الباب الرابع

نظام التموضع العالمي GPS

4-1 الاقمار الاصطناعية :

مع بداية النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي دخلت المعرفة البشرية منعطفاً تقنياً جديداً حيث أستطاع الإنسان أن يرسل أجساماً معدنية إلي خارج نطاق الغلاف الجوي لكوكب الأرض و هذه الأجسام التي أصطلح علي تسميتها بالأقمار(Satellites) الصناعية حيث يعد إطلاق القمر الروسي الأول" سبوتنيك في 11 أكتوبر 1957 هو إعلان دخول الإنسان لعصر الأقمار الصناعية . هذا و قد بدأ إطلاق الأقمار الصناعية و غزو – الفضاء – بصفة عامة ، بعد أن تطورت عدة تقنيات و خاصة الصواريخ و الرادار فالصاروخ هو الوسيلة لإيصال القمر الصناعي إلي الفضاء، كان أول صاروخ يطلق للفضاء عن طريق فريق علماء ألمان بقيادة براون لتعقب القمر و معرفة موقعه، ساهم التطور في الحاسبات الآلية و أنظمة الاتصالات في الإسراع بالدخول إلي عصر الفضاء.

4-1-1 انواع الاقمار الاصطناعية :

1- أقمار صناعية ملاحية Navigation Satellites :

يكون هدفها الأساسي تقديم تقنيات و وسائل دقيقة سواء في الملاحة الأرضية أو البحرية أو الجوية أو حتى الملاحة الفضائية (وتأتي في هذه المجموعة من الأقمار الصناعية من نظم أو تقنيات مثل نظام الجي بي أسGPS و نظام جاليلو Galileo وجلوناس GLONASS، ودوبلر Doppler .

2- أقمار الإتصالات Communication Satellites :

وهي أقمار تساعد في نقل البيانات مثل (البث الإذاعي التلفزيوني) وتوزيعها علي أجزاء كبيرة من سطح الأرض لتتغلب علي مشكلة كروية الأرض التي تعيق النقل المباشر الأرضي لهذه البيانات . ومن أمثلة هذه النوعية من الأقمار الصناعية : النايل سات و العرب سات المستخدمين في البث التلفزيوني .

3- أقمار صناعية لدراسة موارد الأرض Earth Resources Satellites :

منها أقمار صناعية خاصة بدراسة البحار و أخرى خاصة بدراسة الطقس و ثالثة مخصصة للتصوير الفضائي أو ما يعرف الآن Remote Sensing بأقمار الاستشعار عن بعد Satellites.

4-2 مراحل تطور نظام التموضع العالمي :

قبل بدء عصر الأقمار الصناعية توصل العلماء إلي طريقة جديدة لتحديد المواقع بالاعتماد علي الموجات الرادوية أو الكهرومغناطيسية وكان المبدأ الأساسي في هذه الطريقة هو قياس الزمن الذي تستغرقه الموجه الرادوية في الرحلة ذهابا و عودة بين محطة البث أو الإرسال Transmitting Station وجهاز الاستقبال Receiver . فإذا استخدمنا القاعدة العلمية المعروفة: المسافة = الزمن × السرعة (وباعتبار أن سرعة الموجة تعادل سرعة الضوء حوالي 300 ألف كيلومتر في الثانية) فيمكننا حساب المسافة بين محطة الإرسال و جهاز المستقبل.

تطورت نظم الملاحة بالأقمار الصناعية مع إطلاق نظام الملاحة الأمريكي Nava Navigation Satellite System الذي عرف باسم Transit ترانزيت وأيضا باسم نظام دوبلر – Doppler – في الستينات من القرن العشرين الميلادي وكان الهدف الرئيسي منه تحديد مواقع القطع البحرية في البحار و المحيطات والمعرفة الإستراتيجية الدقيقة لإحداثيات المواقع . وبالرغم من هذه الأهداف العسكرية إلا أن المهندسين المدنيين قد استخدموا هذا النظام في العديد من التطبيقات المساحية وخاصة إنشاء شبكات الثوابت الأرضية الدقيقة . أعتمد نظام الدوبلر علي عدد من الأقمار الصناعية التي تدور علي ارتفاع حوالي 1000 كيلومتر من سطح الأرض حيث يكمل كل قمر دورة كاملة حول الأرض في مدة تبلغ 107 دقيقة وكانت دقة تحديد المواقع الأرضية 40-30 متر اعتمادا علي هذا النظام في حدود 15 . ومع أن أقمار الدوبلر تغطي معظم أنحاء الأرض (إلا ان عددها 6 أقمار صناعية فقط) لم يكن يسمح يتواصل الإشارات طوال 24 ساعة يومياً بل لعدة ساعات طبقا للموقع المطلوب علي الأرض مما لم يلبي حاجة مستخدمي النظام سواء العسكريين أو المدنيين وأدي ذلك إلي بدء وزارة الدفاع الأمريكية – مع بداية السبعينات– في تطوير نظام ملاحي آخر .

