الرادار

د. محمد عبدالعزيز حسن
كلية الهندسة
جامعة الملك سعود

شوهدت ظاهرة الرادار لأول مرة في عام ١٩٢٢م، عندما لاحظ مجموعة من مهندسي معمل الأبحاث البحرية بالولايات المتحدة الأمريكية ، أن باخرة ـ مارة بين مرسل ومستقبل ـ قد عكست جزءاً من الموجة إلى المرسل مرة أخرى ، ومنذ ذلك الوقت وحتى عام ١٩٣٠م، اثبتت التجارب المتتالية القيمة العسكرية لهذه الظاهرة ، وفي أواخر عام ١٩٣٠م عندما زاد احتمال الحرب العالمية الثانية، تعاقدت الحكومة البريطانية مع سير روبرت واطسون واط والمعروف باسم « أبو الرادار » لتصميم كاشفات باستخدام نظرية موجات الراديو المنعكسة من أجل اكتشاف سفن العدو وطائراته عن بعد . وقد استنبطت كلمة رادار من التعريف الأساس (باللغة الانجليزية) لعمل هذا الجهاز . فهي تأتي من التعبير «RAdio Detection And Ranging» ، ويعني ان الجهاز يستخدم اشارات الراديو ليكتشف الهدف ويحدد مداه (أي مسافته) وكذلك اتجاهه وارتفاعه .

الفكرة الأساس للرادار

يستخدم الرادار ظاهرة « الصدى » (echo) فكلنا نعلم بانه إذا أطلقت طلقة نارية تولدت موجات صوتية تنتشر في جميع الاتجاهات ، فاذا حدث هذا في أرض منبسطة واسعة ، فقدت الموجات طاقتها مع انتشارها حتى تتلاشى نهائياً ، ولكن إذا وجد جبل أو مبنى مرتفع بالقرب من مكان الاطلاق ، انعكس جزء من هذه الطاقة وسمع كصدى ، ويعتمد الزمن الذي يأخذه الصدى في العودة إلى مكان الاطلاق على مدى بعد موقع الجسم العاكس ، وبالطبع كلما كان الجسم أبعد كلما أخذ الصدى وقتاً أطول في العودة ، ويذكر هنا ان الخفاش (الوطواط) يستخدم هذه الطريقة لتحديد طريقه وتجنب العوائق في الظلام .

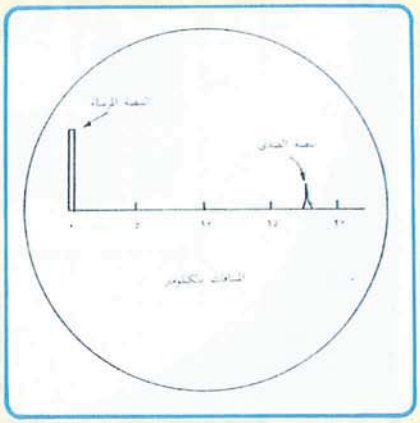
ويقوم الرادار بنفس هذا العمل . فهو يولد نبضة قصيرة جداً من طاقة الراديو ، تنتشر باتجاهية عالية جداً ويفقد جزء منها خلال الانتشار، أما الجزء الباقي فيصطدم بالهدف (مثل سفينة أو طائرة أو أي جسم موصل)، وينعكس مرة ثانية إلى نقطة الارسال . وبقياس الزمن المطلوب للموجة للوصول للهدف ثم العودة إلى المرسل مرة ثانية يمكن تحديد المسافة . وفي مثال الموجات الصوتية ، يمكننا قياس هذا الزمن بوساطة ساعة توقف . أما في حالة موجات الراديو فهذا مستحيل حيث ان اشارة الراديو تنتشر بسرعة عالية جداً (٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية الواحدة) ، وبالتالي يقاس الزمن بين لحظة الارسال ولحظة الاستقبال بالميكروثانية (أي جزء من المليون من الثانية) . لذلك لا نستطيع استخدام الطرق التقليدية في قياس الزمن ، بل يتم استخدام أجهزة اليكترونية دقيقة لهذا الغرض ، ويتم قياس المسافة مباشرة على شاشة أنبوبة الأشعة المهبطية التي تشبه كثيراً شاشة التلفزيون .

وعلى سبيل المثال ، يوضح الشكل المبين شاشة أحد أنظمة الرادار ، وهو نظام « النبضات » ، وفي هذا الشكل تمثل النبضة الموجودة على اليسار النبضة المرسلة ، أما تلك التي على اليمين فهي النبضة المنعكسة من الهدف أو نبضة الصدى ، ويمكن تقدير المسافة على الشاشة بمساعدة علامات للقياس بوحدات الكيلومتر ، وفي المثال المبين ، تقدر المسافة بحوالي ١٧,٥ كيلومتر . كما ان اتجاه الهدف هو الاتجاه الموجه إليه الهوائي في الوقت الذي تؤخذ فيه القراءة .

