

نظام تحديد المواقع العالمي (GLOBAL POSIOTIONING SYSTEM)

Eng.laith ajina / cmc.iq

م . ليث عجينة / هيئة الإعلام والاتصالات

المقدمة :

تُستخدم عبارة **نظام تحديد المواقع العالمي (GLOBAL POSIOTIONING SYSTEM)** ومختصرها **(GPS)** على نظام عالمي حديث أول من وضعه وزارة الدفاع الأمريكية مهمته تحديد أو تتبع الموقع الجغرافي من خلال إعطاء الإحداثيات والسرعة وإتجاه الحركة والوقت لنقطة معينة مهما كان موقعها وفي جميع الأوقات والأحوال الجوية .

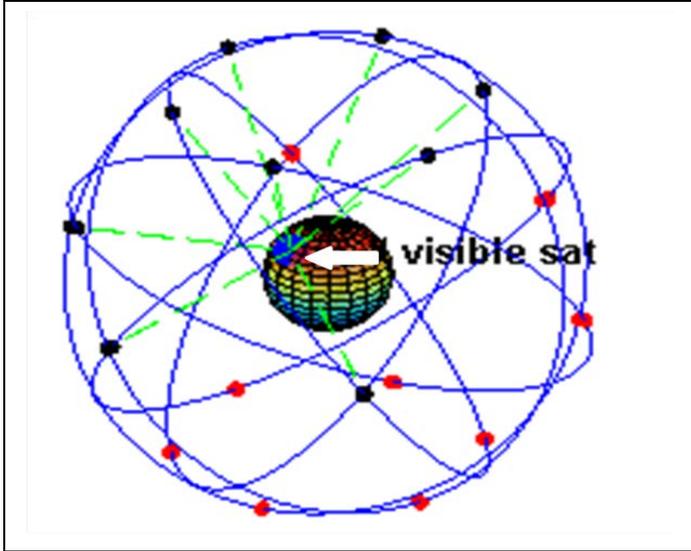
النظام العالمي موضع تقريرنا يضم ثلاث مكونات أو أجزاء رئيسية تعمل سوية من أجل تحديد وتتبع الموقع الجغرافي لنقطة معينة وهي **كوكبة من الأقمار الصناعية (satellites)** و**منشآت السيطرة والرصد الأرضية (Ground control Facilities)** و**أجهزة الـ GPS** المعروفة بإسم **(جهاز GPS)** لدى المستخدمين ، ويمكن أن تدخل بعض خدمات منظومات وشبكات الاتصالات الأرضية المحلية وأجهزتها مع النظام دون أن تكون من ضمن مكوناته من أجل إنجاز عملية التحديد أو التتبع والتعقب .

بدأت الأفكار البسيطة لأنظمة تحديد المواقع أواسط القرن الماضي مع الحرب العالمية الثانية قبل بدا عصر الفضاء باستخدام تكنولوجيا التصوير الجوي بواسطة الطائرات والمناطيد من أجل التعرف على مواقع الأهداف وتحديد الحدود والخرائط ، وكان الغرض من إنشاء النظام الحديث للـ **(GPS)** مع وضع أول قمر صناعي مخصص لتحديد المواقع عام (١٩٧٨) من قبل وزارة الدفاع الأمريكية عسكري بحت وفي العام (١٩٨٠) بدأت الإستخدامات المدنية للنظام ولكن بصورة محدودة وشهد العام (١٩٩٤) إكمال وزارة الدفاع الأمريكية لوضع (٢٤) قمراً ضمن نظامها الخاص لتحديد المواقع العالمي والذي يعتبر أول نظام عالمي من نوعه وتم زيادة عدد أقماره لاحقاً ليصل إلى (٣٢) قمراً . ولا يعتبر النظام الأمريكي في الوقت الحالي النظام الوحيد حيث أكملت أوربا عام (٢٠١٠) نظامها الخاص المعروف بأسم **جاليليو (Galileo)** الذي يضم ما مجموعه (٣٠) قمراً وهناك النظام الروسي باسم **غلوناس (Glonass)** الذي أكمل مع بداية عام (٢٠١١) ويضم (٢٢) قمراً ، ومن المؤمل أن تنهي كل من اليابان نظامها **(Quasi-Zenith)** عام (٢٠١٣) والهند نظامها **(I.R.N.S.S)** عام (٢٠١٤) والصين نظامها **(Compass)** عام (٢٠٢٠) .

أستخدمت الولايات المتحدة الأمريكية نظامها في بداية الأمر لتحديد المواقع والأهداف والملاحة وتوجيه الأسلحة إلى أن بدأ الإستخدام لإغراض مدنية الذي فاق العسكرية بشكل كبير وباتت خدمات النظام مجانية ، ونتيجة للفوائد الكبيرة لنظام الـ **(GPS)** العالمي ظهر سوق كبير مختص يشمل تجارة وصناعة أجهزة الـ **(GPS)** المتنوعة وأجهزة إتصالات وحواسيب مدعومة بتطبيقات النظام كما ظهرت شركات ومنظمات عالمية ودولية مختصة بوضع وتداول الخرائط بكل أنواعها التي تحتاجها خدمات أجهزة **(GPS)** فضلاً عن شبكات الإتصالات والمواصلات .