4-3 مميزات نظام التموضع العالمي :

- متاح طوال 24 ساعة يومياً ليلاً و نهاراً وعلي مدار العام .
- يغطي جميع أنحاء الأرض.
- لا يتأثر بأية ظروف مناخية مثل درجات الحرارة و المطر و الرطوبة والرعد و البرق و العواصف.
- الدقة العالية في تحديد المواقع لدرجة تصل إلي ملليمترات أو دقة أمتار قليلة في بعض التطبيقات و طرق الرصد الجيوديسية.
- الوفرة الاقتصادية بحيث أن تكلفة استخدام الجي بي أس تقل بنسبة أكبر من 25% بالمقارنة بأي نظام ملاحي أرضي أو فضائي آخر.
- لا يحتاج لخبرة تقنية متخصصة لتشغيل أجهزة الاستقبال (وخاصة المحمولة يدويا) لدرجة أن بعض مستقبلات الجي بي أس أصبحت تدمج في الساعات اليدوية و أجهزة الهواتف المحمولة.

4-4 مكونات نظام التموضع العالمي:

يتكون نظام الجي بي أس من ثلاثة أجزاء أو أقسام:

- قسم الفضاء Space Segment ويحتوي الأقمار الصناعية .
- قسم التحكم و السيطرة Control Segment.
- قسم المستقبلات الأرضية أو المستخدمون User Segment.

4-4-1 قسم الفضاء أو الأقمار الصناعية :

يتكون قسم الفضاء من 24 قمراً صناعياً (21 قمرعامل + 3 أقمار احتياطية spare موجدة في الفضاء) موزعة في 6 مدارات بحيث يكون هنالك 4 أقمار صناعية في كل مدار مما يسمح بالتغطية الدائمة أي وجود علي الأقل 4 أقمار صناعية (لكل موقع علي سطح الأرض في أي لحظة طوال اليوم) وقد يصل عدد الأقمار الصناعية في وقت معين إلي ما هو أكثر من 24 قمرا طبقا لخطة إطلاق الأقمار الصناعية . وتدور الأقمار الصناعية في مدارات شبه دائرية علي ارتفاع حوالي 20200 كيلومتر من سطح الأرض ليكمل كل قمر صناعي دورة كاملة حول الأرض في مدة 11 ساعة و 56 دقيقة بالتوقيت الزمني الأرضي العالميGMT ويتراوح وزن القمر الصناعي بين 400 و850 كيلو جرام

ويبلغ عمره الافتراضي (للأجيال الحديثة من الأقمار الصناعية) حوالي سبعة سنوات و نصف ويستمد ، طاقته من خلال صفيحتين لإلتقاط الطاقة الشمسية بالإضافة لوجود ثلاثة بطاريات إحتياطية من النيكل تزوده بالطاقة عندما يمر بمنطقة ظل الأرض. ويقوم كل قمر صناعي بتوليد موجتين علي ترددين مختلفين Frequency يعرفان بـ L1 و L2 بالإضافة لشفرتين Codes و رسالة Navigation Message ملاحية يتم بثهم علي هذين ترددين. وكل قمر صناعي يحتوي علي عدد من الساعات الذرية Atomic watch سواء من نوع السيزيوم cesium او الرابيديوم Rubidium.

