الجمهوريـــــة العربيـــــة الســـوريـــــة

وزارة النقـــــــــــــــــــــــــــل

مديرية الدراسات والبحوث وشؤون البيئة

دراسة عن

نظام تحديد المواقع العالمي
GPS

الجمهوريـــــة العربيـــــة الســـوريـــة
وزارة النقـــــــــــــــــــــــــــل
مديرية الدراسات والبحوث وشؤون البيئة

دراســـــــة عـــن
نظـــام تحديـــد المواقـــــع العـــالمـــــي
GPS

إعـــــداد
م. شـيرين عسّـاف أمانـة السـر الفنيـة

إشـــــراف
د.م. خلدون كـرّاز مدير الدراسات والبحوث وشؤون البيئة

فهرس المحتويات

التقديم 5
ملخص الدراسة 6
مقدمة 7
الفصل الأول: الخطوط الرئيسية التي اتبعت لإنشاء GPS ومتطلبات العمل 8
1-1- الخطوط الرئيسية التي اتبعت لإنشاء GPS 8
1-2- متطلبات العمل بـ GPS 8
الفصل الثاني: أجزاء النظام 9
2-1- الجزء الفضائي 9
2-1-1- بعض الحقائق عن الأقمار الصناعية لنظام GPS 10
2-1-2- الدور الذي تقوم به الأقمار 10
2-2- جزء التحكم والسيطرة 11
2-2-1- المحطات المكونة لجزء التحكم والسيطرة 11
2-2-2- فكرة عمل جزء التحكم الأرضي 11
2-3- جزء المستخدمين للنظام 12
2-3-1- أنواع أجهزة GPS المستقبلة 12
2-3-2- أقسام جهاز GPS 12
2-3-3- المواصفات الفنية لجهاز GPS 12
2-3-4- ملحقات جهاز GPS 13
2-3-5- أجهزة GPS ثنائية التردد 13
2-3-6- الشركات المصنعة لأجهزة GPS 13
2-3-7- مصادر الخطأ في أجهزة GPS 14
الفصل الثالث: كيفية عمل المنظومة 16
3-1- تركيب إشارة GPS 16
3-1-1- الموجتان الحاملتان 16
3-1-2- تراميز تحديد البعد عن القمر 16
3-1-3- الرسالة الملاحية 16
3-2- أساسيات تحديد الإحداثيات على الأرض 17
3-2-1- الموقع 17
3-2-2- المسافة 17
الفصل الرابع: تقنيات نظام GPS
تقنية الملاحة GPS Navigation وتقنية التتبُّع GPS Tracking..... 18
4-1- مقارنة بين تقنية GPS للتتبُّع وتقنية GPS للملاحة 18
4-2- تقنية الملاحة GPS Navigation 18
4-3- تقنية التتبُّع GPS Tracking 18
4-3-1- أنواع مودم جهاز GPS للتتبُّع..... 18
4-3-2- مجالات تطبيق تقنية GPS للتتبُّع 19
4-3-3- طرق تطبيق تقنية GPS للتتبُّع..... 19
4-3-4- الخيارات المتاحة لتطبيق تقنية GPS للتتبُّع وفق آلية الزمن الحقيقي Real Time..... 19
4-3-5- فوائد استخدام تقنية GPS لتتبُع المركبات GPS Tracking Vehicle..... 20
الفصل الخامس: استخدامات نظام GPS 21
5-1- الاستخدام العسكري 21
5-2- الاستخدام المدني 21
5-2-1- تطبيقات نظام GPS في قطاع النقل 21
1. في مجال الطيران والملاحة الجوية 21
2. في مجال الملاحة البحرية 21
3. في مجال النقل البري 22

4. في مجال السكك الحديدية 23
5-2-2- تطبيقات GPS في القطاعات المدنيَّة الأخرى 24
الفصل السادس: نظام Galileo الأوروبي لتحديد المواقع
Galileo Positioning System 25
1-6- تعريف بالنظام..... 25
2-6- القرار.. التمويل.. الجدول الزمني 25
3-6- أجزاء النظام 26
1-3-6- الجزء الفضائي 26
2-3-6- جزء التحكم والمراقبة 27
3-3-6- جزء المستخدمين للنظام 27
4-6- الخدمات التي يقدمها نظام Galileo 27
5-6- التطبيقات 28
6-6- تعقيدات سياسية متشابكة 28
الفصل السابع: تطبيق نظام GPS على المركبات الطرقيَّة في سوريا 30
1-7- البيانات اللازمة لعمل النظام ضمن المدن السورية 30
2-7- البيانات اللازمة لعمل النظام على مستوى الطرقات العامة 30
3-7- المخاطر المحتملة التي تهدد نجاح تطبيق النظام على المركبات الطرقيَّة في سوريا..... 30
الخاتمة والتوصيات 31
المراجع 32
الاختصارات والمصطلحات 33

التـقـديـم

إذا ارتوت البلاد بفيض علم فجاهل أهلها يمسي قديرا

بعد الانتشار والاستخدام الواسع لشبكة الانترنت ومحركات البحث أصبح حقاً العالم قرية صغيرة كما يُقال. حيث يمكننا قراءة ما نريد وإرسال ما نريد من وإلى أي مكان على الكرة الأرضية متصل بشبكة الانترنت.

ومن خلال تقنية حديثة ومتطورة يمكننا رؤية الكرة الأرضية كما لو أنها الكرة الأرضية التي نضعها أمامنا على المكتب وعندما نحس بالملل أو يخطر ببالنا أن نرى موقع بلد ما نقوم بتدويرها لنرى كل ما نريد رؤيته على هذه الكرة.

إنه نظام يمكننا من رؤية وتتبع حركة سفينة فقدت توازنها وأصبحت خارج التغطية الملاحية البحرية. وما أجمل أن نراقب حركة السير بحيث نستطيع أن نسلك الطريق الأسهل والأقصر للمكان الذي نريد الوصول إليه قبل وأثناء قيادتنا للمركبة.

واستخدامات كثيرة وفوائد كثيرة جداً لهذا النظام العصري والمتطور جداً إنه نظام (G.P.S) Global Positioning System نظام تحديد المواقع العالمية.

هذا بالإضافة للاستخدامات العسكرية والتي سيعطيها هذا النظام قفزة نوعية بكل معنى الكلمة لاعتمادها على الدقة في تحديد المواقع بشكل أساسي والمراقبة الدائمة لتلك المواقع وتوجيه المعدات الحربية وغير ذلك .....

ونظراً لأهمية هذا النظام والفوائد التي نحققها من الاستخدام السلمي له وتسخيره لخدمة المجتمع وما ينعكس على ذلك من التطور والسرعة والدقة في تحديد المواقع وكل ما يرتبط بذلك كالسرعة في توجيه سيارات الإسعاف إلى موقع محدد عبر أقصر الطرق وبدقة عالية.

كم يساهم ذلك في إنقاذ حياة الكثيرين؟
نقدم هذه الدراسة المتواضعة حول هذا النظام المفيد حقاً لنتعرف على أهميته ومكوناته وآلية عمله واستخداماته.

عسى أن نوفق بذلك لما له فوائد للجميع

والله الموفق

دمشق في 12 / 12 / 2009

وزير النقل في الجمهورية العربية السورية

الدكتور المهندس: يعرب سليمان بدر

ملخص الدراســـة

يعتبر نظام تحديد المواقع العالمي GPS جزءاً هاماً من منظومة عمل الأقمار الصناعية في الوقت الراهن، وقد شاع مؤخراً استخدام هذا النظام في الكثير من دول العالم، وتعددت تطبيقاته العملية العسكرية منها والمدنية.

ففي عالمنا اليوم ومع تطور التكنولوجيا والعلوم التي جعلت من العالم قرية صغيرة أصبح الاختفاء عن الأنظار أمراً صعباً جداً وغدا الضياع في الأماكن التي لا وجود فيها لنقاط علاَّم بارزة مثل البحار والصحارى لا مكان له بوجود أجهزة تحديد المواقع والتتبُّع.

نتطرق في هذه الدراسة إلى تقديم معلومات مهمة عن نظام تحديد المواقع العالمي GPS، تبدأ بمعلومات عامة وتاريخية عن المنظومة في المقدمة، ثم أهم الخطوط الأساسية التي اتبعت من أجل إنشاء GPS والمتطلبات اللازمة من أجل العمل على هذه المنظومة في الفصل الأول من الدراسة.

يشرح الفصل الثاني أجزاء منظومة GPS الثلاثة وهي: *الجزء الفضائي* الذي يتكون من كافة الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض وتبث إشاراتها، ومن ثم *جزء التحكم والسيطرة* المتكوِّن من المحطات الأرضية الموضوعة عند خط الاستواء لتنفيذ مهمة تتبُّع الأقمار والتحكم بالجزء الفضائي *وأخيراً جزء المستخدمين للنظام* المتكون من مستقبلات إشارة GPS التي يستخدمها المستخدم.

يتطرق الفصل الثالث إلى كيفية عمل المنظومة ويتركز الحديث في هذا الفصل كنقطة أولى عن مكونات إشارة GPS المرسلة من الأقمار الصناعية والتي تلتقطها أجهزة GPS المستقبلة، ومن ثم الأساسيات التي يعتمد عليها جهاز GPS المستقبل للإشارة المرسلة من الأقمار الصناعية من أجل تحديد إحداثياته على الأرض.

يشرح الفصل الرابع التقنيتين اللتين تعتمدان على نظام GPS وهما تقنية الملاحة Navigation التي تستخدم للتوجيه وتقنية التتبُّع Tracking التي تستخدم للمراقبة. حيث يتناول هذا الفصل وبالتفصيل كل ما يتعلق بتقنية التتبُّع من أنواع المودمات المستخدمة لتحقيق هذا الغرض ومجالات وطرق تطبيق تقنية التتبُّع إلى الخيارات المتاحة لتطبيقها والفوائد المرجوة من تطبيق هذه التقنية، وحيث أنه قد شرحنا وبالتفصيل ما يتعلق بتقنية الملاحة في الفصل الثالث.

ويستعرض الفصل الخامس أهم التطبيقات العملية لمنظومة GPS في المجالين العسكري والمدني ونخص بالذكر بعض استخدامات المنظومة في قطاع النقل الجوي أو البحري أو السككي أو الطرقي.

ويتطرق الفصل السادس إلى النظام الأوروبي لتحديد المواقع Galileo، من حيث تعريف بالنظام وأجزائه، مراحل تنفيذه، أنواع الخدمات التي يقدمها، تطبيقاته وما واجه تنفيذ هذا النظام من تعقيدات سياسية.

ونتطرق في الفصل الأخير من الدراسة وهو الفصل السابع إلى استعراض بعض الأفكار عن تطبيق نظام GPS على المركبات الطرقيَّة في سوريا متضمنة البيانات اللازمة لعمل النظام ضمن المدن السورية والبيانات اللازمة لعمل النظام على مستوى الطرقات العامة ومن ثم المخاطر المحتملة التي تهدد نجاح تطبيق النظام.

مقـــدمـــــة

بدايةً كلمة GPS هي اختصار لـ Global Positioning System أي نظام تحديد المواقع العالمي. طُورت هذه المنظومة من قبل وزارة الدفاع الأمريكية عام 1973م، وبكلفة مقدارها (12) مليار دولار أمريكي، كان الهدف الأساسي من هذه الشبكة من الأقمار الصناعية هدفاً عسكرياً بحتاً ولكن في عام 1980م سمحت الحكومة الأمريكية بأن يكون هذا النظام متاحاً للاستخدامات المدنية.