هيكل النظام :

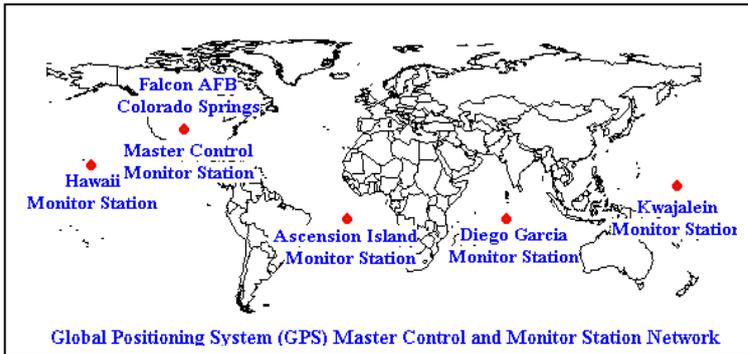
نظام تحديد المواقع العالمي (GLOBAL POSIOTIONING SYSTEM) يتكون عادةً من ثلاث أجزاء هي :



(الشكل ١)

١- الجزء الفضائي (space segment) كما في (الشكل ١) يضم كوكبة من الأقمار الصناعية (satellites) لا تقل عن (٢٤) قمراً صناعياً كما في النظام الأمريكي تدور في ستة مدارات متوسطة على إرتفاع (٢٠٠٠٠) كم تقريباً عن سطح البحر بواقع أربعة أقمار لكل مدار ويدور القمر دورتين في كل يوم فلكي بسرعة (١٢٠٠٠) كم/ساعة . القمر مزود بهوائيات لإرسال وإستقبال الإشارات ومزود أيضاً بالأواح شمسية لتزويد القمر بالطاقة الذي يحتاجها كحد أقصى (٥٠) واط كما يحوي على ساعة ذرية فائقة الدقة لتحديد توقيتات القمر خلال مساره وأوقات إرسال وإستقبال الإشارات مع أجزاء النظام الأخرى . وللقمر محرك صاروخي يقوم بتصحيح وضع القمر في حالات الإنحراف وحدوث خطأ في حركة القمر .

كل دائرة يكونها مدار القمر لها زاوية ميلان مع دائرة خط الإستواء مقدارها (٥٥°) ، أن نظام المدارات الستة وطبيعة حركة وتوزيع الأقمار فيها تتيح رصد ستة أقمار على أقل تقدير في آن واحد من أي نقطة معينة من سطح الأرض ولعدة ساعات مما يؤمن تغطية جيدة للنظام طوال اليوم لسطح الأرض ولإرتفاع معين .



(الشكل ٢)

٢- جزء السيطرة والتحكم الأرضي

(Ground control segment) يشمل منشآت

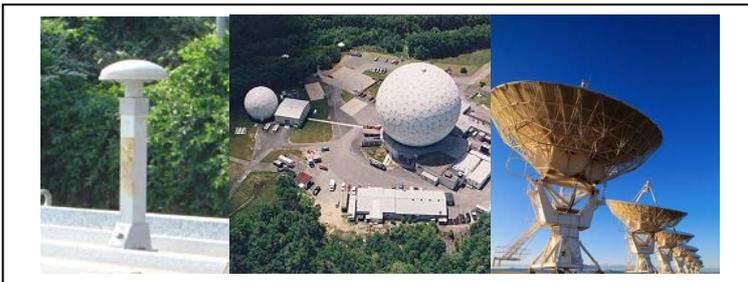
السيطرة والرصد الأرضية التالية :

أ- محطة التحكم الرئيسية (master control station).

ب- هوائيات أرضية (ground antennas).

ج- محطات رصد (monitor stations).

إن مكونات جزء السيطرة والتحكم الأرضي موزعة في مناطق متفرقة من الكرة الأرضية مهمتها مراقبة وتتبع الأقمار ومساراتها بصورة متواصلة وتصحيح وضعها في حالة حدوث خطأ أو إنحراف . و(الشكل ٢) يمثل مواقع توزيع مكونات جزء السيطرة والتحكم الأرضي للنظام الأمريكي على خارطة الكرة الأرضية ومجموعة الصور إلى اليسار هي لمكونات من جزء السيطرة والتحكم الأرضي .



مكونات من جزء السيطرة والتحكم الأرضي



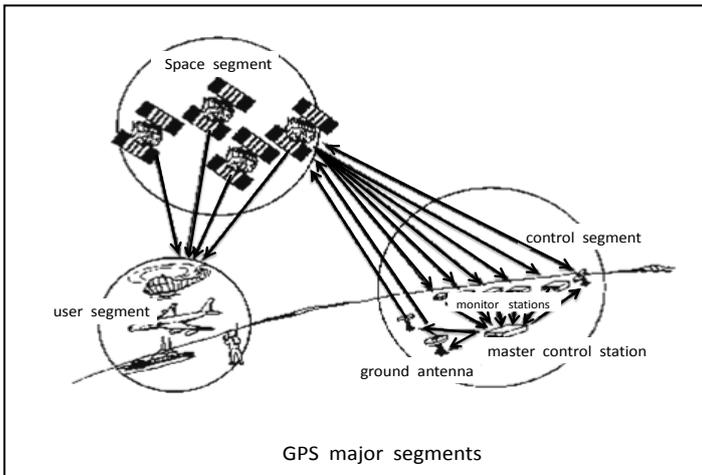
أنواع مختلفة من أجهزة الاستقبال

٣- جزء أجهزة الـ GPS لدى المستخدمين ، ويمثل عدد كبير ومتنوع من الأجهزة التي تستقبل فقط الإشارات في حالة تحديد الموقع أو أجهزة تستقبل وترسل في حالة التتبع والتعقب ويتم كل ذلك عن طريق هوائي الجهاز، ومجموعة الصور في اليسار هي لأنواع مختلفة من أجهزة الـ GPS . وعادتهاً تحتوي الأجهزة الحديثة على شاشة لعرض الموقع الآني لحامل الجهاز في حالة الحركة على خريطة مُخزنة في جهاز التتبع والتعقب فضلاً عن الأحداثيات والسرعة والإتجاه كما يحوي على ساعة زمنية لتعين وقت إستقبال الإشارات لحساب المسافة مع القمر ، ويُفضل إستخدام هذه الأجهزة في المناطق المفتوحة لتحاشي التأثيرات السلبية للبنىات والجبال والأنفاق التي تشكل عائقاً أمام الإشارات بالنسبة للأجهزة . إن زيادة عدد قنوات (channels) الجهاز تُزيد من عدد الأقمار التي

يمكن للجهاز أن يتعامل مع إشاراتها في آن واحد وبالتالي أداء أفضل لتحديد الموقع وهذه أحد المؤشرات المهمة للتعرف على مستوى دقة جهاز الـ (GPS) لدى المستخدم ولا تتجاوز عدد الأقمار التي يمكن للجهاز رصدها في أحسن الحالات (٦ - ٨) أقمار . .

