الرادار

سنعالج في هذه المادة موضوع الرادارات، وكيفية عملها، ودورها في التحكم بحركة الطيران، كما وفي الاقمار الصناعيه.

يعود تاريخ الرادار الى نهايات الالف وثمانمايه، حين اثبت هينريش هيرتز ان موجات الراديو، اي الموجات الكهرومغناطيسيه كالضوء، يمكن ان تنعكس بالقطع المعدنيه. بعد ذلك مباشرة، قامت المانيا وفرنسا وانغلترا والولايات المتحده، بتطوير انظمة كاشفه توجت في الثلاثينات، بولادة، الرادار.

الرادار، هو مختصر لانذار كاشف للموجات. يكتشف الاهداف البعيدة في الفضاء. كما انه يفتح ابواب بعض المباني، ويشغل اشارات السير، وهو مستعمل في السفن، والطائرات والموانيء والمطارات.

كالمنارة في الظلام الحالك، يرسل الرادار موجات كهربائيه نحو جانب من الفضاء، لا يمكن رؤية موجات الراديو، فهي تنتقل بسرعة الضوء، اي بسرعة ثلاثمئة الف كيلومتر في الثانيه.

تنعكس الموجة المرسله حين تسطدم بأي هدف يعترضها، كأن تسطدم بطائره. بما ان سرعة الموجة معروفه، يصبح بالامكان معرفة المسافة التي تفصل بين الرادار والهدف بقياس الوقت الذي يفصل بين الاشارة ورجع الصدى.

يتشكل الرادار مبدئيا من جهاز ارسال، وهوائي، وجهاز استقبال.

يتولى جهاز الارسال بث ومضات قصيره، طول كل منها اقل من جزء على المليون من الثانيه. تشكل هذه الموجات ما يعرف بقطار موجات الراديو. يتم ارسال قطار الموجات بأتجاه الهوائي عبر انبوب معدني يسمونه دليل الموجات.

حين تنبعث من دليل الموجات، توجه الموجات الى عاكس الهوائي، الذي يتشكل عادة من شبكة معدنيه. يقوم العاكس بدفع وتحديد الموجات ضمن اشعاعات متعددة الاتساع.

شكل وحجم الهوائي يحدد دقة الاشعاعات كما ومستوى بلوغها.

فكلما كبر الهوائي كلما طالت وضاقت اشعتها وامكن تحديدها بشكل ادق. الهوائي المستطيل الشكل، الذي يزيد عرضه عن ارتفاعه، ترسل اشعاعات ضيقة ولكنها مسهبة في الارتفاع.

عادة ما تستهدف الهوائيات المتعرجه، او التي تجول حول محورها، تصوير الفضاء في جميع الاتجاهات. فعلى سبيل المثال بعض الرادارات المستخدمة للتحكم بالمواصلات الجويه، تدور بوتيرة ستة مرات في الدقيقه، وتحدد موقع الطائرة مرة كل عشر ثوان.

بعد ارسال الاشعاعات نحو الفضاء، يتنبه الرادار، لصدى موجاته. يفعل ذلك لمدة تقل عن جزء من الالف في الثانيه. ما يكفي من الوقت للاشعاع، كي يصل الى الهدف، ويعود الى الهوائي قبل ان يتم ارسال ومضة اشعاع اخرى.

يتم التقاط الصدى من خلال الهوائي ذاته الذي يستخدم لارسال الاشارة الاوليه. اذ يقوم بدور المفتاح العاكس جهاز يسمونه خلية الارسال والاستقبال TR cell.

يقوم هذا الجهاز بأقفال اللاقط مؤقتا خلال الفترة القصيرة لمرحلة الارسال، في حين يعاود تنشيطه في حال استقبال اي صدى لموجاته.

للحؤول دون مزج الاصداء وموجات الراديو القادمة من رادارات اخرى، لدى اللاقط حساسية محدده تجاه الموجات التي يقوم الرادار نفسه بأرسالها.

في المرحلة الاولى يكشف اللاقط ويكبر الأشارة التي يستقبلها، لانها صغيرة جدا، فهي اصغر بآلاف بلايين المرات من الاشارة الاساسيه.

في المرحلة الثانيه، يحدد اللاقط نوع الصدى الذي يستقبله. اذا كانت وظيفة الرادار الكشف عن الطائرات، سيلغي اللاقط اي صدى لاهداف محيطة اخرى كالاشجار والابنيه.

وهو يفعل ذلك باللجوء الى ظاهرة فيزيائية تعرف بظاهرة دوبلر.