يعمل هذا النظام تحت جميع أنواع الظروف الجوية وفي كل مكان في العالم وعلى مدار 24 ساعة في اليوم، ولا يجب الاشتراك من أجل الحصول على هذه الخدمة كما أنها مجانية.

الشكل (0-1) يوضح توزع الأقمار الصناعية على مداراتها حول الأرض

هناك أنظمة أقمار صناعية للملاحة غير GPS، وهم في مراحل مختلفة من التطوير ومنهم:

- Beidou: نظام إقليمي تطوره الصين ليصبح نظاماً عالمياً تسميه COMPASS.
- Galileo: نظام عالمي مقترح يشترك في تطويره الاتحاد الأوروبي مصحوباً بالصين، إسرائيل، الهند، المغرب، السعودية، كوريا الجنوبية وأوكرانيا. مخطط له أن يبدأ العمل في 2011-2012.
- GLONASS: النظام العالمي الروسي الذي يعاد تشغيله بالمشاركة مع الهند.
- IRNASS: نظام الأقمار الصناعية الملاحية الإقليمي الهندي.
- QZSS: نظام تقترحه اليابان، يضيف تغطية أفضل للجزر اليابانية.

الفصل الأول: الخطوط الرئيسية التي اتبعت لإنشاء GPS ومتطلبات العمل

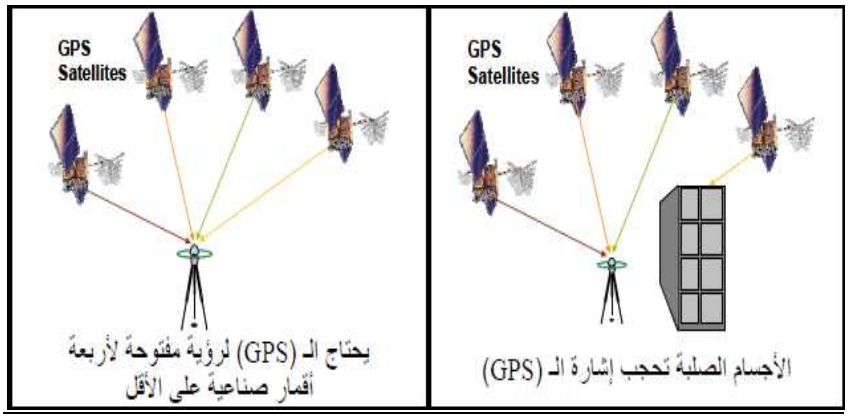
1-1- الخطوط الرئيسية التي اتبعت لإنشاء GPS:

فيما يلي نورد مجموعة الخطوط الرئيسية والمواصفات التي اتبعت عند إنشاء نظام GPS:

1. أن يكون مناسباً لكافة الوسائل سواء كانت جوية كالطائرات أو بحرية كالسفن أو برية كالسيارات أو فضائية كالأقمار الصناعية.
2. أن يساعد المستخدم على تحديد إحداثيات موضعه ثلاثية الأبعاد (3D): وهي خط الطول ودائرة العرض والارتفاع فوق سطح المجسم البيضاوي العالمي الممثل للكرة الأرضية، وسرعته والوقت سواء كان ساكناً أو متحركاً.
3. أن يساعد على تحديد الموضع في أي مكان في العالم بنظام إحداثيات عالمي واحد.
4. أن تكون دقته العليا محدودة لبعض الأفراد كالعسكريين وغير متاحة للمدنيين.
5. مقاوم لتشويش إشارته سواء كان التشويش متعمداً أو غير متعمد.
6. أن يوفر التكرارية في الحل (Redundancy) عن طريق توفير عدد من الأقمار الصناعية أكثر من المطلوب لتحديد المواقع بحيث لو حدث تعطل في أحد المكونات تقوم الأخرى بتغطيتها دون توقف النظام.
7. أن يكون الكشف بالنظام السلبي (Passive) بحيث لا يحتاج لإرسال إشارات من المستخدم للأقمار الصناعية حتى لا يكون ممكناً تحديد أماكن الأفراد العسكريين.
8. قادر على خدمة عدد غير محدود من المستخدمين بما فيهم المستخدمين المدنيين.

2-1- متطلبات العمل بنظام GPS:

لا نحتاج للعمل بنظام GPS سوى توفر المستقبل الخاص به، وأن يكون الهوائي الخاص بالاستقبال يستقبل إشارة مما لا يقل عن أربعة أقمار صناعية وهذا يتطلب اختيار مكان مناسب للرصد بحيث يتمكن الهوائي من التقاط تلك الإشارة.

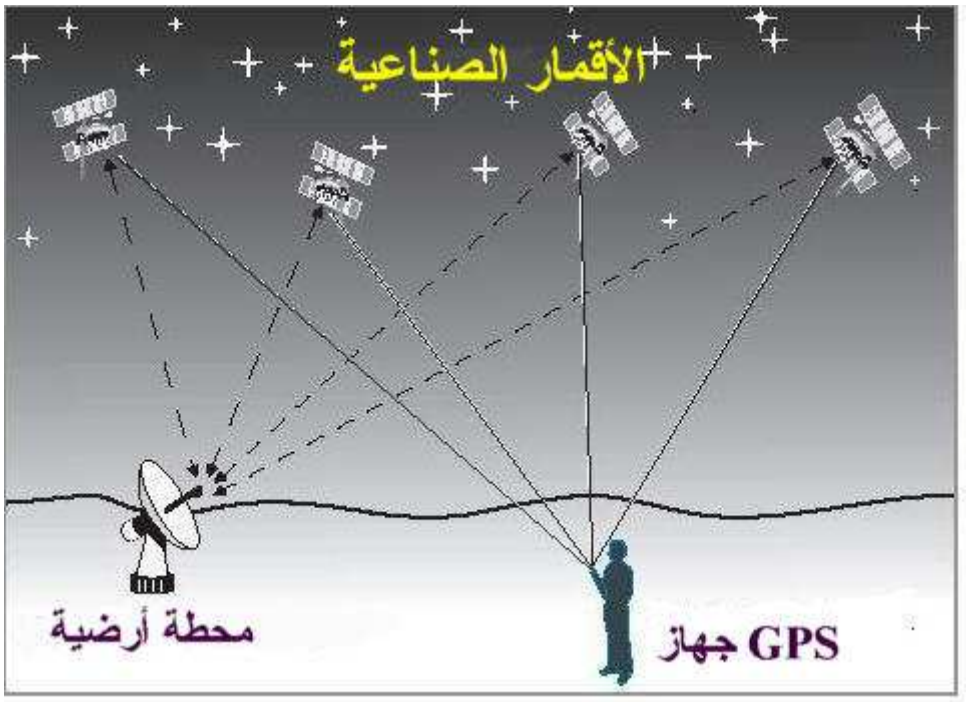


الشكل (1-1) يحتاج GPS لسماء مفتوحة للعمل

الفصل الثاني: أجزاء النظام

يتكون نظام GPS من ثلاثة أقسام رئيسية:

1. الجزء الفضائي (Space Segment)
2. جزء التحكم والسيطرة (Control Segment)
3. جزء المستخدمين للنظام (User Segment)



الشكل (2-1) مكونات نظام GPS

2-1- الجزء الفضائي:

مجموعة من الأقمار الاصطناعية (عددها 24 قمراً) موزعة في (6) مدارات وكل مدار يحتوي (4) أقمار صناعية. وقد تم ترتيب المدارات بحيث يمكن مشاهدة 4 أقمار صناعية في السماء بآن واحد في أي وقت ومن أي نقطة على سطح الأرض. بالتجربة وجد أنه في أي مكان لا يوجد فيه عوائق على الأرض يتراوح عدد الأقمار التي يراها المستخدم ما بين 6 إلى 10 أقمار طوال اليوم.

يدور كل قمر دورة كاملة كل (12) ساعة ترتفع عن سطح الأرض (20200) كم ويسير في سرعة ثابتة مقدارها (4) كم/ثا، ويوجد على كل قمر صاروخ صغير من أجل أن يسيّر القمر في طريقة الصحيح.

وترسل الأقمار إشاراتها على ترددين من النطاق الترددي (L) ، حددهما الاتحاد الدولي للاتصالات International Telecommunications Union وهما:

1. التردد الأول L1: 1575.42 ميجا هرتز .
2. التردد الثاني L2: 1227.6 ميجا هرتز.

يوفر نظام GPS نوعين من الخدمة:

- خدمة تحديد المواقع الأصلية Standard Positioning Service (SPS)، وتعمل على التردد الأول، وتوفر هذه الخدمة البيانات للمستخدمين دون أي تكلفة.
- خدمة تحديد المواقع الدقيقة Precise Positioning Service (PPS)، مصرَّح بها للجيش الأمريكي وحلفائه، تستعمل نظام الشفرة السرية، وتعمل على الترددين: الأول والثاني.

تعمل هذه الأقمار على الطاقة الشمسية كما أنها مزودة ببطاريات قابلة للشحن من أجل ضمان استمرار عملها في حالة انعدام الطاقة الشمسية.

الشكل (2-2) شكل للقمر الصناعي في نظام GPS

2-1-1- بعض الحقائق عن الأقمار الصناعية لنظام GPS:

نورد فيما يلي ذكر لبعض الحقائق الخاصة بالأقمار الصناعية التابعة لنظام GPS:

1. أول قمر صناعي أطلق كان في عام 1978م.
2. تم الانتهاء من إطلاق جميع الأقمار وعددها 24 قمراً في عام 1994م.
3. العمر الافتراضي لكل قمر هو عشر سنوات. علماً بأن البدائل لهذه الأقمار أطلقت في مداراتها.
4. يزن القمر الصناعي ما يقارب الطن الواحد، وقطره 6 أمتار تقريباً بما في ذلك شرائح الطاقة الشمسية الممتدة على جانبي القمر.
5. يستهلك القمر فقط 50 وات أو أقل من الطاقة في حالة الإرسال.
6. هذه الأقمار الصناعية تبث نوعين من الإشارات المنخفضة L1 و L2.

2-1-2- الدور الذي تقوم به الأقمار:

تتركز وظيفة الأقمار الصناعية التابعة لنظام GPS فيما يلي:

1. استقبال وتخزين البيانات التي ترسلها محطات جزء التحكم.
2. المحافظة على دقة الوقت باستخدام العديد من الساعات الذرية المحملة على متنها.
3. بث إشارة للمستخدم من خلال مرسلات الإشارة الموجودة على متنها.
4. لتمييز كل قمر عن الآخر اصطلح على استخدام ما يسمى برقم (PRN اختصاراً لـ Pseudo Random Noise) ويسجل على الرسالة التي يرسلها القمر.

2-2- جزء التحكم والسيطرة:

يتكون هذا الجزء من كل الوسائل المطلوبة للوقوف على مدى صلاحية إشارة الأقمار الصناعية والاتصال عن بعد بهذه الأقمار وتتبُّع مساراتها وحساب مواقعها وتصحيح الساعات المحملة عليها والتحكم فيها.