4-4-2 قسم التحكم والمراقبة :

يتكون قسم التحكم و المراقبة من محطة التحكم الرئيسية في ولاية كلورادو الأمريكية وأربعة محطات مراقبة في عدة مواقع حول العالم. تستقبل محطات المراقبة كل إشارات الأقمار الصناعية وتحسب منها المسافات لكل الأقمار المرصودة وترسل هذه المعطيات بالإضافة لقياسات الأحوال الجوية إلي محطة التحكم الرئيسية والتي تستخدم هذه البيانات في حساب المواقع اللاحقة للأقمار وسلوك (تصحيحات) ساعاتها وبالتالي تُكون الرسالة الملاحية لكل قمر صناعي. تقوم محطة التحكم الرئيسية بعمل التصحيحات اللازمة لمدارات الأقمار الصناعية وكذلك تصحيح ساعات الأقمار ثم تقوم بإرسال ، هذه المعلومات للأقمار الصناعية مرة كل 24 ساعة والتي تقوم بتعديل مساراتها و أزمانها وبعد ذلك ترسل هذه البيانات المصححة كإشارات إلي أجهزة الاستقبال الأرضية .

4-4-3 قسم المستقبلات الأرضية :

يضم هذا القطاع أجهزة استقبال الجي بي أس (مستخدمو النظام) التي تستقبل إشارات الأقمار الصناعية وتقوم بحساب موقع – إحداثيات – المكان الموجود به المستقبل سواء علي الأرض أو في الجو أو في البحر بالإضافة لسرعة واتجاه حركة المستقبل و إن كان متحركا أثناء فترة الرصد. بصفة عامة يتكون جهاز الاستقبال : من وحدة تردد راديوي أو لاقط الإشارات ، هوائي مع مضخم إشارة وحدة التحكم للمستخدم ، وحدة تأمين الطاقة الكهربائية ، مولد ترددات بالإضافة إلي وحدة ذاكرة لتخزين القياسات.

4-5 فكرة عمل نظام التموضع العالمي في تحديد المواقع :

كما سبق الإشارة فإن نظرية عمل نظم الملاحة أو الجيوديسيا بالأقمار الصناعية تعتمد علي مبدأ قياس الزمن الذي تستغرقه الموجة الرادوية منذ صدورها من وحدة البث (القمر الصناعي) وصولها لوحدة الاستقبال (المستقبل) ومن ثم يمكن حساب ، المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال

المسافة = السرعة ×الزمن

السرعة هنا تمثل سرعة الإشارة و تساوي سرعة الضوء.

الزمن يمثل الفرق في الزمن بين الإرسال ولإستقبال.

الخدمات التي يقدمها النظام :

- خدمة التحديد القياسي للموقع Standard Positioning Service أو اختصاراً SPS و التي تعتمد علي استقبال و قراءة و استخدام البيانات من الشفرة المدنية C/ A و لذالك تسمي هذه الخدمة بالخدمة المدنية .
- خدمة التحديد الدقيق للموقع Precise Positioning Service واختصاراً PPS والتي تعتمد علي استقبال و قراءة استخدام البيانات من الشفرة الدقيقة P Code ولذلك تسمي هذه الخدمة بالخدمة العسكرية.

تتكون الرسالة الملاحية لكل قمر صناعي من مجموعة من البيانات وهي تضاف علي كلا الترددين L1, L2. تحتوي بيانات الرسالة الملاحية علي إحداثيات ومعلومات القمر الصناعي عن حالة و كفاءة القمر (صحة القمر satellite health) وأيضا الأقمار الأخرى وتصحيح خطأ ساعة القمر، الإحداثيات المتوقعة أو المحسوبة للقمر الصناعي ولباقي الأقمار في الفترة المستقبلة وتسمي almanac بالإضافة لبيانات الغلاف الجوي.

4-6 مصادر الأخطاء في قياسات الجي بي أس :

توجد عدة مصادر للأخطاء ، كأي تقنية بشرية Random Errors الطبيعية العشوائية وأيضا الأخطاء المنتظمة Systematic Errors or Biases تؤثر علي جودة و دقة عمل الجي بي أس . تمكن

للعلماء من إستنباط طرق و نماذج رياضية للتغلب علي هذه الأخطاء أو علي الأقل الوصول بها لأدني حد ممكن حتى يمكن الحصول علي دقة عالية في تحديد المواقع. و من أهم مصادر الأخطاء :

1- الاتاحية المنتقاة.