مبادئ عمل النظام :

إن فكرة عمل النظام هي الاستفادة من مواقع عدة نقاط معلومة (وهي الأقمار) لتحديد موقع نقطة مجهولة (وهو مستخدم الجهاز) . أن الأجزاء الرئيسية الثلاث للنظام تعمل في آن واحد عن طريق التواصل بالإشارات الكهرومغناطيسية سواء في حالة جهاز تحديد الموقع أو في حالة جهاز التتبع والتعقب ، ولابد من الإشارة إلى الفرق البسيط بين حالة تحديد الموقع وحالة التعقب ففي الثانية تتم عمليات متتالية لتحديد الموقع الجديد أثناء الحركة على خريطة مخزنة ، ومن أجل التسهيل سنشرح بشيء من التفصيل حالة التحديد أما حالة التعقب سنوضحها في نهاية التقرير عند الكلام عن جهاز GPS يتحرك بسرعة مستفيدين من شرح حالة التحديد .

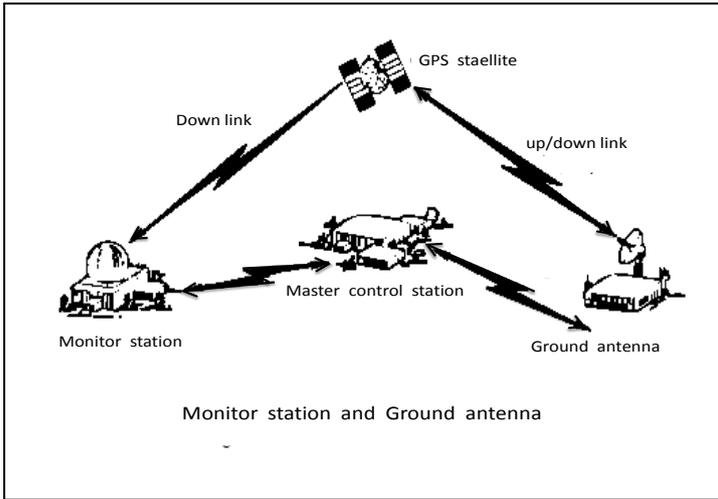


GPS major segments

(الشكل ٣)

إن مجموعة الأقمار ومكونات جزء السيطرة والتحكم الأرضي تقوم بإرسال وإستقبال الإشارات فيما بينهما أما أجهزة الـ GPS لدى المستخدمين فتستقبل الإشارات فقط في حالة تحديد الموقع من مجموعة الأقمار التي يمكن لجهاز الـ GPS أن يرصدها و(الشكل ٣) يوضح أجزاء نظام تحديد المواقع العالمي وأتجاه الإشارات بين مكونات هذه الأجزاء . ولشرح عمل النظام في هذه الحالة نبدأ بالإشارات التي ترسلها الأقمار وتستقبلها كل من مكونات السيطرة الأرضية وجهاز الـ GPS لدى المستخدم ، والأقمار هنا ترسل بصورة متواصلة المعلومات التالية :

- وقت إرسال الإشارة من القمر .
- معلومات دقيقة عن مدار وموقع القمر الذي أرسل الإشارة .
- صحة ووضع منظومة الأقمار ومداراتها .



(الشكل ٤)

بالنسبة لمكونات جزء السيطرة والتحكم الأرضي (Ground control segment) وبالثات محطات الرصد (monitor stations) كما موضح في (الشكل ٤) تقوم بإستلام الإشارة من القمر وإرسالها إلى محطة التحكم الرئيسية (master control station) حيث تتم مقارنة معلومات هذه الإشارة مع المعلومات التصميمية المثبتة عن هذا القمر المتعلقة بالتوقيتات والموقع والمسار والسرعة والمدار والارتفاع ، وفي حالة حصول إنحراف أو خطأ تُرسل محطة التحكم الرئيسية إشارة إلى نفس القمر من خلال الهوائيات الأرضية تحمل أوامر بتصحيح وضع القمر حسب ما مثبت له .

ولمحطة التحكم الرئيسية (master control station) وظيفة أخرى هي السيطرة على مكونات جزء السيطرة والتحكم الأرضي وهي محطات الرصد (monitor stations) والهوائيات الأرضية (ground antennas) . أما ما يخص جهاز الـ GPS لدى المستخدم الذي يستقبل فقط الإشارات من الأقمار التي يرصدها فوظيفته ضمن النظام هو حساب **مطلبين أساسيين** من أجل تحديد موقع المُستخدم لجهاز GPS وهي :

أولاً- حساب المسافة بين الجهاز والأقمار التي يمكن إستلام إشاراتها بالاستفادة من معلومة وقت الإرسال من القمر المحمولة على الإشارة وحسب المعادلة المعروفة التالية :-

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{المسافة} = \text{السرعة} \times \text{الزمن}$$

السرعة هي سرعة الموجة الكهرومغناطيسية وتساوي سرعة الضوء .

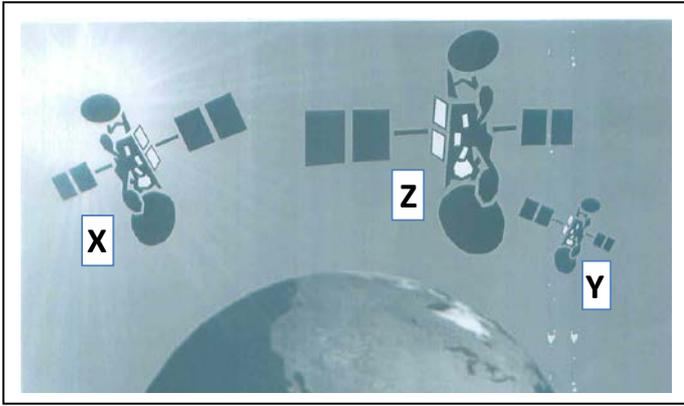
الزمن هو الفارق بين زمن الإرسال من القمر وزمن إستلام الإشارة من قبل جهاز الإستقبال لدى المستخدم .