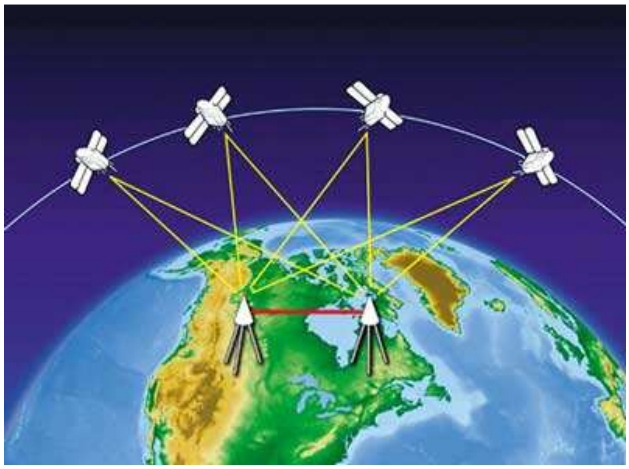
2-2-1- المحطات المُكونة لجزء التحكم والسيطرة:

يتكوَّن جزء التحكم والسيطرة من محطات أرضية موضوعة عند خط الاستواء وهي:

1. وحدة تحكم رئيسية موجودة بقاعدة القوات الجوية بفالكون بجوار (Colorado Spring) ومزودة بمحطة تتبُّع أقمار صناعية.
2. أربع محطات تتبُّع أقمار صناعية أخرى موجودة في: جزر هاواي (Hawaii) وجزيرة كواجالين (Kwajalein) في المحيط الهادي، جزيرة اسنسيون (Ascension Island) في المحيط الأطلنطي، وجزيرة دياجو جارسيا (Diego Garcia) في المحيط الهندي. جميع نقط التتبُّع الأرضية لديها ساعات ذرية دقيقة ومستقبلات عسكرية دقيقة ترصد باستمرار إشارات كل الأقمار في مجال رؤيتها.
3. أربع محطات اتصال أرضية موجودة في نقط التتبُّع في:
   (Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia, Colorado Spring)

2-2-2- فكرة عمل جزء التحكم الأرضي:

- تقوم نقط التتبُّع الأرضي بتتبُّع إشارات كل الأقمار الصناعية المتاحة في مجال رؤيتها كل 1.5 ثانية وباستخدام بيانات طبقة الأيونوسفير الجوية المتأنية وبيانات الأرصاد الجوية التي تجمع كل 15 دقيقة وتنقل إلى محطة التحكم الأرضية الرئيسية عبر وصلات اتصال أرضية.



الشكل (2-3)الاتصال بين المحطات الأرضية والأقمار الصناعية

- تقوم محطة التحكم الأرضية الرئيسية بالعديد من المهام المهمة منها:
  - تجميع البيانات التي ترسل إليها من محطات التتبُّع الأرضية.
  - رصد حركة الأقمار وتحديد مدار كل قمر (أي حساب إحداثيات موضعه) وحساب بيانات مداره ثم إرسالها إلى كل قمر على حده.
  - الوقوف على حالة ساعات كل الأقمار الصناعية وتوقع أدائها ومعرفة مقدار انحرافها عن الوقت الصحيح.
  - تصحيح الخطأ والانحراف في ساعات الأقمار الصناعية.

- تقوم محطات الاتصال الأرضية بإرسال واستقبال البيانات من وإلى الأقمار الصناعية باستخدام ترددات (S-band) فتقوم الأقمار الصناعية بتحديث مواضعها في مدارها وضبط ساعاتها ثم ترسل هذه البيانات في إشاراتها إلى المستخدم من خلال ترددات (L-band).

تستطيع محطات الاتصال الأرضية رؤية كل قمر من الأقمار مرة واحدة على الأقل يومياً. في حالة حدوث خلل ما في المحطات الأرضية فإنه يمكن استخدام رسائل ملاحية مخزنة مسبقاً في كل قمر لمدة 14 يوماً، لكن هذا سيئ من حيث مستوى الدقة كلما تقدم الزمن.

2-3- جزء المستخدمين للنظام:

يتكون جزء المستخدمين من جهاز (GPS) ومهمة هذا الجهاز استقبال الإشارة من مجموعة الأقمار الصناعية.

2-3-1- أنواع أجهزة GPS المستقبلة:

هناك 3 مجموعات أساسية لأجهزة GPS تختلف تبعاً للهدف من الاستخدام ومستوى دقة الإحداثيات المطلوب تحديدها:

a) الأجهزة المحمولة يدوياً أو الملاحيَّة Hand-Held or Navigation Receivers ودقتها أقل من 10 أمتار تقريباً.
b) الأجهزة الهندسية أو الجيوديزية Geodetic Receivers ودقتها عدة سنتيمترات.
c) الفئة الجديدة لأجهزة GPS المخصصة لنظم المعلومات الجغرافية GPS For GIS ودقتها أقل من متر واحد، هذه المجموعة من الأجهزة تعتمد على فكرة أن معظم تطبيقات هذه التقنية لا تحتاج لدقة السنتمترات، وتسمى أيضاً أجهزة الجيل الثالث.

2-3-2- أقسام جهاز GPS:

يتكون مستقبل GPS من قسمين أساسيين:

1- مستقبل جيوديزي.
2- مستقبل هوائي.

2-3-3- المواصفات الفنية لجهاز GPS:

تشمل المواصفات الفنية لجهاز GPS المستقبل ما يلي:

- جهاز قياس الإحداثيات الجغرافية عبر الأقمار الصناعية ذات التقنية الخاصة بتنقية الإشارات والتشويش أوتوماتيكياً.
- الجهاز ثنائي التردد مع خاصية RTK و جهاز الراديو.
- عدد القنوات لا تقل عن 24 قناة.
- دقة الجهاز تصل إلى 0.5 pmm + 5 mm.
- يستقبل الترددات :
  - (C/A code L1).
  - (Phase code L2).
- شاشة كبيرة لإظهار البيانات والمعلومات وإرشادات تشغيل برامج الجهاز.
- مزود بلوحتي مفاتيح أبجدية + رقمية Alphanumeric Keyboard.
- إمكانية رسم البيانات على الشاشة Graphic display.

- مزود بكارت تسجيل 128 MB.
- زمن بداية الرصد لا يزيد عن 50 ثانية.
- يتحمل الجهاز العمل والتخزين في ظروف قاسية ودرجات حرارة متغيرة (-40 حتى +65).
- مسافة عمل RTK لا تقل عن 30 كم.
- مقاوم للصدمات والمياه.

2-3-4- ملحقات جهازGPS:

عادةً يُلحق بجهاز GPS المستقبل ما يلي:

- حامل ثلاثي للهوائي (خاص بـ GPS).
- كابل توصيل المستقبل بالهوائي.
- كابل توصيل المستقبل بالبطارية الخارجية.
- شاحن للبطارية يعمل على تيار 110/ 220 فولت وقابل للعمل على بطارية السيارة.
- كابل نقل المعلومات للحاسب الآلي، و متر قياس.
- حقيبة حافظة للمستقبل وملحقاته تمتص الصدمات وضد الماء.
- كتيبات التشغيل للمستقبل.
- حقيبة ظهر فسفورية (عاكسة للضوء) لحمل المستقبل في حالة العمل RTK.
- بطاريتين كبيرتين (تعمل لمدة لا تقل عن 6 ساعات رصد متواصلة)، بطاريتين متوسطتين.
- قارئ كارت التسجيل (لأجهزة الـ PC).

2-3-5- أجهزة GPS ثنائية التردد:

ذكرنا أن الأقمار الصناعية تبث إشاراتها على الترددين L1 and L2، وعلى التردد الأول توجد شيفرة معلومات مدنية اسمها C/A Code (وهي ما نستخدمها في تحديد المواقع أو الإحداثيات) وشيفرة معلومات عسكرية اسمها P-Code بينما كان التردد الثاني مخصص للشيفرة العسكرية فقط.

وطبعاً لم تكن أجهزة الاستقبال المدنية Civil Receivers قادرة على فك الشيفرة العسكرية، كما أن التعامل مع تردد واحد فقط من الترددين كان يقلل جداً من الدقة المتوقعة في حساب المواقع أو الإحداثيات. بعد ذلك استطاع العلماء التوصل إلى طريقة معينة (دون الدخول في تفاصيلها الفنية) للاستفادة من التردد الثاني (الموجود به الشيفرة العسكرية P-Code) دون فك هذه الشيفرة. وبذلك كانت أجهزة GPS الهندسية تستطيع تتبع كلا الترددين حتى تزداد الدقة المتوقعة لتحديد المواقع، ومن هنا كانت هذه الأجهزة تسمي الأجهزة ثنائية التردد Dual-Frequency Receivers.

2-3-6- الشركات المصنعة لأجهزة GPS:

توجد المئات من الشركات المصنعة لأجهزة GPS الملاحيَّة، بينما توجد حوالي عشر شركات لتصنيع أجهزة GPS الهندسية أشهرها:

a. Garmin : شركة ألمانية.
b. Magellan : شركة أمريكية.
c. Sony
d. Trimble Navigation

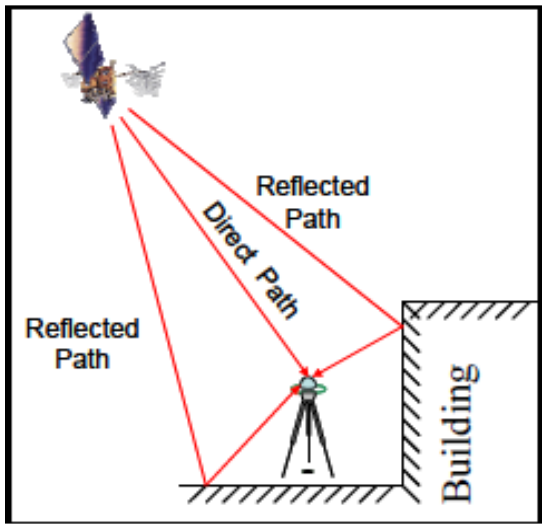
بينما توجد أقل من عشر شركات فقط لتصنيع وتطوير أجهزة GPS/GIS.

2-3-7- مصادر الخطأ في أجهزة GPS:

في السنوات الأخيرة أصبحت أجهزة GPS دقيقة جداً بشكل فائق حتى أن معدل نسبة الخطأ انخفض إلى أقل من 10 أمتار تقريباً وذلك بفضل تطور برامج والقطع المستقبلة داخل الجهاز، على أن الأمر لا يخلو من بعض العوائق التي تؤثر على دقة أجهزة GPS.

ولعل أهم مصادر الخطأ في هذا المجال ما يلي:

1. خطأ ناتج عن مرور إشارة (GPS) في الغلاف الجوي (الأيونوسفير والتروبوسفير): تنتقل إشارة (GPS) عبر الفراغ الخارجي من القمر الصناعي حتى بداية الغلاف الجوي ثم تعبر الغلاف الجوي حتى تصل إلى المستقبل. أثناء عبور الإشارة بالغلاف الجوي تتعرض لنوع من التأخير بشكل عشوائي ولا يمكن اعتباره كقيمة ثابتة، هذا التغيير في السرعة يتسبب بخطأ في حساب المسافة بين القمر الصناعي والمستقبل وبالتالي خطأ في الإحداثيات المحسوبة.
   a. يمكن التخلص من تأثير طبقة الأيونوسفير عن طريق استخدام ما يسمى بالمستقبلات ثنائية التردد (Dual Frequency).
   b. بينما لا يمكن التخلص من تأثير طبقة التروبوسفير.
2. خطأ تعدد المسارات Multipath: وهو خطأ أساسي وكبير ينتج من التشويش الذي يحدث نتيجة وصول إشارة (GPS) إلى هوائي الاستقبال من عدة مسارات إحداها مباشر من القمر الصناعي حتى الهوائي والباقي منعكس من الأرض أو من أسطح العوائق المجاورة مثل المباني قبل وصولها إلى الهوائي. تقطع الإشارة المنعكسة مسافة أكبر من تلك التي تقطعها الإشارة المباشرة وبالتالي تعطي مسافة بين القمر الصناعي والمستقبل أكبر مما يزيد الخطأ الناتج في حساب موضع المستقبل.



