان نأخذ هذا في عين الاعتبار لانه يؤثر في تردد الرنين للهوائي . بسبب تأثير التهذب فان طول الرقعة للهوائي تبدو اكبر من الطول الحقيقي لها لاحظ الشكل (11) وهي تحسب بالقانون التالي [8] :

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \dots \dots \dots (2)$$



الشكل (11) : منظر للجانب العلوي للهوائي

كما لاحظنا سابقاً ان طول الرقعة زاد بنسبة ΔL فيصبح لدينا الطول للرقعة (L_{eff}) الطول الفعال ويمكن ايجاده بالقانون التالي :

$$L_{eff} = L + 2 \Delta L \dots \dots \dots (3)$$

إذا كان تردد الرنين معطى فان حساب الطول الفعال يكون كالتالي :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o \sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots \dots \dots (4)$$

اما لحساب تردد الرنين للهوائي الشريطي الدقيق المستطيل فيمكن ايجاده بالعلاقة التالية :

$$f_o = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left[\left(\frac{m}{L} \right)^2 + \left(\frac{n}{W} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

حيث ان n و m النمط على طول L و W على التوالي .

اما بالنسبة لحساب العرض فيكون باستخدام العلاقة التالية :

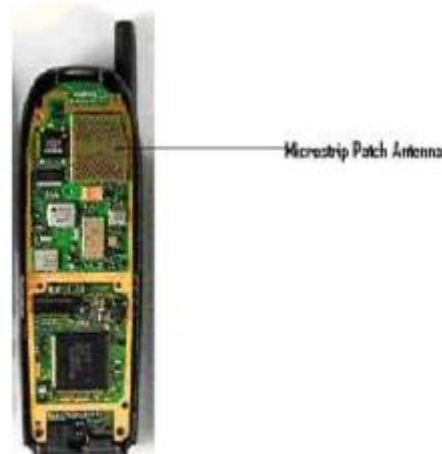
$$W = \frac{c}{2 f_o \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \dots \dots \dots (6) \quad [11].$$

(5 – 1) تطبيقات الهوائى :

هوائي الشريحة الرقيقة بأدائه وصغر حجمه وسهولة تصنيعة مما أدى الى انتشاره بشكل واسع في العديد من التطبيقات الحديثة وزيادة الطلب عليه . فهو يستخدم في العديد من تطبيقات الاتصالات اللاسلكية مثل الهاتف الخليوي والاقمار الاصطناعية وتقنية WIMAX وكذلك في الانظمة العسكرية مثل الصواريخ والقذائف والطائرات الحربية وكذلك في التطبيقات الطبية [10] . نستعرض هنا بعض هذه التطبيقات .

(1 – 5 – 1) تطبيقات الاتصالات والهوائي الخليوي .

اتصالات الهواتف الخلوية تتطلب هوائيات ذات حجم صغير وتكلفة منخفضة . وهذا الهوائي لديه هذه الخصائص وتم تصنيع اشكال وانواع مختلفة لهذا الهوائي لاحظ الشكل (12) حتى يتم استخدامة في هذه التطبيقات [11].



شكل (12) هوائي الهاتف الخليوي

(1 - 5 - 2) تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمية (GPS) :

الهوائي المستخدم في هذا التطبيق يكون غالي نوعاً ما وذلك لانه يتطلب من هذا التطبيق ان يحدد المواقع بدقة عالية . وهذا الهوائي والموجود على الارض او عند المستخدم يجب ان يكون لديه الاستقطاب دائري وذو حزمة أشعة واسعة وهوائي ذو كسب قليل , فنلاحظ من المواصفات السابقة ان هذا الهوائي هو المفضل للاستخدام في هذا التطبيق . في الشكل التالي يوضح الهوائي الموجود في جهاز المستخدم شكل (13) .



الشكل (13) : هوائي نظام GPS [10] .

(1 - 5 - 3) نظام البث الفضائي المباشر (DBS) :

نظام البث الفضائي المباشر يقوم بتزويد العديد من الدول بالقنوات التلفزيونية للعامة . الهوائي المستخدم عند المحطات الارضية عند المستخدمين يحتاج الى تكبير عالي حوالي 30dBi ويكون دائري الاستقطاب وكذلك يعمل عند تردد حوالي 12GHz . الهوائي التقليدي ذو القطع المكافئ العاكس (Conventional Parabolic Reflector Antenna) يلبي كل هذه المواصفات , ولكنه بالمقابل حجمه كبير لا يمكن تركيبه في كل الابنية وكذلك العاكس يبلى بسبب المطر والرياح والثلج . وكل هذه السلبيات السابقة أدت الى تطوير مصفوفات هوائي شريطي دقيق لهذا النظام , وكذلك في المستقبلات المتحركة في السيارات تم استخدام هذه المصفوفات مع حزمة مائلة حيث تم اختيارها مسبقاً [11] .

REFERENCES

- [1]. Shaktijeet, Mohapatea . "Antenna For Wide Band and Ultra Wide Band Application. " (2015).
- [2]. SINGH, R. K. DESIGN ANALYSIS OF SHORTING PIN MICROSTRIP PATCH ANTENNA FOR C-BAND APPLICATION (Doctoral dissertation, Department of Electronics and Communication Engineering (SIET), SHUATS-Allahabad, UP).(2018).
- [3]. Balanis, Constantine A. Antenna theory: analysis and design. John wiley & sons, 2016.
- [4]. Zivanovic, Marko. Temperature-Compensated Microstrip Antenna for Ice Measurement and Wireless Sensor Network. Diss. École Polytechnique de Montréal, 2018.
- [5]. Vijay Kumar, Varsha. "Steerable Antenna Array For UAV Applications." PhD diss., 2018.
- [6]. Pandey, Anil. Practical Microstrip and Printed Antenna Design. Artech House, 2019.
- [7]. Khadase, Rahul. "Microstrip patch antenna design for telemedicine application." (2018).
- [8]. Groun, Mejda. "Multiband Microstrip Patch Antenna for 4G (LTE)." (2018).
- [9]. Shumba, Prosper. "Design and characterisation of a microstrip patch antenna for Wi-Fi." (2017).
- [10]. www.wikipedia.org
- [11]. www.wisegeek.com