نلاحظ هذه الظاهرة حين نسمع صفير قطار متحرك مثلا. حين يتحرك القطار بأتجاهنا يرتفع صوت الصفارة عاليا، لينخفض صوتها بالمقابل، ان كان القطار يرحل. وهذا ما يحدث في اشعاعات الراديو.

اذا كان الهدف الذي يكشفه طائرة قادمه، عادة ما يكون صدى الموجات مضغوطا، فتزداد وتيرتها. اما اذا كانت الطائرة تبتعد عن الرادار، فيتمدد صدى موجاتها، وتقل وتيرتها.

وبالمقابل حين يكشف الرادار عن هدف ثابت، كتلة جبل مثلا، تبقى وتيرة الصدى كما كانت لحظة انطلاقها.

هكذا يتمكن اللاقط من تمييز صدى متحرك يرده هدف متحرك، او هدف ثابت غير مرغوب فيه. ظاهرة دوبلر تساعد اللاقط ايضا، على تحديد سرعة الهدف، بقياس الفارق بين وتيرة الموجات التي يرسلها الرادار، والموجات التي يعكسها الهدف.

الرادارات التي تستخدمها الشرطه، للكشف عن السيارات التي تخالف السرعة القصوى المسموح بها، تعمل بالاعتماد على المبدأ ذاته.

بما ان الرادار يعرف اتجاه الهوائي الذي يعكس الصدى الاقوى، كما والتأخير في عودة رجع الصدى، فقد اصبحت لديه كل التفاصيل اللازمة لتحديد موقع الهدف المتحرك. تقوم الة حاسبه بعملية لجميع الموجات المفيده، بعد تحديدها وترجمتها الى معلومات يمكن لمستخدم الرادار ان يفهمها.

عبر الضباب والظلام الحالك، يمكن للرادار ان يحدد اهداف تقع على مسافة عدة اميال، انها توسع مساحة الرؤية البشريه وتزيد من دقتها بشكل واضح.

الاف الطائرات تعبر الاجواء المحيطة في الكوكب على الدوام. بفضل الاخصائيين في مجال الطيار الدولي والمدني، وبفضل كفاءات الرادارات، يمكن للركاب والتجار التحرك والترحال، بأمان.

كل يوم ايا كانت احوال الطقس، تنطلق الاف الطائرات من حول العالم، لتحلق نحو اهداف متعدده، وتحط دون وقوع الحوادث.

لضمان امانها، يتم التحكم بهذه الطائرات بأستمرار، على الارض وفي السماء. تعتمد حركة الطيران على اجهزة متعدده للقيام بذلك.

بالتوافق مع قوانين التحكم بالتنقل الجوي، تستخدم الطائرات طرق محدده. هذه الطرق هي ممرات جوية محددة بدقه. تتم الاشارة اليها من خلال منارات على الارض.

بعد تثبيتها في مختلف بقاع الارض، بأستثناء المحيطات والصحارى، تقدم هذه المنارات خدمة جليلة لا تقدر بثمن.

تعرف احدى هذه المنارات بال VHFذي الوتيرة العالية جدا، ومتعددة الاتجاهات المعروفة بالVOR. تتكون الVOR من مجموعة هوائيات موزعة على شاكلة تاج، يقوم بأرسال الاشارات الدائمة في جميع الاتجاهات.

هذه الاشارة التي يستقبلها جهاز الالتقاط على متن الطائره، تحدد هوية المناره. كما انها تمنح القبطان معلومات مفصله عن موقع طائرته، عبر خط الزاوية الذي يرسم بين الطائرة والمناره من جهة، وخط آخر يرسم بين الطائرة واتجاه الشمال.

هناك نوع اخر من المنارات يعرف بالDME يختص بأجهزة قياس المسافه. التي عادة ما تكون على صلة بالVOR . تكمن منارة الDME بهوائي عامودي يحدد للقبطان المسافة الفاصلة بينه وبين المناره.

ترسل الطائرة اشارة رمزية مشفره، حالما تستقبلها المنارة لتعيدها على الفور. بقياس المدة التي تفصل بين لحظة ارسال الأشارة ورجع الصدى، يقوم المستقبل على متن الطائرة بتحديد المسافة التي تفصل بين المنارة والطائره.

منارتي الVOR و DMEتمكن الطيارين من تحديد مواقع طائراتهم بدقة متناهيه. كما يتم رسم صورتهم على شاشة تحكم صغيره كمثلثات مرقمه على خطوط الطيران.

يقوم الطيار بأبلاغ برج المراقبه كلما حلق فوق مناره ما، ليبدأ عامل المراقبة من التأكد بأن الطائرة تحلق بناءا على خطها المحدد مسبقا.