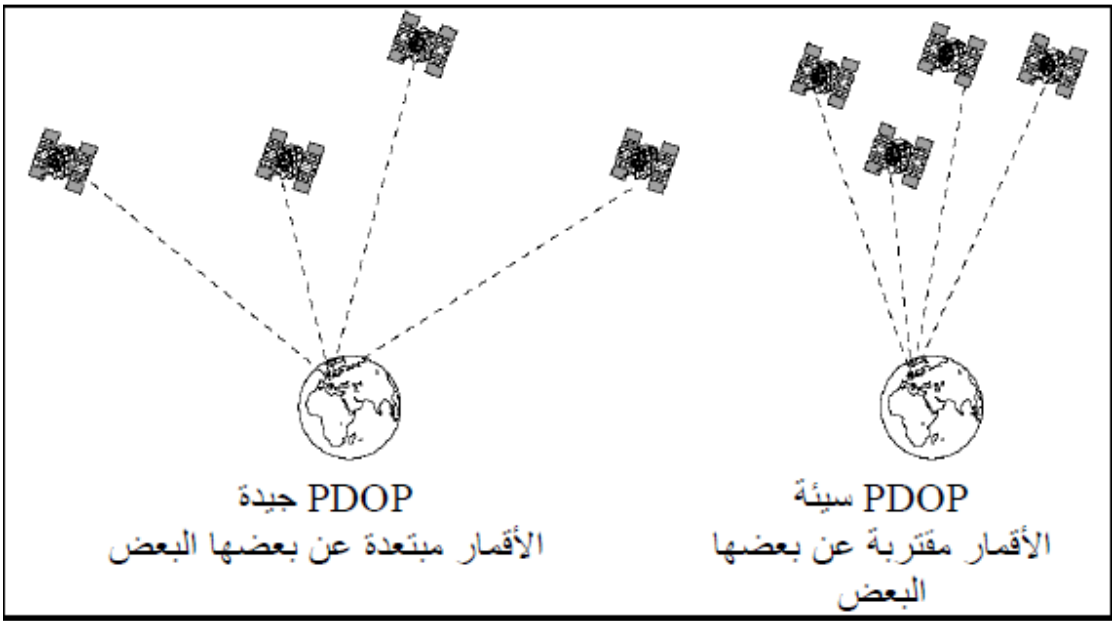
الشكل (2-4) خطأ تعدد المسارات

من أجل التخلص من تأثير خطأ تعدد المسارات ينصح بما يلي:

a. اختيار مكان الرصد بعيداً عن العوائق التي يمكن أن تعكس الإشارة.
b. الرصد لفترات طويلة للتحقق من تغيير هندسية الأقمار.
c. يمكن حساب قيمة خطأ تعدد المسارات باستخدام مستقبلات ثنائية التردد.
d. اختيار زوايا حجب لمنع تجميع البيانات من الأقمار المنخفضة الارتفاع فوق الأفق إذ أنها تكون أكثر عرضة لتعدد المسارات من تلك العالية الارتفاع فوق الأفق.

e. اختيار هوائي استقبال يتصف بما يلي:
- له القدرة على استبعاد الإشارة المستقطبة باتجاه اليد اليسرى.
- مزود بمستوي أرضي معدني ماص للتردد الدائري يمتص كل الإشارات المنعكسة من ارتفاع تحت مستوي الهوائي.
- استخدام ما يسمى هوائي استقبال Choke-Ring وهو مكون من أربعة أو خمسة حلقات دائرية حول الهوائي وبالتالي يحجب أي إشارة غير مباشرة.

3. خطأ التشويش المتعمد (Selective Availability: SA) تم إيقافه في 2 أيار عام 2000 م: وهو تقليل متعمد لدقة الإشارة المدنية عن طريق إرسال رسالة ملاحيَّة فيها خطأ أو بيانات خاطئة لسعة القمر والسبب الرئيسي الذي دفع وزارة الدفاع الأمريكية لاستخدامه هو منع المدنيين والقوات الأجنبية المعادية من الوصول للدقة الكاملة لنظام (GPS). تم استخدام هذا الخطأ عام 1991م وتم إيقاف العمل بهذا الخطأ عام 2000 م بقرار من رئيس الولايات المتحدة الأمريكية لتتحسن دقة GPS إلى عشرة أضعاف مما كانت عليه.
4. خطأ ضد التجسس(Anti Spoofing): تم استخدامه لأول مرة عام 1994 م، تأثيره مناظر لتأثير الخطأ SA في أنه يمنع المدنيين والقوى المعادية من استخدام الكود العسكري P-CODE المحمل على الموجتين (L1,L2). ولا يستطيع التخلص من تأثيره إلا أشخاص معينين مثل القوات المسلحة المزودة بمستقبل قادر على فك شيفرته.
5. تمييع الدقة (DOP): وهي قيمة هندسية قياسية (ليس لها واحدات) تعتمد على الوضع النسبي بين موضع المستخدم وموضع الأقمار المختارة أثناء الرصد ولا تعتمد على جودة الإشارة المرسلة وهي تستخدم كمقياس لجودة الأرصاد فمثلاً تسوء دقة الإحداثي المحسوب من 4 أقمار صناعية فيما لو اقتربت هذه الأقمار من بعضها.



الشكل (2-5) يوضح تأثير مكان الرصد على الدقة

الفصل الثالث: كيفية عمل المنظومة

تدور الأقمار حول الكرة الأرضية في مدارات محددة ودقيقة جداً مرتين في اليوم الواحد (24 ساعة) وخلال دورانها تبث إشارات تحمل معلومات إلى الأرض. جهاز الاستقبال (جهاز GPS) يستقبل هذه المعلومات ويعمل بعض العلميات الحسابية ليحدد بالضبط موقع المستخدم. تستقبل المحطات الأرضية هذه المعلومات أيضاً من القمر الصناعي وعلى أساسها تقوم هذه المحطات بتزويد القمر بمعلومات مهمة من أجل أن يعمل على الوجه الأفضل مثل التوقيت والمدار والموقع .. وهذا يعني أن الاتصال مزدوج بين المحطات الأرضية والأقمار الصناعية.

ملاحظة هامة: الاتصال بين الأقمار الصناعية والمحطات الأرضية ثنائي الاتجاه بينما الاتصال بين الأقمار ومستقبل GPS أحادي الاتجاه.

3-1- تركيب إشارة GPS:

تتكون إشارة الأقمار الصناعية الخاصة بـ GPS من المكونات التالية:

1. موجتان حاملتان ذات تردد داخل حزمة L-Band يرمز لهما بـ (L1,L2).
2. ترميزان لتحديد المسافة بين المستقبل والقمر يحملان على الموجتين الحاملتين يرمز لهما بـ (C/A Code, P-Code).
3. رسالة ملاحية يرمز لها بـ (NAV Data).

3-1-1- الموجتان الحاملتان Carrier Wave Signals:

وهما أساس إشارة GPS وترددهما داخل حزمة L-Band من الطيف الكهرومغناطيسي. تبث كل أقمار GPS الموجتين الحاملتين بنفس التردد. إن هاتين الإشارتين موجهتان بشكل عالي وقادرتان على الانتقال عبر طبقات الغلاف الجوي لمسافات كبيرة، ومعرضتان للانعكاس والحجب بواسطة الأجسام الصلبة.

3-1-2- تراميز تحديد البعد عن القمر:

كل قمر له ترميز خاص به يختلف عن بقية الأقمار، تسمى هذه التراميز بتراميز تحديد البعد عن القمر لأنها تستخدم في رصد المسافة بين القمر والمستقبل عن طريق الزمن اللازم لانتقال الإشارة من القمر للمستقبل. تتميز هذه التراميز بخصائص الضوضاء العشوائية لكنها في الواقع عبارة عن تراميز ثنائية Binary تتولد بمعادلات رياضية ولذلك تسمى بـ Pseudo Random Noise واختصاراً PRN، وتنقسم هذه التراميز إلى نوعين هما:

1. الرمز C/A: وهو يحمل على الموجة الحاملة L1 ومخطط لتحميله على الموجة الحاملة L2، وهو عبارة عن تتابع 1023 رمز ثنائي، ويختلف هذا الرمز من قمر إلى آخر.
2. الرمز P: وهو يحمل على الموجتين الحاملتين، يحمل على الموجة الحاملة L1 بإزاحة 90° عن الرمز C/A. يعتبر هذا الرمز معقد كما أنَّ تردده يساوي عشرة أضعاف الرمز C/A لذا فهو أدق من الرمز C/A حتى عشرة مرات وهذا ما جعله يستخدم للأغراض العسكرية.

3-1-3- الرسالة الملاحية:

وهي سلسلة من البيانات تُبَث بمعدل (50 bps) وتحتوي على كافة البيانات الملاحية التي ترسلها محطة التحكم الأرضي إلى الأقمار الصناعية مثل:

- بيانات مدارية دقيقة للقمر الصناعي (تسمى Ephemeris).

- بيانات مدارية تقريبية لكل الأقمار الصناعية (تسمى Almanac).
- تصحيحات ساعة القمر الصناعي.
- معلومات عن حالة القمر الصناعي.
- عوامل تصحيح طبقة الأيونوسفير المتأنية.
- أوامر التحكم.

3-2- أساسيات تحديد الإحداثيات على الأرض:

الفكرة الأساسية تكمن في استخدام الأقمار الصناعية في الفضاء كنقطة معلومة الإحداثيات لتحديد الإحداثيات على الأرض.

ينبغي على جهاز الاستقبال (جهاز GPS) أن يعرف شيئين أساسيين ومهمين:

1. أين تقع هذه الأقمار الصناعية ؟ الموقع
2. كم تبعد هذه الأقمار عن الجهاز ؟ المسافة

3-2-1- الموقع:

يستطيع الجهاز المستقبل تحديد الموقع من خلال المعلومات الملتقطة من القمر الصناعي والموجودة ضمن الرسالة الملاحية - كما لاحظنا في الفقرة السابقة- ، هذه المعلومات يرسلها القمر باستمرار ويخزنها الجهاز المستقبل في ذاكرته كما تُحدَّث بشكل مستمر من المحطات الأرضية.

3-2-2- المسافة:

بعد أن قام المستقبل بتحديد مواقع الأقمار في الفضاء بدقة، يستطيع الآن أن يحدد كم تبعد عنه هذه الأقمار وذلك عن طريق حساب إيجاد حاصل الضرب بين الفترة الزمنية التي تستغرقها إشارة GPS للانتقال من القمر الصناعي إلى موقع المستقبل وبين سرعة الضوء:

بعد القمر عن موقع المستقبل = زمن انتقال الإشارة من القمر للمستقبل × سرعة الضوء

معرفة المسافة لقمر واحد مازالت غير كافية لحساب موقع المستقبل ثلاثي الأبعاد، لذلك يحتاج المستقبل إلى 4 رصدات لأربع أقمار مختلفة كي يستطيع تحديد موقعه بدقة.