2- تأثير طبقة التروبوسفير في الغلاف الجوي.

3- تأثير طبقة الأيونوسفير في الغلاف الجوي.

4- خطأ ساعة القمر الصناعي.

5- خطأ مدار القمر الصناعي.

6- خطأ جهاز ساعة الاستقبال.

7- خطأ هوائي جهاز الاستقبال.

8- خطأ تعدد المسار.

9- تأثير الوضع الهندسي للأقمار الصناعية.

مصدر الخطأ	الخطأ (بالمتر)
طبقة التروبوسفير في الغلاف الجوي	2.0
طبقة الأيونوسفير الجوي	7
خطأ ساعة ومدار القمر الصناعي	2.3
خطأ جهاز الاستقبال	6
تعدد المسارات	5.1
التوزيع الهندسي لمواضع الأقمار الصناعية	5.1

جدول(4-1):تأثير الأخطاء علي دقة تحديد الموقع بإستخدام شفرة C/A عند مستوي ثقة عالية.

4-7 طرق الرصد بالجي بي أس :

لتحديد إحداثيات موقع أو نقطة معينة يكفي إستخدام جهاز إستقبال واحد يقوم بإستقبال الموجات المرسلة من الأقمار الصناعية و هذا ما يُطلق عليه التحديد المُطلق للمواقع Absolute Point Positioning. لكن دقة هذه الإحداثيات ستكون في حدود عدة أمتار مما يجعل هذا الأسلوب مناسب للتطبيقات الملاحية وبعض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية أو للخرائط ذات مقياس الرسم الصغير لكنه بالطبع لن يكون مناسباً للتطبيقات المساحية و الجيوديسية التي تتطلب دقة عالية في تحديد المواقع.

تتعدد طرق الرصد المساحية بنظام الجي بي أس بطرق كثيرة بناءاً علي عدة عوامل مثل عدد أجهزة الإستقبال المتوفرة و الدقة المطلوبة أو طبيعة المشروع يجب علي مستخدم الجي بي أس أن يُلِم بمميزات و عيوب كل طريقة قبل أن يقرر الطريقة التي يتبعها في مشروع معين.

تعتمد الطرق المساحية لتجميع أرصاد الجي بي أس علي أسلوب الرصد النسبي أو الرصد التفاضلي Relative or Differential حيث يكون هنالك جهازي إستقبال أحدهما يسمي القاعدة Base Receiver أو الجهاز المرجعي Reference Receiver موجودا علي نقطة مساحية معلومة الإحداثيات ، بينما الجهاز الثاني يسمي المتحرك Receiver Rover و هو الذي يتولي رصد النقاط المطلوب تحديد موقعها ويقوم كلا الجهازين برصد الأقمار الصناعية آنيا في نفسي الوقت simultaneously. يقوم الجهاز الثابت أو القاعدة بتحديد قيمة الخطأ في إشارات الأقمار الصناعية في كل لحظة وذلك عن طريق مقارنة الإحداثيات المعلومة لهذه النقطة مع إحداثياتها المحسوبة من أرصاد الجي بي أس . بافتراض أن المسافة بين جهاز القاعدة و الجهاز المتحرك ليست كبيرة فيمكن إعتماد مبدأ تأثير أخطاء الرصد عند النقطة المتحركة تساوي تقريبا نفس التأثير عند النقطة القاعدة ومن ثم يمكن ، أيضا تصحيح إحداثيات النقاط التي يرصدها الجهاز الآخر أو الجهاز المتحرك قد تتم عملية نقل التصحيحات في المكتب بعد إنتهاء تجميع البيانات الحقلية (تسمى المعالجة اللأحقة Post-Processing) اوتتم لحظياً في الموقع (تسمى التصحيح اللحظي Real-Time).

4-7-1 طرق الرصد الثابت Static :

تُعد طرق الرصد الثابتة أنسب طرق رصد الجي بي أس للتطبيقات المساحية و الجيوديسية التي تتطلب دقة عالية (تصل إلي مستوي المليمتر) في تحديد المواقع . الطريقة الثابتة التقليدية هي أقدم – وأدق أيضا– طرق رصد الجي بي أس بينما ظهرت بعدها طريقة أُخرى تسمى بالرصد الثابت السريع.