في اكثر مراكز التحكم بحركة الطيران عصريه، تكمن محطة عمل المراقب بشاشة للتلفزة بالغة القدرة والكفاءة، بحيث يمكن تعديل الوانها حسب رغبة عامل المراقبه. تعكس الشاشة برموز مصغره حالة سير الامور في جزء من الفضاء.

وهي ترسم عبر مربعات صغيره، موقع الطائرة السابق والحالي، كما تم تحديدها من قبل الرادارات الرئيسية والثانويه.

تحدد الرادارات الرئيسية خط مسار طائرة محدده،بقياس الفارق في الوقت، بين الموجات التي تم ارسالها، ورجع الصدى القادم من الطائره.

عادة ما يدعم الرادار الرئيسي برادار ثانوي، يكمن بهوائي مستطيل، يقوم بأرسال اشارة تساؤلات مشفره. ليتولى جهاز على متن الطائرة استقبال الاشارة والاجابة على الاسئلة بتحديد هوية الطائرة وارتفاعها.

تنعكس كل المعلومات التي يتم جمعها من قبل الرادارات على الشاشة برموز يحددها عامل المراقبة لتمثل الطائره. يتكرر هذا كل عشرة ثوان مرة او مرتين.

يمكن لعامل المراقبة ان اراد ان يرى المعلومات الخاصة بوجهة سير الطائرات. فربما اراد ان يتعرف على المحطات المقبلة للطائره، كما يمكنه ان يعرف التوقيت الذي ستحلق فيه الطائرة فوق المنارة المقبله.

يستخدم مراقبي حركة الطيران هذه التفاصيل للتأكد من ان الطائرات ستبقى على مسافة من بعضها البعض بأستمرار.

على عامل المراقبة ان يكون قادرا على تحديد احتمالات الحوادث مسبقا، وهو يعتمد في ذلك على محطة المراقبة المعززة بالكمبيوتر، الذي سيطلق اشارة انذار بالخطر عند توقع حالات الطواريء. حالة الطواريء قد تشمل عددا من الحالات والظروف، كوجود طائرتين في ممر واحد، او حالة انخفاض مفاجئة، او زيادة في علو طائرة ما.

اشارة الانذار تلفت انتباه عامل المراقبة لما يحدث، الذي يتصل بالقبطان لمساعدته على التعامل مع الظروف.

تبقى الطائرة تحت المراقبة في ابراج التحكم حتى لحظة هبوطها. وفي هذه المرحلة الاخيره، يعتمد القبطان على اجهزة نظام الهبوط. او الILS.

تعتمد اجهزة نظام الهبوط على مجموعة هوائيات جانبيه. يقبع بعضها عند نهاية احد الممرات، لتطلق موجة اشعة بشكل افقي، تمر عبر محور المدرج.

هوائيات اخرى تقبع على احد جانبي المدرج، قرب المكان الذي تلامس فيه العجلات الارض، تقاطع الموجتين يحدد للطيار المكان الانسب والنموذجي لهبوط الطائره.

تتولى اجهزة الاستقبال ابلاغ الطيار عن الفارق بين المكان النموذجي والمكان الواقعي الذي بدأت تحط فيه الطائرة عجلاتها على المدرج.

تقنيات التحكم بالمواصلات الجوية تتحسن بأستمرار. قد لا يكون بعيدا اليوم الذي تساهم فيها الاقمار الصناعية في تحديد مواقع الطائرات مباشرة الى اجهزة الكمبيوتر على الارض.

واحده من احدث التقنيات في الاقمار الصناعية تستعمل الرادار. وعندما يتم وضع رادار في المدار الجوي، تتم مراقبة وجهة سيره الكامله، من قبل نظام لجهاز رادار اخر، ماذا كنا سنفعل، بدون هذه الاجهزه؟

اطلاق الاقمار الصناعية ورسم الخرائط هي قطاعات يلعب فيها الرادار دورا حاسما.

يمكن لبعض الرادارات المسماة برادارات رسم المسار ان تحدد اتجاه الصاروخ منذ لحظة انطلاقه حتى استقراره في السماء.

تستعمل هذه الرادارات في أطلاق الاقمار الصناعيه، وهي تعتد بهوائيات دائرية هائله، كالصحون، تتولى اطلاق اشعاعات دقيقه من موجات الراديو.

تبقى الالات الحاسبة في مركز الأطلاق على اتصال دائم برادارات رسم المسار خلف الصاروخ. وتركز هذه الرادارات اهتمامها على الصاروخ لتكون على اطلاع بأدق تحركاته.

يمكن لهذه الرادارات ان تحدد موقع الصاروخ بدقة متناهية وبأستمرار. لتقيس تحركه من بضعة امتار قليله، وحتى بضع مئات من الدرجات في الانحراف.