ملاحظة: تكفي ثلاثة أقمار لتحديد الموقع (خط الطول، دائرة العرض والارتفاع)، وإنما الزيادة في عدد الأقمار هو لزيادة الدقة.

الشكل (3-1) تقاطع الأسطح الكروية التي مركز كل منها أحد الأقمار الصناعية الثالثة مع سطح الأرض يعطي نقطة هي المكان الموجود فيه جهاز GPS المستقبل

الفصل الرابع: تقنيات نظام GPS
تقنية الملاحة GPS Navigation وتقنية التتبُّع GPS Tracking

4-1- مقارنة بين تقنية GPS للتتبُّع وتقنية GPS للملاحة:

إنَّ كلاً من التقنيتين تستفيد من الإشارات المرسلة من أقمار منظومة GPS التي تدور حول الأرض. وكلاً منهما لها استخداماتها وأهدافها، فبينما يكثر استخدام تقنية GPS للملاحة من قبل سائقي المركبات بهدف معرفة موقعهم الحالي إضافة إلى إرشادهم إلى الوجهة الصحيحة وغير ذلك من المعلومات المفيدة، فإنه يكثر استخدام تقنية GPS للتتبُّع بشكل خاص من قبل شركات النقل والشحن بهدف متابعة ومراقبة المركبات التابعة لأسطولها أو قد تُستخدم هذه التقنية في حالات التتبُّع الشخصي.

يمكن القول أن تقنية GPS للملاحة تجيب على السؤال التالي: "أين أنا؟" "Where am I?"، بينما تجيب تقنية GPS للتتبُّع على السؤال التالي: "أين أنت؟" "Where are you?".

4-2- تقنية الملاحة GPS Navigation:

إنَّ جهاز GPS للملاحة (جهاز GPS الذي يؤدي وظيفة الملاحة Navigation) هو عبارة عن مستقبل GPS الذي يقوم باستقبال الإشارات المرسلة من أقمار GPS الصناعية ومن ثم إجراء الحسابات اللازمة لتحديد إحداثيات الموقع على الأرض. ومن ثم باستخدام البرمجيات اللازمة يقوم بإظهار الإحداثيات كنقاط على شاشة الجهاز. ولا تقتصر المعلومات التي يستطيع جهاز GPS للملاحة تحصيلها على إحداثيات الموقع فحسب، وإنما يمكنه أيضاً تحصيل معلومات أخرى مثل الطريق، الاتجاه والسرعة.

- وقد تحدثنا بالتفصيل عن أجهزة GPS المستقبلة في الفقرة الثالثة من الفصل الثاني- .

4-3- تقنية التتبُّع GPS Tracking:

يتألف أي جهاز GPS للتتبُّع (جهاز GPS الذي يؤدي وظيفة التتبُّع Tracking) من قسمين هما:

1. جهاز GPS للملاحة أي مستقبل GPS.
2. مودم هاتف خلوي (يستخدم شبكة هواتف خلوية) أو مودم لاسلكي فضائي (يستخدم شبكة أقمار صناعية) يسمح بإرسال المعلومات المحصَّلة بواسطة جهاز GPS إلى الجهة التي تريد الحصول على هذه المعلومات.

4-3-1- أنواع مودم جهاز GPS للتتبُّع:

يمكن أن يكون المودم المركب على جهاز GPS للتتبُّع من أحد النوعين التاليين:

1. مودم هاتف خلوي Cell Phone Modem: ويستخدم شبكة هواتف خلوية من أجل إرسال المعلومات المحصلة من قبل جهاز GPS.
2. مودم فضائي Satellite Modem: ويستخدم شبكة أقمار صناعية للاتصالات (تختلف عن شبكة أقمار GPS) من أجل إرسال المعلومات المحصلة من جهاز GPS. إن أجهزة GPS للتتبُّع المجهزة بهذا النوع من المودمات يمكنها العمل في أي مكان في العالم، لكنها بالمقابل أجهزة أكثر تعقيداً وأكبر حجماً من أجهزة GPS للتتبُّع بمودمات الأجهزة الخلوية، إضافةً إلى أنها أغلى ثمناً.

4-3-2- مجالات تطبيق تقنية GPS للتتبُّع:

نميز الحالتين التاليتين بشكل بارز في تطبيقات تقنية GPS للتتبُّع:

1. تقنية GPS لتتبُّع المركبات GPS Vehicle Tracking: وتطبق هذه التقنية في قطاع النقل من أجل تتبُّع جميع أنواع المركبات من: سيارات، شاحنات، مقطورات، عربات سكك حديدية، حاويات ، وقوارب.
2. تقنية GPS للتتبُّع الشخصي GPS Personal Tracking: وتطبق من أجل تتبُّع الأشخاص إما بهدف حمايتهم وأمنهم مثل: الأطفال، كبار السن، فاقدي الذاكرة أو ذوي الاحتياجات الخاصة، وكذلك من أجل الموظفين والأشخاص المهمين. أو بهدف متابعة ومراقبة تحركات أشخاص معيَّنين مثل المساجين.

4-3-3- طرق تطبيق تقنية GPS للتتبُّع:

يوجد آليتين لتطبيق تقنية GPS للتتبُّع:

1. الأولى، وتسمى التتبُّع السلبي أو غير الفعال (Passive Systems): في هذه الطريقة يتم تخزين المعلومات المحصلة على ذاكرة داخلية، ويتمكن فقط الشخص الذي يملك وحدة الذاكرة من الاطلاع على تلك المعلومات بعد الحصول على وحدة الذاكرة.
2. الثانية، وتسمى التتبُّع في الزمن الحقيقي (Real Time System): في هذه الطريقة يتم إرسال المعلومات المحصَّلة إلى الجهة المعنية عبر شبكة الهاتف الخلوية أو عبر شبكة أقمار صناعية للاتصالات، وذلك بشكل آني أو خلال فترات زمنية محددة.

4-3-4- الخيارات المتاحة لتطبيق تقنية GPS للتتبُّع وفق آلية الزمن الحقيقي Real Time:

إذا أرادت جهة معينة أن تطبق تقنية GPS للتتبُّع وفق آلية الحصول على المعلومات آنياً أو خلال فترات زمنية محددة، فإنها أمام أحد الخيارات التالية:

1. برمجة المودم مثل الهاتف الخلوي بحيث يكون قادر على إرسال رسائل SMS نصية قصيرة، وأن يكون لهذا المودم رقم خاص به. عندما تتصل الجهة المعنية من هاتف خلوي على الرقم الخاص بالمودم المركب على جهاز GPS، يجيب المودم على المكالمة برسالة نصية قصيرة تحتوي على إحداثيات موقع الجهاز. الفائدة من هذا الخيار: أنَّ الجهة المطبقة له لا تحتاج إلى مزود خدمة ولا إلى دفع رسوم شهرية. لكنها بالمقابل تحتاج إلى ترجمة الإحداثيات التي تصل برسائل SMS إلى ما هو هادف بشكل أكبر، على سبيل المثال: موقع على خريطة.
2. برمجة المودم مثل الهاتف الخلوي بحيث يكون قادر على إرسال رسائل SMS نصية قصيرة، وأن يكون لهذا المودم نفس رقم الهاتف الخلوي الذي ستستخدمه الجهة المعنية في الاتصال على جهاز GPS. ويقوم هذا المودم بإرسال رسائل SMS تحتوي على إحداثيات موقع جهاز GPS المركب عليه وذلك كل فترة زمنية محددة (x دقيقة أو ساعة). يمكن أيضاً تغيير المجال الزمني السابق "عبر الأثير" وذلك من خلال الاتصال بالمودم وتغيير بعض الإعدادات. لهذا الخيار نفس فوائد وسلبيات الخيار السابق.
3. أحد الخيارين السابقين مع تثبيت خرائط وبرمجيات مناسبة على الجهاز الخلوي الذي تستخدمه الجهة المعنية في الاتصال على جهاز GPS، تقوم هذه البرمجيات بترجمة رسائل SMS التي يرسلها المودم إلى موقع على الخريطة على شاشة الجهاز الخلوي. لهذا الخيار نفس فائدة الخيارين السابقين ويحل سلبيتهما، إلا أنَّ الجهة المعنية تحتاج لشراء الخرائط والبرمجيات اللازمة.

4. برمجة المودم بحيث يرسل معلومات موقع جهاز GPS المركب عليه كل فترة زمنية محددة إلى مخدِّم يقوم بإظهار الموقع الحالي والمواقع السابقة على خريطة يمكن مشاهدتها على شاشة أي حاسب أو جهاز خلوي متصل بالمخدِّم بواسطة شبكة الإنترنت. هنا يمكن للجهة المعنية تتبُّع أي جهاز GPS للتتبُّع من أي مكان في العالم دون أن تستخدم هاتف خلوي في استقبال رسائل SMS من المودم المركب على الجهاز. لكن بالمقابل يجب على الجهة المعنية الاشتراك بمزود خدمة يقدم هذه الإمكانيات، ويتم عادةً دفع أجوراً شهرية لهذه الخدمة. إضافةً إلى أن المودم يحتاج أيضاً إلى اتصال دائم مع شبكة خلوية وبالتالي إلى دفع أجوراً شهرية لهذا الاتصال أيضاً.
5. نرى هذه الأيام المزيد والمزيد من أجهزة الخلوي المجهزة بمستقبلات GPS، هذه الهواتف يمكن أن تستخدم على نحو تام كأجهزة GPS للتتبُّع.

4-3-5- فوائد استخدام تقنية GPS لتتبُع المركبات GPS Tracking Vehicle:

يمكن الوصول إلى الفوائد التالية عند تطبيق تقنية GPS لتتبُّع المركبات:

1. تخفيض تكاليف الوقود.
2. تحسين الإنتاجية.
3. رصد سرعة المركبة.
4. تقديم خدمة أفضل للعملاء.
5. الرقابة ومساءلة السائقين.
6. القضاء على السرقة.
7. زيادة السلامة الشخصية.
8. أرشفة سلسلة نشاطات الأسطول، وذلك من خلال حفظ نتائج التتبُّع في قاعدة بيانات خاصة بالشركة المالكة للأسطول بهدف العودة إليها لاحقاً عند الحاجة.

الفصل الخامس: استخدامات نظام GPS

5-1- الاستخدام العسكري:

تستخدم الطائرات المقاتلة وقاذفات القنابل الـ (GPS) في تحديد أهدافها كما يوجد كعنصر أساسي في وحدات التوجيه على متن الصواريخ بعيدة المدى، وكذلك الأسلحة الذكية، الغواصات، السفن الحربية، الدبابات، العربات العسكرية، والمشاة حيث يحدد مصادر النيران ومواقع العدو.

5-2- الاستخدام المدني: نجد للنظام تطبيقات عديدة في هذا المجال:

الشكل (5-1) جهاز GPS مستقبل

5-2-1- تطبيقات نظام GPS في قطاع النقل:

1. **في مجال الطيران والملاحة الجوية:** تستخدم الطائرات نظام GPS لتحديد الطرق الجوية، ومناطق الاقتراب من المطار، وعملية الهبوط الآلي على الممرات. ويُستخدم هذا النظام أيضاً في المطارات ذات الأجواء الضبابية، والرؤى المنعدمة، وتم اعتماده بشكل كلي في المطارات الأمريكية للدقة العالية، وتفادياً للأخطاء البشرية. كما أفاد هذا النظام شركات الطيران إذ وفر لها كثيراً من نفقات التشغيل لرحلاتها الجوية حيث أنه يعطي أقصر الطرق الجوية لمطارات الوصول.
2. **في مجال الملاحة البحرية:** لقد غيَّر نظام GPS من الطريقة التي كان يسير بها العالم. وهذا ينطبق بوجه خاص على العمليات البحرية التي تشمل عمليات البحث والإنقاذ. ويوفر نظام GPS أسرع وأدق وسيلة للملاحة البحرية في ما يتعلق بقياس السرعة وتحديد المكان الذي تكون فيه السفينة. وهو الأمر الذي يوفر مستويات أعلى من السلامة والكفاءة للبحارة في سائر أرجاء العالم.