ثانياً- تحديد موقع كل قمر يمكن لجهاز GPS رصده وإستلام إشارته ضمن كوكبة الأقمار بالاستفادة من مجموعة المعلومات التي تحملها إشارة القمر الملقمة للجهاز بصورة متواصلة والمتضمنة آخر التحديثات والتصحيحات للموقع والتوقيتات والسرعة والمسار لهذه الأقمار . والغرض من تحديد مواقع هذه الأقمار هو إستخدامها كنقاط مرجعية لتحديد موقع جهاز الـ GPS لدى المستخدم وتتم بإستخدام عملية ((التثليث)) الحسائية (triangulation) وهي وسيلة رياضية لتحديد موقع نقطة مجهولة بالاستفادة من موقع نقاط معلومة وذلك بتشكيل مثلث رؤوسه تمثل القمر جهاز الـ GPS ومسقط القمر على سطح الأرض .

طريقة تحديد المواقع :

لتوضيح طريقة النظام لتحديد الموقع عند المستخدم نشير إلى نقطتين الأولى أن جهاز الـ GPS يقوم بالتعامل مع إشارة (٣-٤) من الأقمار على أقل تقدير مع وجود نسبة من الخطأ ولزيادة الدقة وسرعة تحديد الموقع يجب زيادة عدد إشارات الأقمار التي يتعامل معها جهاز الـ GPS وقد تصل إلى (٦-٨) أقمار حيث لايتجاوز الخطأ في هذه الحالة بضع سنتيمترات عند تحديد الموقع وخلال فترة زمنية قصيرة جداً ، النقطة الثانية هي التذكير بثلاث وضعيات مُحتملة يمكن أن يكون عليها جهاز الـ GPS لدى المُستخدم ، الوضعية الأولى أن يكون جهاز الـ GPS ساكناً وإرتفاعه صفراً (static single point positioning) (الجهاز ساكن على سطح مستوي ومع سطح البحر) حيث يعتبر السطح كمرجع (Reference) لإرتفاع الأقمار كما مُصمم لها ضمن مداراتها

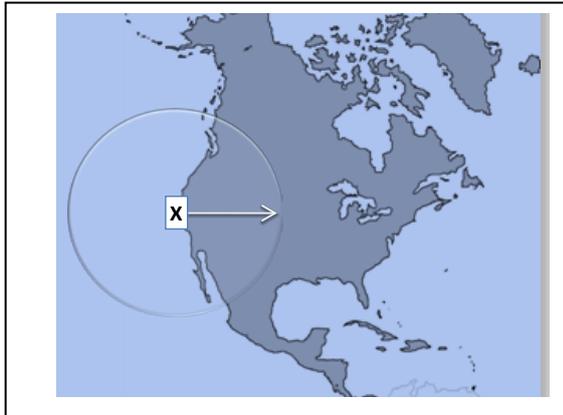
وهنا يمكن الإكتفاء وكحد أدنى بإشارة ثلاث أقمار وعادتهاً في هذه الحالة يعرض الجهاز إحداثيات **الطول والعرض فقط** (longitude & Latitude) لتحديد الموقع لأن جهاز الـ GPS في هذه الوضعية يُعتبر على **سطحٍ مستويٍ** . الوضعية الثانية الجهاز ساكن في **فضاء ثلاثي الأبعاد** ليس مع مستوى سطح البحر (three dimensional space) وفي هذه الحالة إرتفاع مدار القمر نسبياً إلى الجهاز ليس كما في الوضعية الأولى وعندها يجب التعامل مع إشارة أربعة أقمار على أقل تقدير حيث **يعتبر مستوى سطح البحر كمرجع** لإرتفاع الجهاز (altitude) وهنا يعرض الجهاز إحداثيات **الطول والعرض** إضافة إلى **الإرتفاع** (Latitude , longitude & altitude) لأن الجهاز ضمن فضاء ثلاثي الأبعاد . أما الوضعية الثالثة يكون فيها الجهاز **متحرك وله سرعة واتجاه** سواء كان على السطح أم لا (kinematic single point positioning) عندها يجب التعامل مع إشارة أربعة أقمار على أقل تقدير وهنا يعرض الجهاز **سرعة واتجاه** (velocity & direction) بالإضافة إلى **أحداثيات الطول والعرض والإرتفاع** ، والوضعية الثالثة يمكن أن توضح حالة التعقب التي أشرنا إليها وكما سيرد شرحها في نهاية التقرير.



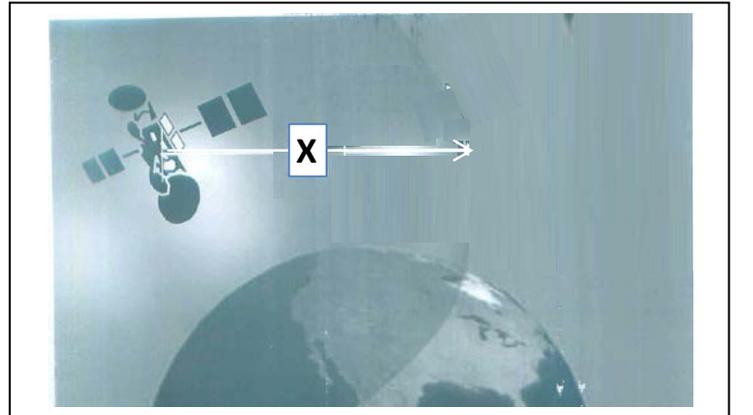
(الشكل ٥)

إن شرح طريقة عمل النظام مع الوضعية الأولى بدرجة من التفصيل يسهل فهم بقية الوضعيات حيث أن الأساس واحد وهو الإستعانة بعدة نقاط معلومة من أجل تحديد موقع نقطة مجهولة بمساعدة عملية التثليث الحسابية (triangulation) ، وفي الوضعية الأولى نبدأ بـ (الشكل ٥) وفيه رسم توضيحي لثلاث أقمار ضمن كوكبة أقمار النظام يمكن لجهاز GPS أن يرصدها ويستلم إشاراتها في آن واحد.