ترددات أنظمة الرادار

تحتوي كل نبضة ارسال على عدد كبير من الموجات الحاملة ، ويعتمد اختيار التردد الحامل على عدة عوامل ، أهمها حجم الهدف والاتجاهية والارسال على خط الرؤية . وفيما يلي نعطي فكرة موجزة عن كل منها :

عندما يكون طول موجة الارسال كبيراً بالنسبة لحجم الهدف ، تعكس كمية قليلة من الطاقة ، ولكن في الترددات العالية (أي الموجات القصيرة) فان كمية الطاقة المنعكسة تكون أكبر ، وبالتالي تزداد حساسية الرادار ، وكذلك تزداد أقصى مسافة ممكنة للاستخدام . وعادة ما نحصل على أفضل انعكاس عندما يكون الهدف مصنوعاً من مادة موصلة وأحد أبعاده يزيد عن ربع طول موجة الارسال .



شاشة أحد أنظمة الرادار

كذلك يجب ارسال موجة الرادار من هوائي له اتجاهية عالية (أي انه يركز معظم الطاقة في اتجاه محدد) من أجل الحصول على قياسات دقيقة ، وذلك بان يكون طول أحد أبعاده نصف طول الموجة المرسلة على الأقل . ولا يتأتى هذا إلا برفع تردد الارسال ، وتعطي الاتجاهية العالية دقة في تحديد الهدف وقدرة على التمييز بين هدفين قريبين من بعضهما البعض .

في الترددات العالية جداً (أكبر من ٣٠ ميجاهيرتز) يوجد نوع واحد فقط من الارسال ، هو الارسال على خط الرؤية ، وبذلك تنعكس موجة واحدة فقط هي تلك التي تقابل موجة الارسال . أما في الترددات الأقل من ذلك فتتداخل الموجات الأرضية والسماوية وتعطي قياسات خاطئة عن الهدف .

ويتضح مما سبق ان للارسال على ترددات عالية مميزات كثيرة في أنظمة الرادار ، ويمكن تقسيم الترددات الحاملة التي يعمل عليها الرادار إلى خمسة نطاقات واسعة ، تبدأ من ٢٢٠ ميجاهيرتز وتنتهي بـ ٣٦ جيجاهيرتز (أي من ٢٢٠ مليون ذبذبة في الثانية إلى ٣٦٠٠٠ مليون ذبذبة في الثانية) ، ولكل نطاق منها استخدامات عديدة ، فمثلاً تعمل مرسلات أنظمة رادار البواخر في ثلاث حزم ترددية تتواجد في اثنين من النطاقات ، ورادار الشرطة في حزمة ترددية من النطاق الأول وحزمة ترددية أخرى من النطاق الرابع ، ورادار الطائرات في عدة حزم ترددية من النطاقين الأخيرين . . . وهكذا .

أنواع أنظمة الرادار

على الرغم من أن جميع أنظمة الرادار تستخدم نفس الأفكار الأساس في تشغيلها إلا أن هناك كثيراً من الاختلافات في دوائرها الالكترونية ونوعية الأجهزة المستخدمة معها . وعلى سبيل المثال يقوم نظام « النبضات » بعمله عندما يكون الغرض هو اكتشاف الهدف وتحديد مكانه ، ولا يستخدم هذا النظام لقياس سرعة المركبات المتحركة ، ولكن يستخدم نظام آخر مختلف تماماً .

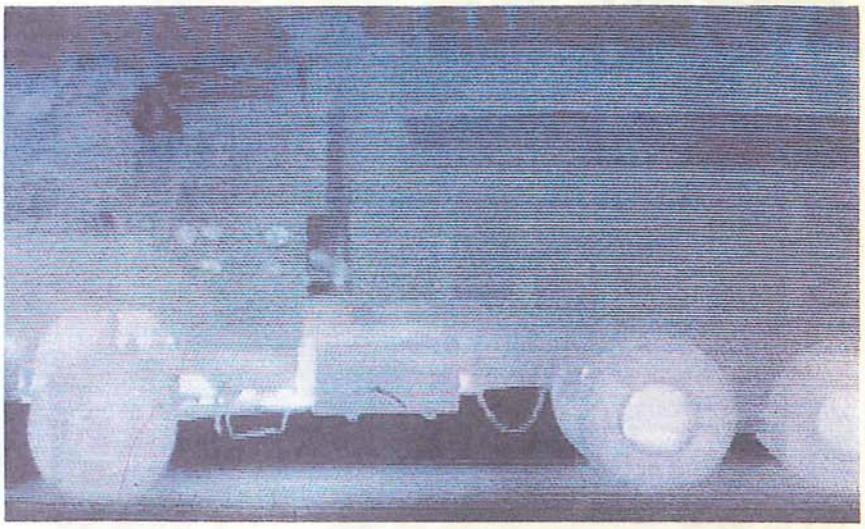
وكذلك هناك تباين بين الأنظمة المختلفة لنفس الرادار . وعلى سبيل المثال توجد اختلافات في نطاق تردد الارسال ، وفي أقل وأكبر مدى للكشف ، وفي نوعية الهوائي المستخدم وفي المستقبل . . . وغيرها ، وكذلك هناك اختلافات في عمل نظام الرادار مثل البحوث السطحية والجوية ومراقبة الطقس وقياس السرعات . . . وغيرها .

