كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

١٠- تحديد المسافات بالليزر

إعداد د. عطيه علي الغامدي

بدأ تحديد المسافات بالليزر أو المراقبة بالليزر عن طريق الأقمار الصناعية بواسطة وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA) ، عام ١٩٦٤م ، وذلك مع إطلاق القمر الصناعي بيكون – ب (Beacon-B) ، وتدرجت شبكة محطات الليزر من عدة مواقع تجريبية إلى شبكة عالمية مكونة من ٥٠ محطة في أكثر من ٣٤ دولة منها المملكة العربية السعودية ، شكل (١).

مكونات الجهاز

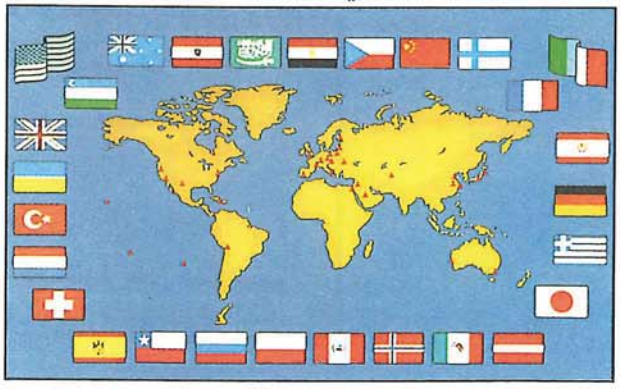
يتكون جهاز ليزر تحديد المسافات من الأجزاء التالية :

- **الليزر**

يستخدم في الجهاز ليزر مصنوع من مادة صلبة من نوع نيوديميوم ياج (ND, YAG) التي تطلق شعاع ليزر بتردد ١٠ هيرتز ، وبعرض نبضي ١٠٠ بيكو ثانية ، وطاقة تصل إلى ١١٠ ملي جول للنبضة الواحدة ، وطول موجي يعمل في نطاق اللون الأخضر – ٥٣٢ نانومتر – بعد عملية التوليد الثنائي .

- **المنظار**

يعمل المنظار على توجيه وإطلاق الأشعة إلى القمر الصناعي ، ويعمل بدقة توجيه عالية جداً من خلال فتحة قطرها يساوي قطر حزمة الأشعة المرسلة إلى القمر الصناعي .



● شكل (١) بعض مواقع محطات الشبكة العالمية للرصد بالليزر .

- **جهاز الاستقبال**

يتكون جهاز الاستقبال من نظام عدسات ومرايا ومرشحات ضوئية تسمح باستقبال حزمة الأشعة الليزرية المنعكسة من القمر الصناعي فقط ، وتوجيهها نحو كاشف (Detector) عالي الحساسية ، للكشف عن الفوتونات الضوئية الضعيفة المنعكسة من القمر الصناعي ، ويتم تحويل تلك الفوتونات الضوئية إلى إشارات كهربائية ، ومن ثم يتم تضخيمها وإرسالها إلى أجهزة التحكم الرئيسة .

- **أجهزة التوقيت والتحكم الإلكتروني**

يعتمد نظام التوقيت على مايلي :

١- ساعة سيزيوم ذرية كمصدر أولي .

٢- بلورة كريستال تعمل بنظام ذبذبة وقتية FTS (مصدر ثانوي).

٣- نظام لتصحيح وتحويل الوقت يعمل حسب نظام تحديد المواقع العالمي {GPS (FTS) 800} .

ترتبط أجزاء الجهاز (الليزر ، والمنظار .. الخ) بأجهزة تحكم مرتبطة بجهاز التحكم الرئيس الذي – بدوره – يكون مرتبطاً بجهاز الحاسب الآلي ، وبذلك يتم التحكم في جميع أجزاء الجهاز .

تبلغ سرعة ذبذبة ساعة جهاز التحكم الرئيس ٥٠ ميجا هيرتز (50 MHZ) ، ويتم عن طريقها قياس الزمن من لحظة الإرسال إلى الاستقبال بدقة خيالية تصل إلى ٥ بيكو ثانية (٥×١٠^{-٦} ثانية) ، وبذلك يمكن قياس المسافة بين الجهاز والقمر الصناعي في الفضاء بدقة تصل إلى ٥ ملليمتر .

- **الحاسب الآلي**

يتم من خلال الحاسب الآلي القيام بتسجيل البيانات الصادرة من الأجهزة الأخرى ، ومن ثم تحليلها وحفظها واسترجاعها إذا لزم الأمر .

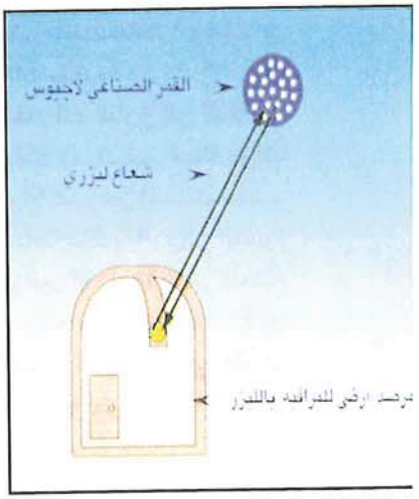
- **أجهزة مساعدة**

تشمل الأجهزة المساعدة قبة الرصد ومحطة الأرصاد الجوية ، وأجهزة التبريد ، وغيرها .