أن الإشارة من قمر واحد يستلمها الجهاز ولتكن (X) تشكل كرة ناقصة مُفترضة حول القمر نصف قطرها هي المسافة بين الجهاز والقمر كما في (الشكل ٦- أ) ، سطح هذه الكرة يرسم دائرة وهمية على سطح الأرض تستطيع الإشارة (X) تغطيتها و**جميع النقاط على محيط هذه الدائرة فقط** يمكن أن تكون مواقع لجهاز GPS يستلم الإشارة (X) لأن المسافة التي حسبها الجهاز عن القمر حددت نقاط محيط الدائرة كمواقع مُحتملة لجهاز يستلم الإشارة (X) كما في (الشكل ٦- ب) .

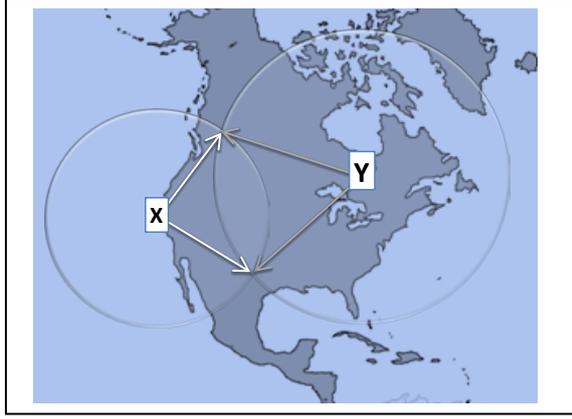


(الشكل ٦- ب)

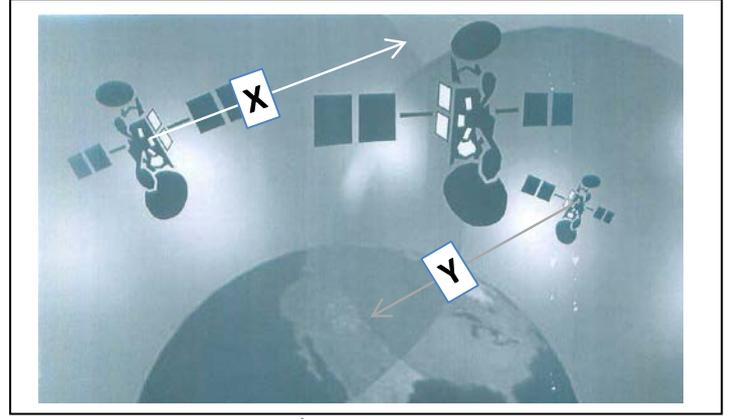


(الشكل ٦- أ)

وعند إستلام نفس الجهاز لإشارة قمر ثاني ولتكن (Y) كما في (الشكل ٧- أ) التي ترسم دائرة وهمية ثانية على سطح الأرض يتقاطع محيطها مع محيط الدائرة الأولى التي رسمتها الإشارة (X) في **نقطتين فقط** وفيهما يستطيع اي جهاز GPS من إستلام الإشارتين (X & Y) في آن واحد ، إن **أحدى هاتين النقطتين** ستكون موقعاً للجهاز المعني (الشكل ٧- ب) .



(الشكل ٧- ب)

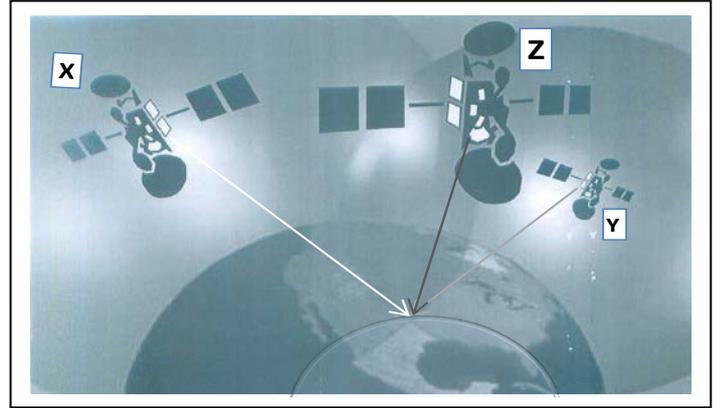


(الشكل ٧- أ)

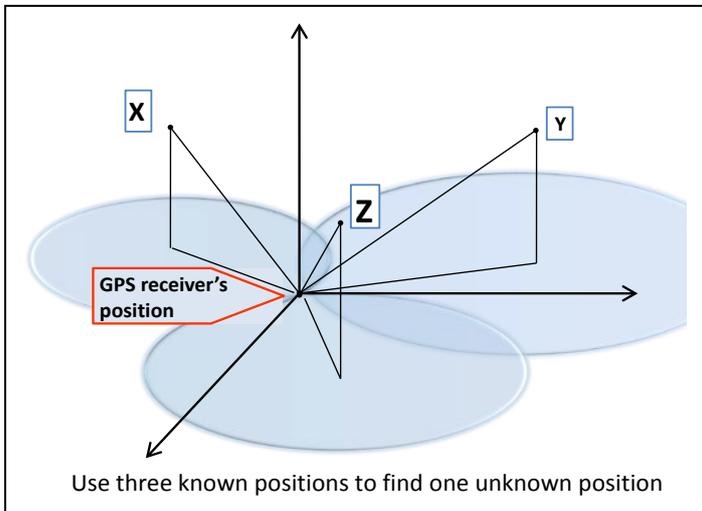
إن إشارة إثنين من الأقمار قلّلت عدد النقاط المحتملة لتحديد موقع الجهاز إلى **نقطتين فقط** لكن هذا غير كافي ، ولتحديد أي منهما كموقع للجهاز يتم الاستفادة من إشارة قمر ثالث يمكن أن يستلمها نفس الجهاز ولتكن (Z) التي سترسم دائرة وهمية ثالثة على سطح الأرض (الشكل ٨- أ) . وبما أن جهاز الـ GPS أصبح الآن **يستلم في آن واحد الإشارات الثلاثة (X , Y & Z)** فهذا يعني أن محيط الدائرة الثالثة للإشارة (Z) تتقاطع مع أحد نقطتي تقاطع دائرتي الإشارتين (X&Y) ونقطة تقاطع الدوائر الثلاث تمثل الموقع الذي يُراد تحديده لمستخدم جهاز الـ GPS (الشكل ٨- ب) .