يهتم قبطان السفينة خلال الملاحة البحرية بأن يكون على علم بموقع سفينته عندما تكون في عرض البحر وأيضاً في الموانئ المزدحمة والمعابر المائية. ويحتاج القبطان عندما يكون في عرض البحر إلى تحديد دقيق لموقع سفينته وسرعتها ووجهتها، لضمان أن تصل السفينة إلى وجهتها بأعلى درجات السلامة وأعلى مستويات الاقتصاد وفي الوقت المحدد حسبما تسمح الظروف. وتكتسب الحاجة إلى معلومات دقيقة حول الموقع الذي تكون السفينة فيه أهمية أكبر عند مغارة السفينة للميناء وعند العودة إليه.

يستخدم البحارة بصورة متزايدة البيانات التي يوفرها نظام GPS في مسح الأعماق وتثبيت العوامات وتحديد مواقع الخطورة الملاحية ورسم الخرائط. وتستخدم أساطيل الصيد التجاري نظام GPS في الإبحار إلى أفضل مناطق الصيد وفي تتبُّع هجرات الأسماك وفي ضمان الالتزام بالقوانين المعمول بها في هذا الشأن.

وكذلك يُستخدم نظام GPS للاستدلال على أماكن السفن المفقودة في البحار، وتقوم شركات النقل البحري بمتابعة حركة سفنها، ومساراتها في البحار، وكذلك يُستخدم النظام في قوارب النزهات أيضاً.

3. **<u>في مجال النقل البري:</u>** توفر الإنتاجية والدقة اللتان تنجمان عن استخدام نظام GPS فعاليات متزايدة وسلامة مرتفعة لوسائل النقل التي تستخدم الطرق السريعة وأنظمة النقل العام. وقد انخفضت المشاكل التي ترتبط بتحديد المسارات ومتابعة وسائل النقل التجارية بصورة ملحوظة بمساعدة نظام GPS. وهذا ينطبق أيضاً على إدارة أنظمة النقل العام وأطقم صيانة الطرق ومعدات الطوارئ.

هذا ويساعد نظام GPS المسؤولين في مهمة رسم استراتيجيات فعالة تستطيع أن تحافظ على مواعيد وصول وانطلاق عربات النقل العام وفقاً للجداول المعروفة وأن تخبر المسافرين بمواعيد الوصول الدقيقة. كما تستخدم أنظمة النقل العام هذه الإمكانية في تتبُّع خطوط الباصات وسائر الخدمات لتحسين الأداء دون توان.

إنَّ استخدام تكنولوجيا نظام GPS في تتبُّع والتنبؤ بحركة شحنات البضائع ساهم في تطبيق ما يسمى بالتسليم في وقت محدد سلفاً. وفي إطار هذا التطبيق تستخدم شركات الشحن نظام GPS في تتبع المسارات حتى تضمن التسليم في الموعد المحدد سواء على بعد مسافة قصيرة أو عبر مناطق شاسعة.

تستخدم بلدان كثيرة حول العالم نظام GPS للمساعدة في مسح شبكات الشوارع والطرق السريعة في أراضيها. وهذه الشبكات تشمل محطات الخدمة والصيانة والطوارئ والتموين وممرات الدخول والخروج والعطب الذي يصيب الشبكة إلخ.... وتضاف هذه البيانات إلى المعلومات التي يجمعها "نظام المعلومات الجغرافية" (GIS) وتساعد هذه القاعدة المعلوماتية وكالات النقل في تخفيض تكاليف الصيانة والخدمة وتعزز سلامة السائقين الذين يستخدمون هذه الطرق.

يُعد نظام GPS أيضاً عنصراً أساسياً في مستقبل "نظم النقل الذكية" Intelligent Transportation System واختصاراً (ITS). وتضم نظم النقل الذكية نطاقاً واسعاً من المعلومات التي تستند إلى المواصلات والتكنولوجيا الإلكترونية. ويجري حالياً بحث في مجال النظم المتقدمة لمساعدة السائقين، والتي تشمل نظم الانحراف عن الطريق وتجنب الاصطدام عند تغيير السائق للحارة التي يقود فيها سيارته أو شاحنته. وتحتاج هذه النظم إلى تقدير موقع السيارة أو الشاحنة بالنسبة للحارة وحافة الطريق بدرجة من الدقة لا تترك هامشاً للخطأ أكثر من عشرة سنتيمترات.
يُستخدم أيضاً نظام GPS لتوجيه سائقي السيارات وخصوصاً عند قيادتهم في أماكن يجهلونها. حيث تم إدخال هذا النظام في الكثير من السيارات المصنعة حديثاً والتي توفر للسائقين خرائط تفصيلية للأماكن والشوارع التي يتواجدون فيها، وأفضل الطرق وأقصرها والتي ينبغي سلوكها أثناء تنقلاتهم.

الشكل (5-2) يوضح جهاز GPS مستقبل داخل سيارة

4. **<u>في مجال السكك الحديدية:</u>** يمكن لشبكات السكك الحديدية أن تستخدم نظام GPS بالتضافر مع أجهزة استشعار وأجهزة كمبيوتر ونظم اتصال من أجل تحسين مستوى السلامة والأمان وكفاءة التشغيل. كما تساعد هذه التقنيات في تخفيض عدد الحوادث والتأخيرات وتكاليف التشغيل، وكذلك تساهم في زيادة قدرة الخطوط الحديدية وتوفير الراحة للمسافرين وتخفيض ما ينفق من أموال، ثم إنِّ توفُّر كم من المعلومات الدقيقة والفورية حول مواقع القاطرات وعربات السكك الحديدية ومعدات الصيانة المستخدمة على القضبان والمعدات المتمركزة بجانب الخطوط الحديدية يتكامل مع التشغيل الكفء لشبكات السكك الحديدية.

يُعد ضمان مستويات عالية من السلامة وتحسين كفاءة تشغيل السكك الحديدية وتوسيع قدراتها أهدافاً أساسية لصناعة مسارات السكك الحديدية اليوم. إنَّ معظم شبكات السكك الحديدية تتكون من امتدادات طويلة من مجموعة منفردة المسار، ولذلك فالقطارات التي تسير إلى وجهات تُعد بالآلاف يتعيَّن عليها أن تتشارك في وقتٍ متزامن في استخدام هذه المسارات المنفردة الخط.

تنطوي المعرفة الدقيقة للموقع المحدد للقطار على أهمية قصوى لمنع وقوع الاصطدامات والحفاظ على التدفق السلس لحركة السير وتقليل حالات التأخير إلى أدنى حدٍ ممكن. إن قدرة مسؤولي الإشارة في نظم السكك الحديدية على توجيه القطارات بسلام تعتمد فقط على مهارة أطقم القيادة والتوقيتات الدقيقة والقدرة الديناميكية على نقل الإشارات وتنسيق مواقع حساسة لـ"الالتقاء والتجاوز" في مسافات قصيرة من الخطوط المزدوجة. لذلك من المهم، لأسباب تتعلَّق بالسلامة والكفاءة، أن نعرف موقع وأداء هذه القطارات بصورة فردية أي قطاراً قطاراً وكذلك على مستوى الشبكة ككل.

إنَّ التحسين الذي دخل على الإشارة الرئيسية لـ "نظام المواقع العالمي"، وهو التحسين المعروف باسم "نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي" Differential Global Positioning System واختصاراً (DGPS) يعزز درجة الدقة والسلامة داخل نطاق المناطق التي يغطيها النظام. ثم إنَّ المعلومات التي تتوفر عن الموقع تمكِّن مسؤول الإشارة من تحديد على أي من المسارين المتوازيين يقع أي قطار. وعندما نضيف "نظام المواقع العالمي التفاضلي" إلى الوسائل الأخرى للملاحة وتحديد الموقع في حساب الوقت داخل الأنفاق وخلف التلال ومختلف العوائق الأخرى فإن هذا النظام (DGPS) يستطيع توفير قدرة دقيقة يعتمد عليها في تحديد الموقع عند إدارة حركة سير قطارات السكك الحديدية.

يعتبر "نظام المواقع العالمي التفاضلي" (DGPS) عنصراً أساسياً في مفهوم "التحكم الإيجابي في مسار القطارات" Positive Train Control واختصاراً (PTC)، وهو المفهوم الذي يجري حالياً تبنيه في كثير من مناطق العالم. ويشتمل المفهوم على تقديم معلومات دقيقة عن موقع كل قطار على امتداد خط السكك الحديدية إلى نظم تحكم وقيادة عالية الكفاءة في سبيل وضع أو إنتاج أفضل خطة تشغيل ممكنة: سرعات متنوعة للقطارات، حركة تسيير مرنة لا ترتبك لتغيير المسارات، وأطقم صيانة تنتقل من هنا إلى هناك بأمان سواء على خطوط السكك الحديدية أو خارجها.

يستطيع نظام "التحكم الإيجابي في القطارات" (PTC) تتبُّع موقع وسرعة قطار ما بصورة أدق مما كان عليه الحال في الماضي، كما يستطيع توفير معلومات عن حركة القطار لمسؤولي إدارة السكك الحديدية الذين يستطيعون عندئذٍ أن يعززوا السرعات وحدود الأوزان حسب الضرورة. وعن طريق توفير تتبُّع أفضل لموقع وسرعة القطارات، فإن نظام (PTC) يزيد من كفاءة التشغيل ويتيح مقدرة أعلى لخط السكة الحديدية ويعزز قدرات أطقم القيادة ويوفر الراحة للمسافرين والسلامة للشحنات، كما ينتج عنه توفير بيئة طبيعية أكثر أمناً للأشخاص العاملين في الخط.

يستطيع "نظام المواقع العالمي التفاضلي" (DGPS) أيضاً أن يساعد في مسح ورسم الخرائط لهيكل خطوط السكك الحديدية لأغراض الصيانة والتخطيط المستقبلي للنظام. وعن طريق استخدام "نظام المواقع العالمي التفاضلي" (DGPS) يستطيع المرء أن يحدد بدقة موقع الأعمدة التي ستحمل أرقام الأميال (أو الكيلو مترات) وصواري الإشارات ونقط الإبراق والجسور ونقط التقاطع مع الشوارع، ومعدات الإشارة إلخ ... كما يستطيع "نظام المواقع العالمي" أن يرتفع إلى المستوى العالي من الدقة الذي يحتاج إليه التشغيل في مناطق المحطات النهائية وفي أفنية السكك الحديدية (مخازن القطارات) حيث نجد أنه من الممكن أن تسير عشرات الخطوط بشكلٍ متوازٍ.