طريقة عمل الجهاز

يتم الرصد عن طريق الأقمار الصناعية بإرسال نبضة قصيرة من أشعة ليزرية مترابطة ذات طول موجي محدد موجودة في مرصد أرضي ، وبعد تحديد وقت انطلاق النبضة بدقة يتم توجيهها نحو مرايا تقع على سطح قمر صناعي ، حيث تنعكس بدورها – ولكن أضعف بكثير من الأشعة الأصلية – لتلتقط بوساطة المنظار ، شكل (٢) ، وبتحديد وقت وصول الأشعة الملتقطة وطولها الموجي يمكن حساب طول مسارها ، وبالتالي معرفة المسافة التي قطعتها ، وبمعرفة المعلومات عن مدار القمر الصناعي ، وزمن ترحال النبضة الليزرية ، وسرعة الضوء فإنه يمكن تحديد موقع محطة المراقبة بدقة بالغة .

وبالحصول على بيانات – بنفس الطريقة – من محطة أخرى تقع على بعد كيلومترات أو في قارة أخرى يمكن تحديد المسافة بين المحطتين ، شكل (٣) ، ومع أخذ قياسات متكررة خلال فترة زمنية في المناطق التي يحدث فيها تحرك ولو بسيط جداً يمكن الحصول على التغيرات التي تحدث في المسافة بين المحطتين أو معرفة حركة القشرة الأرضية .

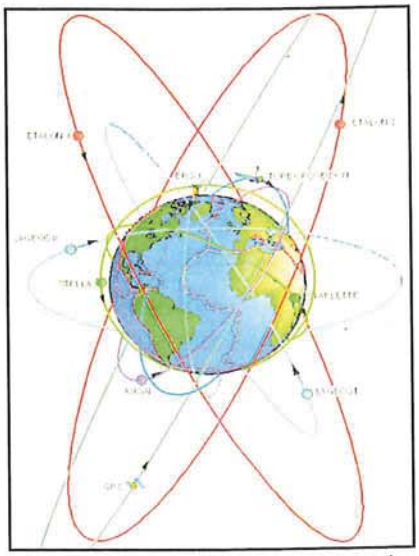


● شكل (٢) طريقة عمل المراقبة بالليزر عن طريق الأقمار الصناعية .

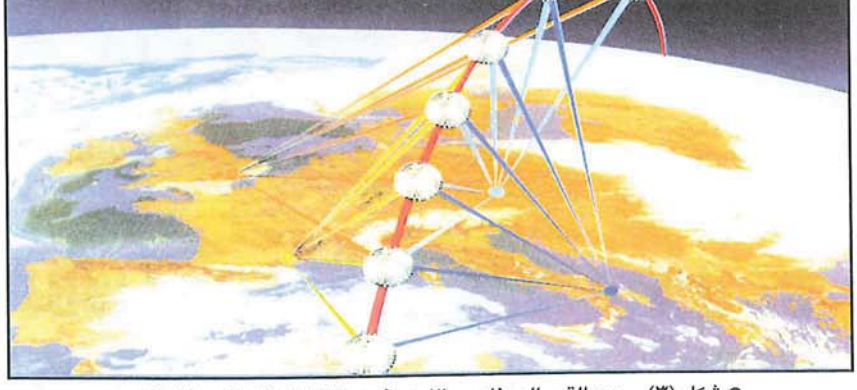
تطبيقات الجهاز

حدث تطور هائل في نظام شبكة الرصد بالليزر عن طريق الأقمار الصناعية خلال العقود الثلاثة الماضية بحيث أضحت تعطي معلومات وبيانات ضخمة للدراسات الجيوفيزيائية التي تشمل الأرض الصلبة ومحيطاتها وأنظمة الغلاف الجوي المتضمنة استشعار ومراقبة حركة الصفائح الأرضية والتشوهات الناجمة عنها ، ودوران الأرض ، والحركة القطبية فضلاً عن وضع نموذج مخطط زماني ومكاني للتغيرات التي تحدث في مجال الجاذبية الأرضية ، ومستوى المد والجزر في المحيطات والبحار ، شكل (٤).

كذلك يمكن بواسطة تقنية الرصد بالليزر عن طريق الأقمار الصناعية متابعة ومراقبة مستوى التغيرات في موقع مركز الكتلة للنظام الأرضي (اليابسة والغلاف الجوي والمحيطات والبحار) بدقة تصل إلى الميليمتر ، بالاضافة لذلك فان نظام المراقبة بالليزر عن طريق الأقمار الصناعية يعطي – بدقة بالغة – حساباً دقيقاً لمدار القمر الصناعي ، حيث يمكن استخدام ذلك في قياس الارتفاع بالرادار لتخطيط سطح المحيط وعمل نموذج أرضي لدورة المحيط ، وكذلك التخطيط لعملية التغير في كتلة الثلوج القادمة ، بالاضافة إلى دراسة التضاريس (Topography) ، والتزويد بمعلومات عن انتقال الوقت الأرضي في زمن قياسي يقدر بنحو بيكوثانية (Peco Second) التي تعد أساساً للاختبار الخاص بالنظرية النسبية العامة.



● شكل (٤) مجموعه من الأقمار الصناعية الخاصة بالتطبيقات الجيوفيزيائيه المزودة بمرايات لقياس شعاع الليزر .



● شكل (٣) رصد القمر الصناعي بالليزر في عدة قارات في نفس اللحظه .