وهناك ثلاثة أنواع رئيسة يشتق اسم كل منها من طبيعة الاشارة المرسلة ، وهي تختلف عن بعضها في نوع التعديل المستخدم لاشارة الارسال ، وهذه الأنواع هي نظام النبضات ونظام التردد المعدل ونظام ازاحة التردد .

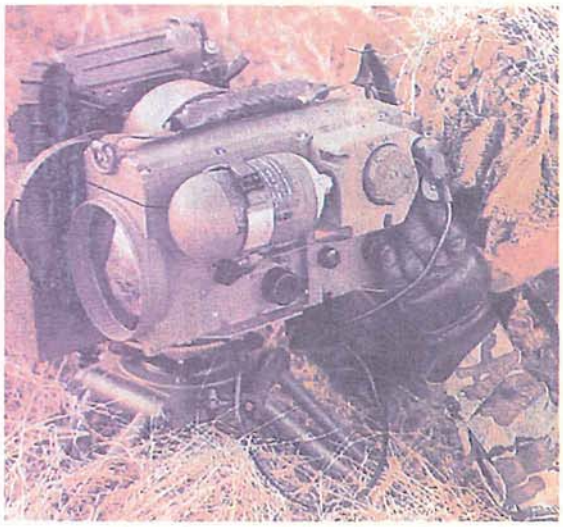
ففي نظام النبضات ــ وهو النوع الواسع الانتشار ــ ترسل طاقة الراديو على هيئة مجموعة متتالية من النبضات القصيرة وتستغرق كل نبضة عدداً معيناً من الميكروثانية وتبتعد عن بعضها البعض فترات زمنية طويلة نسبياً ، وخلال هذه الفترات توجه الطاقة إلى الهدف وتنعكس ومن ثم تستقبل بوساطة المستقبل . بمعنى ان الارسال يتوقف لحين رجوع نبضة الصدى إلى المستقبل ، وذلك حتى لا تصطدم نبضة الارسال القوية باشارة الصدى الضعيفة فتحجبها أو تلغيها ، وتحدد المسافة بالزمن المطلوب للصدى من أجل العودة .

وفي نظام التردد المعدل ، تشع الموجة الحاملة بصفة مستمرة ولكن تعدل الاشارة بتغيير التردد في نطاق محدد على فترات منتظمة ، حيث يزيد التردد من أقل قيمة له إلى أقصى قيمة له بمعدل معروف ثم ينخفض إلى أقل تردد ومن ثم يبدأ دورة جديدة ، وهذا يشبه إلى حد ما نظام النبضات حيث يقابل أقل تردد في النظام المعدل النبضة المرسلة في نظام النبضات ، وتحدد المسافة بمدى التغير الذي حدث في تردد الارسال عند لحظة وصول نبضة الصدى .

أحد أنواع الرادارات المستخدمة في الأغراض العسكرية



الرؤية الليلية لشاحنة بنظام الرؤية الحرارية



منظار الرؤية الليلية

يستخدم نظام ازاحة التردد في قياس السرعة ويسمى بنظام دوبلر ، وهو يعتمد على تأثير دوبلر الناتج عن تحرك جسم ما اما بالابتعاد عن المشاهد واما بالاقتراب منه ، أي ان أي صوت يصدر عن هذا الجسم يتغير في تردده ، فهو يكبر في التردد كلما اقترب منه المشاهد ، وينخفض كلما ابتعد عنه ، وكلما زادت سرعة هذا الجسم كلما تغير التردد بسرعة أكبر . اذن بقياس كمية التغير في التردد تتحدد السرعة .