5-2-2- تطبيقات GPS في القطاعات المدنيَّة الأخرى:

1. ويستخدم في حالات التصوير والمسح الجويين.
2. والرش الجوي للزراعات.
3. كما يستخدم في تخطيط، ورسم الخرائط، ومسح الأراضي، ولكل منها GPS خاص حسب نوعية التطبيق المستخدم.
4. كما تستفيد منه شركات الاتصالات اللاسلكية في عمل التزامن بين محطات الشبكة الرقمية الأرضية والأقمار الصناعية.
5. كما يستخدم من قبل هيئات البحث العلمي لتتبُّع هجرة الطيور والأحياء المائية ومراقبة حرائق الغابات وحركة الجبال الجليدية.
6. وكذلك لنظام GPS دوراً مهماً في الوقاية العامة متمثلة في رد الفعل بالنسبة لإدارة الشرطة والمطافئ، فبواسطة نظام تحديد المواقع يمكن توجيه المركبات بدقة عالية لضمان وصول المساعدات اللازمة إلى المكان المناسب في أسرع وقت. وتتضح أهمية نظام GPS بصفة خاصة في الكوارث الخطيرة مثل الحرائق الكبيرة المدمرة، فبينما كان رجال الإطفاء يعتمدون على العناوين والعلامات الأرضية لبيان موقعهم وتلك العلامات قد يتم تدميرها أو محيها أو يغطيها الدخان في الحالات الشديدة فإن نظام GPS هو الحل الأمثل لأنه يحدد موقعهم بدقة ويمكنهم من سهولة الوصول إلى الأماكن المنكوبة وإنقاذ الكثير من الأرواح.

الفصل السادس: نظام Galileo الأوروبي لتحديد المواقع

Galileo Positioning System

6-1- تعريف بالنظام:

نظام تحديد المواقع Galileo هو النظام الأوروبي المدني للأقمار الصناعية للملاحة العالمية، وبمعنى آخر هو المنافس الأوروبي لنظام GPS الأمريكي.

جاء نتيجة جهود المفوضية الأوروبية ووكالة الفضاء الأوربية European Space Agency (اختصاراً ESA) لإنشاء نظام إرشاد ملاحي وتحديد مواقع بدقة عالية.

يهدف نظام Galileo لتحديد المواقع إلى تقديم خدمة عالمية دقيقة وذات غطاء عالمي وتحت السيطرة المدنية (عكس GPS الذي تديره وزارة الدفاع الأمريكية). وإذا كان نظام GPS هو نظام GNSS الوحيد الذي تعمل كافة وظائفه في الوقت الحالي، فإن نظام Galileo هو نظام GNSS قيد الإنشاء.

الشكل (6-1) شعار نظام Galileo الأوروبي لتحديد المواقع

تقوم وكالة الفضاء الأوربية ESA بتطوير وتشغيل وصيانة نظام Galileo. وتتوقع الوكالة أن يستعمل نظام Galileo حوالي 1.8 مليون مستخدم بحلول عام 2010 وحوالي 3.6 مليون مستخدم في عام 2020 وسيكون العائد الاقتصادي للنظام في حدود 74 مليون يورو حتى عام 2020.

أوربا تقول إن نظامها سوف تصل دقته إلى تحديد مكان هدف بنسبة خطأ أقل من متر أو باردة على وجه التحديد، بينما تصل دقة النظام الأمريكي GPS إذا ما استخدم لأغراض مدنية إلى أقل من 10 أمتار تقريباً!

ونشير إلى أن جاليليو: الذي أطلق اسمه على النظام الجديد هو عالم فيزيائي وفلكي إيطالي عاش مابين (1564-1642م). من إسهاماته اختراع المرصد الفلكي واكتشاف البقع الشمسية. وقد اعتبر جاليليو زعيما للحرب من أجل حرية البحث العلمي التي شنت ضد السلطة الحاكمة. درس الطب قبل أن يتحول إلى الفلسفة والرياضيات، وتخصص في أدوات الحساب والقياس الدقيقة، واخترع عام 1609 جهاز التليسكوب مكبراً عشرين مرة .

6-2- القرار.. التمويل.. الجدول الزمني:

جاء القرار من رؤية الأوروبيين أنه لا بد من نظام أوربي مستقل؛ يقولون إنه مدني، لاسيما أن الاتحاد الأوربي بصدد إنشاء نظام نقل جوي بحري بري متكامل يحتاج خدمات دقيقة ومستمرة من نظام تحديد مواقع وملاحة لا يقل عن النظامين الروسي والأمريكي، لكنهم لا ينفون أنه قد يستخدم في أغراض عسكرية أو استخباراتيَّة.

يقول الأوربيون إنهم لا يتحملون عدم وجود نظام خاص بهم، أو بقاءهم رهن نظام تابع لدول أخرى. ثم إن هناك سوق تقنية مرتبطة بخدمات تحديد المواقع والملاحة فضائياً، تصل بعض التقديرات عن حجم الأموال المتداولة فيها إلى 9 مليارات يورو، وتوفر نحو 100,00 فرصة عمل في القارة.

لذا أجرى وزراء النقل في الاتحاد الأوربي محادثات حول بناء شركة أوربية لبناء نظامها، وفق مراحل تم تحديدها كالتالي:

1- مرحلة الدراسة: إجراء دراسات معمقة بلغ حجم تمويلها 80 مليون يورو.
2- مرحلة التطوير-1 (2001-2006): بتمويل وصل إلى 1.1 مليار يورو من الاتحاد الأوربي ووكالة الفضاء الأوربية، حيث بدأ إنشاء الشركة الأوربية التي ستقوم بتوفير المعدات -تصنيعها أوربياً- ، والكوادر الفنية والإدارية، ومزودي الخدمات... إلخ، وتنتهي بإطلاق أقمار تجريبية.
3- مرحلة التطوير-2 (2006-2007): بتمويل وصل إلى 2.1 مليار يورو معظمها من القطاع الخاص تنتهي بها مرحلة التجارب، وفيها يتم إرسال الجزء الأكبر من أقمار النظام إلى الفضاء.
4- مرحلة التشغيل (2008): واعتمد فيها مبلغ 200 مليون يورو لأعمال الصيانة السنوية الدورية لأجهزة ومعدات النظام.

6-3- أجزاء النظام: يتكون النظام الأوروبي Galileo لتحديد المواقع من الأجزاء التالية:

6-3-1- الجزء الفضائي: يتكون نظام Galileo من 30 قمر صناعي (27 قمر عامل + 3 أقمار احتياطية) موزعين في ثلاثة مدارات علي ارتفاع 23616 كم من سطح الأرض.

تقوم الأقمار الصناعية في نظام Galileo ببث 10 إشارات وهي مصنفة كالتالي:

- 6 إشارات مخصصة للخدمة المفتوحة وخدمة سلامة الأرواح.
- إشارتين للخدمة التجارية.
- وإشارتين للخدمات الأمنية.

وهذه الإشارات يتم بثها على نطاقين من الترددات: 1164-1215 ميجاهرتز و 1559-1591 ميجاهرتز.

تم إطلاق أول قمر صناعي في منظومة Galileo في عام 2004 واستمر إطلاق أقمار تجريبية طوال عامي 2005 و 2006 لوضع اللمسات النهائية علي النظام ومواصفاته و التأكد من تشغيله بجودة عالية.

الشكل (6-2) التحضير لإطلاق أحد أقمار نظام Galileo الأوروبي لتحديد المواقع

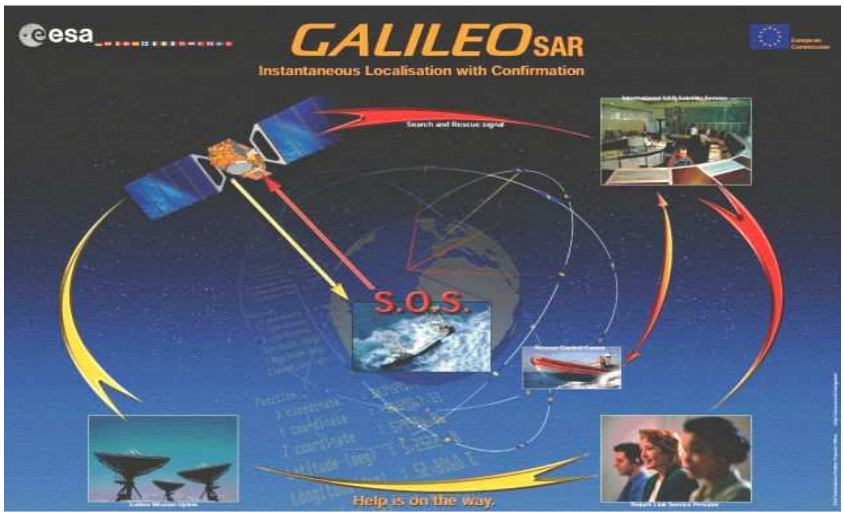
6-3-2- جزء التحكم والمراقبة: يتكون من مجموعة محطات مراقبة أرضية في أنحاء مختلفة من العالم ومحطتي تحكم رئيسيتين في أوروبا.

6-3-3- جزء المستخدمين للنظام: ويتكون من الأجهزة المستقبلة للإشارات المرسلة من الأقمار الصناعية التابعة لنظام Galileo الأوروبي لتحديد المواقع. الأجهزة المتوفرة حالياً تسمى *الأجهزة الجيوديزية الثلاثية* وهي مستقبلات للإشارات المرسلة من الأقمار الصناعية لتحديد المواقع وتعمل على 3 نظم أقمار صناعية وهي: النظام الأمريكي GPS، النظام الروسي Glonass والنظام الأوروبي Galileo.

6-4- الخدمات التي يقدمها نظام Galileo: تصنف الخدمات التي يقدمها النظام الأوروبي لتحديد المواقع إلى الخدمات التالية، وكل خدمة ترسل تردداتها بشكل منفصل ومشفر:

1- الخدمة المفتوحة Open Service واختصاراً (OS): وهي الخدمة المجانية المتاحة لجميع المستخدمين في العالم والتي من المتوقع أن تكون دقتها في حدود 4 متر أفقياً و 8 متر رأسياً للأجهزة ثنائية التردد.
2- خدمة سلامة الأرواح Safety of Live Service واختصاراً (SoL): وتتميز عن الخدمة المفتوحة بإرسال رسائل وقتية (إنذارات فورية) للمستخدم في حالة حدوث أي مشاكل في النظام لا تسمح بضمان دقة الإحداثيات المحسوبة.
3- الخدمة التجارية Commercial Service واختصاراً (CR): وهي خدمة تجارية مقابل رسوم مالية، ودقتها أحسن من دقة الخدمة المفتوحة.
4- خدمة القطاع العام Public Regulated Service (PRS): وهي خدمة مخصصة للقطاع الحكومي مثل الشرطة والإسعاف والمطافئ. هذه الخدمة متناهية الدقة وقوية التشفير ومقاومة للتشويش، تعمل في أحلك الظروف وخاصة في أوقات الطوارئ أو الحروب حيث من الممكن أن تتأثر الخدمة العامة.

5- خدمة البحث و الإنقاذ Search and Rescue Service واختصاراً (SAR): وهي خدمة خاصة ومجانية، ستضاف للنظم العالمية الموجودة حالياً لتحسن من دقتها في أعمال الإغاثة والإنقاذ.



الشكل (6-3) يوضح آلية خدمة البحث والإنقاذ SAR

من المتوقع أن يحدث نظام Galileo عند اكتماله (وخاصة عند استخدامه مع نظام GPS) ثورة تقنية هائلة في عدد من المجالات الهندسية و الجغرافية و التنموية التي تعتمد علي تحديد المواقع.