(الشكل ٨- ب)



(الشكل ٨- أ)



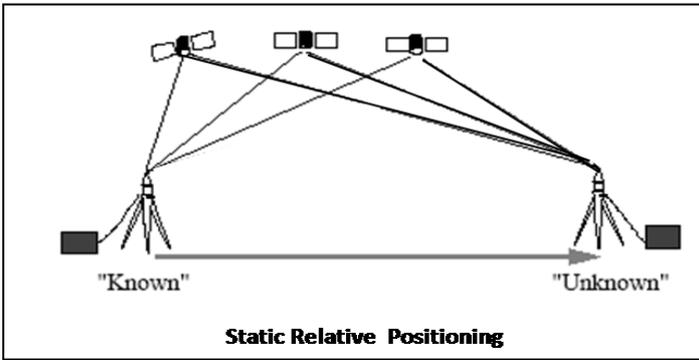
(الشكل ٨- ج)

وبإختصار لتحديد موقع جهاز GPS عند نقطة ساكنة مع مستوى البحر بواسطة إحداثيات الطول والعرض (longitude & Latitude) يتطلب ثلاث أقمار كحد أدنى رسمت إشاراتها ثلاث دوائر على سطح مستوي تتقاطع في نقطة واحدة ، أي **تحديد نقطة مجهولة على سطح مستوي بواسطة ثلاث نقاط معلومة** و(الشكل ٨- ج) يوضح تشكيل المثلثات القائمة المُستخدمة في عملية (التثليث) الحسابية (triangulation) لتحديد الموقع مُستفيدين من مقدار إرتفاع الأقمار المعلوم والمسافات لها نسبياً إلى الجهاز والتي تم حسابها من حاصل ضرب سرعة الإشارة و زمن إنتقال الإشارة من القمر إلى الجهاز عندها يمكن حساب أطوال الضلع الثالث للمثلثات التي تمثل المسافة بين مسقط القمر على السطح ونقطة

تقاطع الدوائر الثلاثة ، ومن موقع مسقط القمر الأني بالنسبة لخطوط الطول والعرض وأطوال الضلع الثالث يتم تحديد موقع الجهاز نسبياً إلى أى خطوط الطول والعرض . ولا بد من التنبيه إلى أن تقاطع دوائر إشارات الأقمار الثلاث على سطح الأرض ليس بالضرورة كما في (الشكل ٨- ب) بل يمكن أن تكون في عدة حالات بينها الموضحة في أدناه (الشكل ٨- د) .

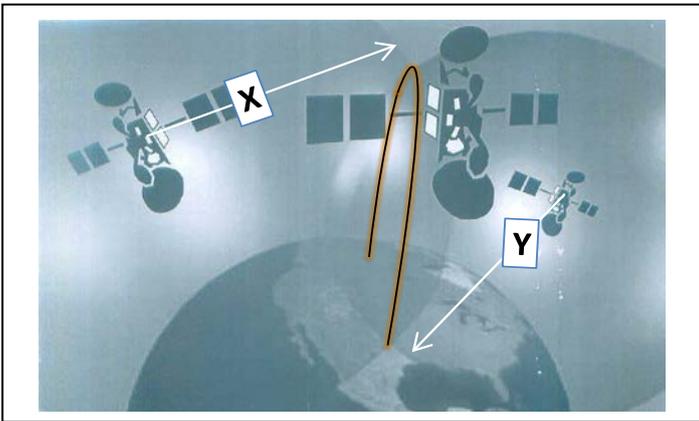


(الشكل ٨- د)



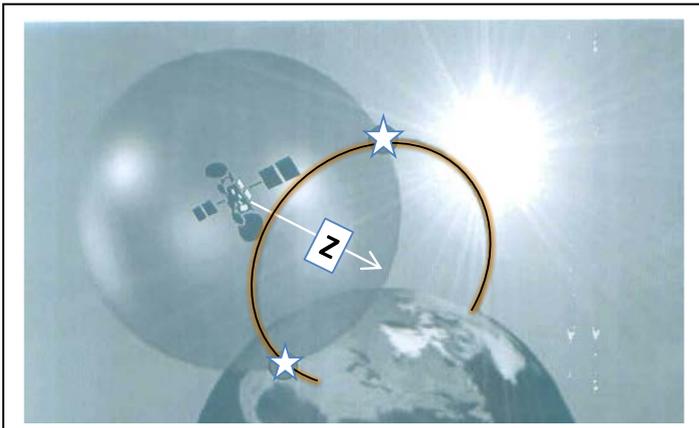
(الشكل ٨- ك)

ويمكن أيضاً تحديد موقع النقطة المجهولة في الوضعية الأولى بالاستفادة من نقطة أخرى على السطح معلومة الموقع بالنسبة للنظام تعتبر كمرجع للنقطة المجهولة المراد تحديدها (Static Relative Positioning) حيث يقوم النظام بتحديد موقع النقطة المجهولة نسبياً إلى المعلومة (الشكل ٨- ك) .