بعض استخدامات الرادار

خلال الحرب العالمية الثانية استخدم الرادار عسكرياً فقط للكشف عن طائرات وسفن العدو لتحديد أماكنها بدقة . وبربط الرادار بأجهزة اطلاق النار كالمدافع والصواريخ ، كان الرادار يتحكم في عملية التصويب والاطلاق بدقة لم يسبق لها مثيل . كذلك كانت أنظمة الرادار تستخدم في اعطاء صورة عن المناطق المحيطة بالسفن من أجل سلامة الملاحة ، وأصبح من السهل تصوير السفن الأخرى والسواحل والعوائق والجزر ، التي كان يصعب رؤيتها بالنظر العادي .

وفي السنوات الأخيرة ، انتجت أنواع كثيرة ومختلفة من أجهزة الرادار ، فحيث ان الرادار يستطيع ان يرى في الليل أو في وسط السحب الكثيفة بنفس الوضوح الذي يرى به في الأجواء الصحوة في وضح النهار فقد زودت به الطائرات الخاصة والمراكب الصغيرة بأنواعها حفاظاً عليها وعلى سلامة من بها . كذلك فإن بعض وحدات الرادار قد بنيت خصيصاً لاستخدامها في تحديد أماكن العواصف وتحديد حجمها واتجاه حركتها وسرعتها ، فبعض السحب تحتوي على رطوبة عالية أكثر من غيرها ، وبذلك فهي تعكس نبضات الرادار مرة أخرى إلى محطة الارسال وبالتالي يمكن اكتشافها . كذلك تستخدم شرطة المرور الرادار كطريقة دقيقة لمراقبة السيارات التي تتجاوز السرعة القانونية في الشوارع والطرق السريعة . وقد بدأت بعض الشركات المنتجة للسيارات أخيراً في انتاج سيارات بوحدات رادار خاصة سعياً وراء تقليل حوادث الاصطدام .

وفيما يلي نبذة عن تكييف فكرة الرادار في استخدامات أخرى : فمثلاً يوجه نظام التحكم والمراقبة الأرضية الطائرات من أجل الهبوط بسلامة على أرض المطار أو حاملات الطائرات حتى ولو كانت الرؤية محدودة . كذلك ترسل اشارات شفرية لاعطاء زوايا ومسافات أكيدة كما هو الحال في الملاحة لمسافات طويلة ، وهناك النظام العسكري الذي يميز بين البواخر والطائرات الصديقة عن غيرها ، والنظام الذي يرسل موجات صوتية عبر الماء للكشف عن المركبات تحت سطح الماء وقياس الأعماق .

كما ان للانسان بصمة أصبع يستدل بها عليه ، فلكل هدف أيضاً بصمة تستخدم للاستدلال عليه بوساطة الرادار . وتسمى هذه البصمة باسم مساحة مقطع الرادار . فالجسم الذي له بصمة كبيرة يسهل اكتشافه والتعرف عليه وهذا مطلوب بالطبع في حالة الطيران المدني وفي مسائل تنظيم الحركة الجوية بالمطارات ، والعكس صحيح في الأغراض العسكرية حيث نجعل بصمة الجسم صغيرة بحيث يصعب التعرف عليها واكتشافها بالرادار . ولكن هناك أنظمة رادارية مضادة تستحدث تبعاً للطريقة التي يقوم الجسم المراد اكتشافه بالتخفي بها . وسيظل السباق مستمراً بين طريقة اخفاء الهدف وطريقة التعرف عليه واكتشافه . فهناك مثلاً رادار جديد يعمل على بعض السفن من أجل تغطية نصف كروية كاملة وهو مكون من أربعة هوائيات مثبتة ، كل منها مؤلفة من أكثر من ٤٤٠٠ وحدة اشعاع وتعطي ـ بخلاف الهوائي الطبقي الدوار ـ مئات من الأشعة القابلة للتوجيه الألكتروني في كل ثانية ، وبذلك تسمح بمتابعة أكثر من ٢٥٠ هدفاً على السطح أو في الهواء . وفي نفس الوقت تقوم بعض شركات الطيران الحديثة بانتاج طائرات خفية ذات أشكال غير مألوفة ومصنوعة من مواد خاصة وذلك حتى يصعب اكتشافها من قبل أنظمة رادار العدو وإذا ما اكتشفت يصعب تتبعها .

وسيظل . . . هذا السباق مستمراً . . . وعلى سبيل المثال فقد أكدت وزارة الدفاع الأمريكية في شهر نوفمبر ١٩٨٨م الوجود الفعلي لطائرة عسكرية متطورة « مخفية عن الرادار » أو بمعنى آخر ذات مساحة مقطعية رادارية صغيرة جداً ، بعد سنوات طويلة من الأخبار الغامضة والتقارير الصحفية غير المؤكدة عن الشك في وجود مثل هذه الطائرة وهي ما تعرف باسم طائرة التسلل الخفي .