6-5- التطبيقات:

بشيء من الإيجاز فإن Galileo سوف يساعد في:

1- التحكم في الملاحة الجوية.
2- إدارة أفضل لأساطيل النقل البري والبحري.
3- مراقبة الطرق البرية والسكك الحديدية وإداراتها بكفاءة أكبر.
4- رصد حركة البضائع ومسار البضائع ذات الصبغة المتعددة الجنسيات.

وعن الاستخدامات المأمول تطبيقها لاحقاً وقريباً في نفس الوقت:

1- رصد المواد الخطرة (متفجرات، مخدرات، تهريب... إلخ).
2- تحديد مواقع الانهيارات الأرضية.
3- معاونة فرق الطوارئ لاسيما في عمليات الإغاثة الإنسانية.
4- المساعدة في تطوير وتحسين الخدمات الطبية مثل علاج المرضى عن بعد!
5- المساعدة في تطوير وتحسين الخدمات الجنائية والعدلية مثل رصد المساجين المطلق سراحهم قيد المتابعة.

6-6- تعقيدات سياسية متشابكة:

المسألة ليست ببساطة نظام روسي وآخر أمريكي ولم لا يكون هناك آخر أوربي، وبعد شد وجذب ومفاوضات ومعاهدات بين الطرف الأوربي والأمريكي للتنسيق وربما تسبب في توتر على ضفتي الأطلسي، طفت مشاكل أخرى على السطح مثل مشاركة الصين في المشروع التي ولدت قضايا أمنية مهمة تحتاج إلى معالجة لمنع نشوب توتر بين أمريكا وأوربا.

وإذ يؤكد الأوربيون أن Galileo سيكون أكثر دقة من النموذج المدني لنظام GPS، وأكثر دقة لمواقع الأشخاص الذين يستخدمون النظام، وأنه سوف يفتح الطريق لاستعمالات جديدة كمساعدة الشرطة، وأقسام الإطفاء، وسيارات الإسعاف على تحديد أماكن الأشخاص بطريقة أفضل في حالات الطوارئ. إضافةً غلى أنه ستكون لـ Galileo أيضاً تطبيقات عسكرية مهمة، ولذلك يجب أن تقلق أمريكا إذ أنه يمثل تهديداً لتفوقها العسكري المبني كثيراً على GPS.

فضلاً عن أن استفادة أطراف منافسة لأمريكا مثل الصين تثير قلقاً كبيراً لأمريكا، حيث سيطور النظام قدرة القوات المسلحة على تنسيق تحركات الوحدات في المعركة، رافعاً بذلك كفاءتها. وسيطور أيضا دقة أنظمة توجيه الأسلحة، وبذلك تصيب القنابل، والصواريخ أهدافها بدقة أكبر وطبعاً الصين ستستفيد. وكذلك سوف يلعب Galileo أيضاً دوراً مهماً في تسريع برنامج العصرنة والتحديث العسكري الصيني.

فبموجب اتفاقية تعاون، تعهدت الصين بالمشاركة في بحث وتطوير تكنولوجيا الفضاء، والمعدات الأرضية، وأنظمة تطبيق Galileo. وحتى الوقت الحالي، استثمرت الحكومة الصينية نحو 240 مليون دولار في المشروع عبر شركة China Galileo Industries التي تديرها الدولة.

ومن الجدير بالذكر أن مكان انطلاق القمر التجريبي الأول من قاعدة باكينور في كازاخستان بوسط آسيا، وعلى متن صاروخ روسي له مغزى كبير، ولا يحتاج الأمر إلى تعليق أو توضيح لبيان مدى تشابك المسألة على الصعيد السياسي، ويضاف لذلك أن أوربا استطاعت استقطاب جهات أخرى مثل الهند ودولا آسيوية وأفريقية في مشروعها لتمنحه صفة العالمية وليكون ورائه من يؤازره في حال التصادم مع الأمريكي.

كذلك وقعت المفوضية الأوربية اتفاقيات تعاون بخصوص نظام Galileo مع الصين فهي تبحث وتبادر لعقد اتفاقيات مماثلة مع أستراليا والمكسيك وكوريا الجنوبية وأوكرانيا.

الفصل السابع: تطبيق نظام GPS على المركبات الطرقيَّة في سوريا

لا تزال الأجهزة اللازمة لاستخدام هذا النظام غير متاحة للعموم في سوريا ويقتصر استخدامها على القطاع العام وفق موافقات أمنية مسبقة ولكل حالة على حدا.

7-1- البيانات اللازمة لعمل النظام ضمن المدن السورية: وتشمل هذه البيانات ما يلي:

1. مخططات تفصيلية على مستوى الشوارع للمدينة ونقاط الجذب فيها (كالمطاعم والفنادق ..).
2. بيانات مرورية مكانية تتضمن الاتجاهات على الطرقات، الطرق الممنوعة، التقاطعات العلوية والسفلية، الأنفاق والجسور.
3. بيانات وصفية تتضمن كثافة السير على الطرقات وساعات الذروة.
4. تسمية الشوارع ونظام العنونة.

7-2- البيانات العامة لعمل النظام على مستوى الطرقات العامة: وتشمل هذه البيانات كل مما يلي:

1. خرائط للطرق العامة في سوريا.
2. بيانات مرورية مكانية تتضمن الاتجاهات على الطرقات، الطرق الممنوعة، التقاطعات العلوية والسفلية، الأنفاق والجسور.
3. بيانات وصفية تتضمن كثافة السير على الطرقات وساعات الذروة.
4. ترقيم الطرقات.

7-3- المخاطر المحتملة التي تهدد نجاح تطبيق النظام على المركبات الطرقيَّة في سوريا:

يمكن لحظ بعض المخاطر التي من المحتمل أن تهدد نجاح مشروع تطبيق نظام GPS في سوريا وتشمل:

1. إحجام الشركات العالمية المختصة عن دخول السوق السورية نتيجة المقاطعة الأميركية .
2. الكلفة العالية نسبياً لهذه الأنظمة والتي قد تقلل من عدد الزبائن المحتملين لهذا النظام وبالتالي حجم السوق مما قد يؤدي إلى مخاطر الاستثمار في هذا المجال، ومن الجدير بالذكر أن هذه الأنظمة لم تصل إلى مرحلة الانتشار الواسع حتى في البلدان التي مضى زمن طويل على توفرها فيها مثل الولايات المتحدة وكندا.
3. إن طبيعة المدن السورية وكونها بالمجمل قديمة العهد يحتوي معظمها على نسيج عمراني كثيف يجعل وجود مناطق تضعف التغطية فيها أمراً محتملاً مما قد يؤثر على فعالية النظام.
4. بطئ انتشار النظام خاصة في حال كون البيانات التي يحتويها محدودة، إذ أنه من غير المتوقع أن يكون انتشار النظام سريعاً في حال اقتصر على البيانات الخاصة بمدينة دمشق.
5. إحجام المستثمرين عن وضع استثمار ضخم لشكوك حول جدوى تطبيق قوانين حماية الملكية الفكرية الهامة جداً في هذا النوع التطبيقات.

الخاتمة والتوصيات

تعد الملاحة وتحديد الموقع من الأمور الهامة والحاسمة في العديد من النشاطات وقد سعى الإنسان في هذا المجال منذ أقدم العصور، في البداية اعتمد على الشمس والنجوم وعناصر الطبيعة كعلامات في الملاحة لكن في حالة تلبد السماء بالغيوم يتعذر عليه رؤية الشمس أو النجوم لذا كانت الحاجة ملحة لطريقة تحديد المواقع في أي وقت وفي جميع الأحوال الجوية، وهذا ما يؤمنه نظام تحديد المواقع العالمي GPS.

وقد رأينا أنه تتنوع استخدامات هذا النظام بشكل يصعب حصرها، كما تتعدد فوائده ومنافعه في شتى المجالات، لذا نتمنى زوال كافة العوائق التي تحول دون تطبيقه في بلدنا.

وفي الخاتمة نورد ذكر بعض التوصيات لخطوات عملية لتفعيل استخدام هذه الأنظمة في سوريا:

1. تهيئة الإطار القانوني: تتضمن هذه الخطوة السماح باستخدام مستقبلات GPS الملاحية في سوريا.
2. اعتماد جهات مسؤولة عن تهيئة الخرائط والبيانات وصيانتها وتحديثها.
3. تهيئة الخرائط والمخططات للعمل، بما يتضمن معالجة البيانات المتوفرة كي تصلح للاستخدام في هكذا تطبيقات.
4. البدء ببناء تطبيقات الترميز المكاني، وهي عبارة عن برمجيات أساسية لاعتماد العناوين في كافة تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية بما فيها نظام الملاحة.

المـراجــع

1. دراسة "أساسيات نظام الملاحة العالمي بالأقمار الصناعية GPS "، م. رمضان سالم محمد علي: ماجستير المساحة والجيوديزيا-جامعة القاهرة.
2. "الدراسة الأولية لتطبيق نظام الملاحة المحمول على المركبات الطرقيَّة في سوريا"، والتي أعدتها اللجنة المشكَّلة من أجل هذا الغرض.
3. مواقع الإنترنت:

http://www.gps.gov
http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/intro/index_en.htm
http://www.gisclub.net
http://www.arab-eng.org
http://www.4electron.com
http://www.alhandasa.net
http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
http://www.marefa.org/index.php/GPS
http://www.gps-practice-and-fun.com/gps-tracking.html

الاختصـــارات والمصطلحـــات

المصطلح	الاختصار	المعنـــى
Global positioning System	**GPS**	نظام تحديد المواقع العالمي
Global Navigation Satellite System	**GNSS**	نظام أقمار الملاحة العالمي
Geographic Information System	**GIS**	نظام المعلومات الجغرافية
Space Segment	**SS**	الجزء الفضائي
Control Segment	**CS**	جزء التحكم والسيطرة
User Segment	**US**	جزء المستخدمين للنظام
Dual Frequency		المستقبلات ثنائية التردد
Multipath		تعدد المسارات
Selective Availability	**SA**	التشويش المتعمَّد
International Telecommunications Union	**ITU**	الاتحاد الدولي للاتصالات
Standard Positioning Service	**SPS**	خدمة تحديد المواقع الأساسية
Precise Positioning Service	**PPS**	خدمة تحديد المواقع الدقيقة
Pseudo Random Noise	**PRN**	ترميز يميز القمر الصناعي
Navigation Receivers		مستقبلات GPS الملاحية
Geodetic Receivers		مستقبلات GPS الهندسية
Geographic Information System	**GIS**	نظم المعلومات الجغرافية
Civil Receivers		مستقبلات GPS المدنية
Coarse Acquisition Code	**CA-Code**	الشفيرة المدنية المحمولة على التردد الأول في إشارة GPS
Precise Code	**P-Code**	الشفيرة العسكرية المحمولة على الترددين في إشارة GPS
Bit Per Second	**bps**	واحدة معدل نقل البيانات الثنائية
European Space Agency	**ESA**	وكالة الفضاء الأوروبية
Open Service	**OS**	**الخدمة المفتوحة**
Safety of Live Service	**SoL**	خدمة سلامة الأرواح
Commercial Service	**CR**	الخدمة التجارية
Public Regulated Service	**PRS**	خدمة القطاع العام
Search and Rescue Service	**SAR**	خدمة البحث والإنقاذ
Intelligent Transportation System	**ITS**	نظم النقل الذكية
Differential Global Positioning System	**DGPS**	نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي
Positive Train Control	**PTC**	التحكم الإيجابي بمسارات القطارات