يمكن القيام بذلك عبر الاعتماد على رادارات رئيسية واخرى ثانويه. تقوم الرادارات الرئيسية بأطلاق اشارات تنعكس ايجابا على الصاروخ، بينما يتولى الرادار الثانوي بث اشارات تساؤليه يجيب عليها جهاز مثبت على متن الصاروخ.

يمكن مشاهدة المعلومات التي يجمعها هذا الرادار، على شاشة التلفوزيون. ما يسمح لعامل المراقبة من التأكد بأن الصاروخ لم يخرج عن وجهة مساره المحدده، وانه ما زال في الاتجاه السليم.

الاتجاه السليم هو المجال الجوي الذي يمكن الصاروخ من متابعة سيره دون تعريض حياة الناس على الارض للخطر. واذا ما سجل الرادار اي تغيير في الاتجاه المحدد، يحاول عمال المراقبة تعديله. وفي اقصى الحالات يمكن ان يصدر امر بتحطيم الصاروخ.

يقارب مدى خط سير الرادار الخمسة الاف كيلومترا. وسيحدد هذا المدى مستوى السرعه والانحراف والارتفاع لحظة وصول الصاروخ الى نقطة مداره المحدده.

يتولى رادار رسم المسار مهام التحكم بلحظات الاطلاق وتعليق الاقمار الصناعيه. تعتد بعض الاقمار الصناعية بأنواع اخرى من الرادارات، منها رادار ذو فتحة مركبه، او ال SAR. هذا الرادار

هو جهاز لرسم الخرائط على الارض يعتمد على ترجمة اشعاعات الموجات الصغيره.

كما تفعل الاقمار الصناعيه، تتولى هوائيات الرادار ارسال موجات اشعاعية على شكل ومضات بأتجاه الارض. تنعكس هذه الموجات في جميع النقاط على سطح الارض. تلتقط الهوائيات الصدى، فيعاد تركيب الصدى علىشكل خرائط ارضية مفصله.

ترجمة صورة الرادار وحدها يمكن ان تكون معضله، لهذا عادة ما تتم مقارنة صورة الرادار بلوحة مرئية ملونه.

عادة ما تكون الاضاءة في صورة الرادرار متناسقة مع كثافة الصدى، اي تجاوب المنطقة الارضية المنعكسة الى الرادار. تعتمد كثافة الصدى على السطح الفيزيائي كالانحناءات والتجعدات.

المنخفض المصغر، كالانهر مثلا، يعزز انعكاس الموجات الى الرادار. يمكن للرادار ان يكشف عن منطقة غابات خضراء يتم ازالة الاشجار منها.

يعكس الرادار صورة مياه راكده على شكل سطح داكن السواد. لان الماء يقوم بدور المرآه.

فهو يعكس موجات الاشعة المرسله في الاتجاه المعاكس لمكان سقوطها. وبهذا لا يعود رجع الصدى الى الرادار. ولكن الامواج بالمقابل، تعكس في اتجاهات متعدده ما يوسع الصدى نحو الرادار. فالعاصفة البحرية مثلا تنعكس لدى الرادار على شكل ضوء واضح.

لهذا من السهل التعرف على تسرب الزيوت، حتى في المياه العاصفه. فأيا كانت رقتها، سوف تعكس موجات الرادار في الاتجاه المعاكس لوجود الرادار. فالبقعة الداكنة في صورة ضوء واضح، تنكشف بسهولة في صورة الرادار.

الرادار المركب المفتوح يقدم صورة وكأنها اخذت عن بعد ثلاثين مترا عن الارض.

كما انها ستقدم بتفاصيل دقيقه، صور بعض الهيكليات المعدنيه، كالسكك الحديدية والشاحنات والمراكب، التي تعتبر صغيرة ولا يمكن رؤيتها بالعين المجرده.

تظهر هذه الهيكليات بوضوح في صورة الرادار، لان المعادن تتميز بمواصفات تعكس رجع الصدى بقوة هائلة نحو الرادار.

يمكن لهذا الرادار ان يجمع الصور ليلا نهارا، مهما كان الطقس غائما.

وهكذا فأن الدقة في الصور التي يقدمها هذا التنوع من الرادارات، يجعل من الSAR القمر الصناعي العين الساهره التي تعاين كوكبنا عن قرب.

بفضل الرادار الذي كان عام 1981 على متنها، تمكنت مركبة كولومبيا من اكتشاف شبكة من القنواة المائيه، البالغة من العمر ملايين السنين. هذه الشبكة من المياه تختبيء، في مكان يصعب تصوره: تحت رمال الصحراء الكبرى.