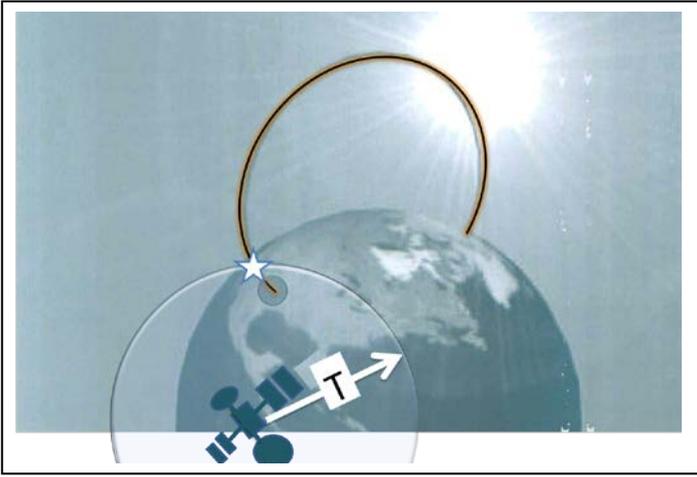


(الشكل ٩)

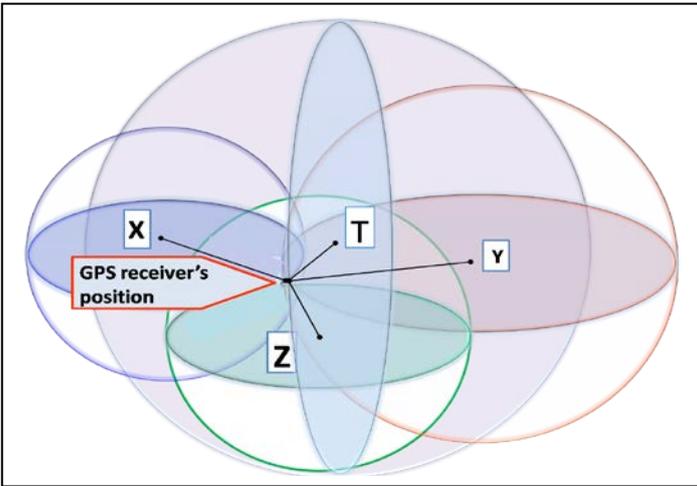
أما بالنسبة للوضعية الثانية حيث يكون جهاز GPS في نقطة ما ضمن فضاء ثلاثي الأبعاد وليس مع مستوى سطح البحر فنبدأ بـ (الشكل ٩) الذي يبين تقاطع محيطي كرتي الإشارتين (X&Y) في حلقة ناقصة ترتفع فوق سطح الأرض جميع نقاطها يمكن أن تكون موقعاً لجهاز GPS يستلم الإشارتين (X&Y) (نلاحظ أن تقاطع إشارتين لقمرين في الفضاء تعطي نقاط كثيرة محتملة لموقع الجهاز وليس نقطتين كما في الوضعية الأولى) . ومع وجود إشارة قمر ثالثة يمكن إستلامها ولتكن (Z) سيتقاطع سطح كرتها الوهمية مع الحلقة الناقصة في نقطتين أحدهما يمكن أن تكون موقعاً لجهاز GPS يستلم الإشارات الثلاث (X, Y&Z) كما في (الشكل ١٠) ويمكن لكلتا النقطتين أن تكونا فوق مستوى سطح البحر أو واحدة عند مستوى سطح البحر والأخرى فوقه وبما أن الجهاز في هذه الحالة ليس عند مستوى سطح البحر لذا تهمل عادةً النقطة عند مستوى سطح البحر ، وفي كل الأحوال هذا غير كافي لتحديد الموقع في هذه الوضعية حيث لاتزال إشارات ثلاث اقمار غير كافية لتحديد إرتفاع موقع الجهاز داخل فضاء ثلاثي الأبعاد ، لذا يُستفاد من إشارة قمر



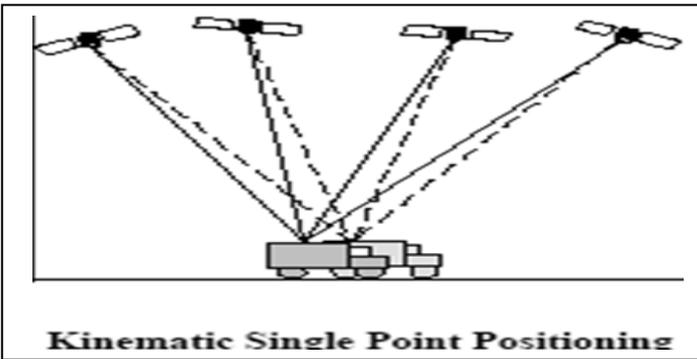
(الشكل ١٠)



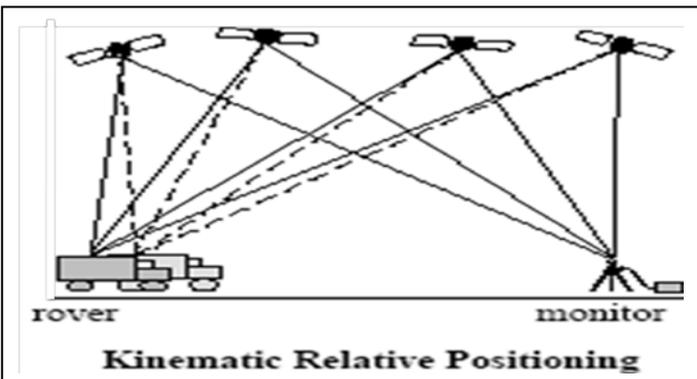
(الشكل ١١- أ)



(الشكل ١١- ب)



(الشكل ١٢- أ)



(الشكل ١٢- ب)

رابع يستلمها الجهاز ولتكن (T) تتقاطع مع أحد النقطتين السابقتين التي يستلم فيها الجهاز الإشارات الثلاث (X, Y & Z) السابقة لنحصل على نقطة جديدة يمكن فيها إستلام إشارات الأقمار الأربعة (X, Y, Z & T) (الشكل ١١- أ) وعندها يمكن تحديد الموقع بواسطة إحداثيات الطول والعرض والارتفاع باستخدام (Latitude , longitude & altitude) بنفس طريقة ((التثليث)) الحسابية (triangulation) السابقة مستفيدين من تقاطع محيط الكرات التي ترسمها أربع إشارات في الفضاء الثلاثي الأبعاد (الشكل ١١- ب) .

أما الوضعية الثالثة عندما يكون الجهاز متحرك وله سرعة وإتجاه سواء كان على السطح أم لا (kinematik single point positioning) فهي تصلح كمثال لتوضيح حالة التعقب في نظام الـ GPS ، حيث يكون فيها جهاز الـ GPS من النوع الذي يستقبل ويرسل الإشارات ويقوم النظام بعمليات متتالية لتحديد إحداثيات الموقع المتحرك أنياً على خريطة مخزونة في الجهاز بالاستفادة من إشارات الجهاز المرسله بصورة متواصلة التي يحلها النظام وإستلام إشارات (٣- ٤) أقمار تحمل معلومات آخر تحديد للموقع ، كما تتم هنا عملية مقارنة بين كل موقعين متتاليين تم تحديدهما ومن خلال المقارنة يمكن للنظام معرفة السرعة والإتجاه بالاستفادة من معلومتين يمكن له أن يستنتجها هما المسافة بين الموقعين المتتاليين والزمن بينهما و(الشكل ١٢- أ) يوضح وضعية الجهاز الثالثة على سطح الأرض . ويمكن هنا أيضاً إستخدام نقطة ساكنة معلومة الموقع بالنسبة للنظام (kinematik relative positioning) تعتبر كمرجع لتحديد الموقع اللحظي والسرعة والإتجاه حيث يتم تحديد موقع الجهاز عدة مرات بالنسبة إلى النقطة المعلومة ومن ثم يتم المقارنة بين كل موقعين متتاليين تم تحديدهما بالنسبة إلى النقطة المعلومة وتحسب السرعة وإتجاه الحركة لحامل الجهاز فضلاً عن تحديد إحداثيات الموقع أنياً على الخريطة المخزونة في الجهاز (الشكل ١٢- ب) .

مصادر الخطأ وعدم الدقة في تحديد وتتبع الموقع :

- إن نظام تحديد المواقع العالمي يمكن أن يعطي نتائج فيها نسبة خطأ ناتجة من النقاط التالية :-
- نسبة الخطأ الصغيرة في ساعة جهاز الإستقبال والتي تتضاعف بصورة كبيرة عند ضرب الزمن الذي يُسجله الجهاز مع سرعة الموجة الكهرومغناطيسية الكبيرة جداً (سرعة الضوء) .
- إنحراف أو ضعف الإشارة نتيجة اصطدامها بعوائق مثل البنايات الطويلة والجبال أو وجود مجالات كهرومغناطيسية مجاورة .
- إستلام معلومات يرسلها القمر الصناعي لم تجري عليها بعد التحديثات والتصحيحات .
- التأثيرات الجوية في طبقات الأيونوسفير والتروبوسفير .
- التشوه والانحرافات لمسار الأقمار .
- التغيرات في التقويم الفلكي .
- الضوضاء والتشويش الإلكتروني .

التطبيقات :

إن نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) يمكن أن يُستخدم في المجالين المدني والعسكري بسبب فوائده الكثيرة وقدرته على توفير الخدمات في كلا المجالين . في بداية تأسيس النظام كان لأغراض عسكرية فقط سواء في وقت الحرب أو السلم والمتمثلة بتحديد وتتبع مواقع وأهداف عسكرية وتوجيه القطع ، وإزدادت أهمية نظام الـ (GPS) العالمي خلال الحرب الباردة بشكل كبير في القرن الماضي ويمكن تشخيص إستخدامات نظام الـ (GPS) العالمي في المجال العسكري بالوقت الحالي بالنقاط التالية :

1. الملاحة الجوية والبحرية والبرية للقطعات العسكرية المتحركة .
 2. تتبع الأهداف من أجل توجيه الأسلحة والقذائف .
 3. قيادة وتوجيه المقذوفات والصواريخ .
 4. البحث والإسعاف للوحدات والقطع المفقودة .
 5. الإستطلاع من قبل الدوريات الجوية والبحرية والبرية
 6. كشف وإستشعار وقياس الإشعاعات النووية الناتجة من التجارب النووية .
- وفي عام ١٩٨٠ بدأ الإستخدام المدني لنظام الـ (GPS) العالمي بصورة محدودة ثم زاد هذا الإستخدام بشكل أوسع بفضل الفوائد الكبيرة الذي يوفرها النظام بحيث فاق الإستخدام العسكري وتشمل الإستخدامات المدنية في القطاعات التالية :

1. الملاحة الجوية والبحرية والبرية بتحديد وتتبع وتوجيه الطائرات والسفن والسيارات والتعرف على السرعة وإتجاه الحركة والإحداثيات .
2. عمليات المسح من أجل رسم الخرائط الجغرافية بأنواعها وتحديد الحدود والملكية والمواقع .
3. الإغاثة في حالات الطوارئ وحوادث الكوارث والحوادث .
4. الحسابات الجولوجية لحركة الأرض .
5. توجيه مكائن الحراثة والحصاد ضمن المساحات الزراعية الواسعة .
6. تحديد أو تتبع أو توجيه الإنسان أو الحيوان .
7. الحركة نحو الفضاء .
8. إستثمار الموارد الطبيعية .
9. صيد الأسماك .
10. مراقبة وحماية البيئة .
11. الإتصالات .

المصادر والمراجع:

- Fundamentals of Global Positioning System Receivers pdf
- School of Geomatic Engineering The University of New South Wales
- Earth Science Basic concept of GPS htm
- Global Positioning System - Wikipedia, the free encyclopedia htm
- GPS htm
- GPS Introduction Ppt Presentation htm
- GPS Technology Overview htm
- GPS Guide pdf
- HowStuffWorks How GPS Phones Work htm
- Monitor for GPS pdf
- Trimble GPS Tutorial htm
- Welcome to GPS.gov htm
- كيف يعمل نظام تحديد المواقع الجغرافي htm
- GPS فكرة عمل نظام htm
- (GPS) كيف يعمل htm
- كيف يمكن تحديد المواقع htm
- ماهو نظام تحديد المواقع gps htm
- نظام تحديد المواقع الجغرافي الـ GPS وتطبيقاته htm
- نظام تحديد المواقع العالمي - ويكيبيديا، الموسوعة الحرة htm
- What is GPS pdf
- NAVSTAR GPS USER EQUIPMENT INTRODUCTION pdf
- GPS Primer pdf