4-7-1-1 طريقة الرصد الثابت التقليدي Static :

في هذه الطريقة يحتل الجهاز الثابت نقطة معلومة الإحداثيات بينما يقوم الجهاز الآخر (أوعدد من الأجهزة) باحتلال النقطة (أو النقاط) المجهولة المطلوب مواقعها وفي نفس الوقت تبدأ كل الأجهزة في إستقبال الإشارة من الأقمار الصناعية الأجهزة الجيوديسية ثنائية التردد هي المستخدمة في هذا الطريقة حتي يمكن الوصول الي مستوي الدقة المطلوبة وإن كان يمكن إستخدام الأجهزة أُحادية التردد

للمسافات الصغيرة التي لا تتجاوز 20 كيلومتر. تتراوح فترة الرصد المشترك session التي تعمل خلالها أجهزة الإستقبال بين 30 دقيقة و عدة ساعات طبقا لطول المسافات بين الجهاز الثابت و الأجهزة الأخرى ما يطلق عليه خط القاعدة أو خطوط القواعد(Base Line) تقوم أجهزة الإستقبال بتجميع الأرصاد بمعدل (Sample Rate) رصده كل 15-20 ثانية.

توجد عدة أساليب لتجميع البيانات تعتمد علي عدد أجهزة الإستقبال المتوفرة اذا لم يتوفر إلا جهازين إستقبال فقط فيتم العمل بإسلوب خط القاعدة Base Line حيث يوضع الجهاز الثابت علي النقطة المعلومة و الجهاز الآخر علي أولى النقاط المجهولة لفترة زمنية ثم ينتقل الي النقطة المجهولة الثانية ثم الثالثة و هكزا. بينما في حالة توافر أكثر من جهازين فإن أسلوب العمل يتم بطريقة الشبكة Network حيث جهاز أو أحيانا إثنين فوق النقطة (أوالنقطتين) المعلومتين بينما توضع باقي الأجهزة علي النقاط المجهولة.

4-7-2-1 طرق الرصد الثابت السريع Rapid Static :

تتميز طريقة الرصد الثابت السريع أنها تقلل بدرجة كبيرة من الوقت اللازم لتجميع البيانات الحقلية مما يجعلها ، مناسبة للأعمال المساحية التفصيلية و الطبوغرافية في منطقة صغيرة . لكن وعلي الجانب الآخر فإن الدقة المتوقعة لهذه الطريقة قد لا تصل لنفس دقة طريقة الرصد الثابت التقليدية مما يجعلها غير مطبقة في الأعمال الجيوديسيا الدقية.

4-7-2 طرق الرصد المتحركة Kinematic :

تعتمد فكرة الرصد المتحرك علي وجود جهاز ثابت مرجعي Base علي النقطة المعلومة بينما يتحرك الجهاز الآخر Rover (أوالأجهزة) المجهولة لرصد عدد من النقاط. تختلف طرق الرصد المتحرك بناءا علي عاملين : أسلوب حركة الجهاز الثاني , طريقة نقل التصحيحات من الجهاز الثابت لباقي الأجهزة .

4-7-2-1 طريقة الرصد المتحرك و الحساب لاحقآ :

في هذه النوعية من أساليب الرصد المتحرك يتم الاعتماد علي أن التصحيحات- التي يقوم بحسابها الجهاز المثبت فوق النقطة المعلومة – سيتم نقلها الي أرصاد الأجهزة المتحركة عن طريق برنامج الحساب Software في الحاسب الألي بعد الإنتهاء من الأعمال الحقلية, اي ان حساب إحداثيات

النقاط المرصودة سيكون في المكتب أو Post Processing و ليس في الحقل (تسمي هذه الطريقة PPK إختصاراً لكلمات Post Processing Kinematic).

أولاً: طريقة الذهاب و التوقف Stop and Go و فيها يوقف الجهاز المتحرك Rover لمدة 15-30 ثانية ليرصد كل نقطة من النقاط المجهولة.

يتوقف جهاز للاستقبال لمدة 5-10 دقائق يجمع فيها عدد من أرصاد الأقمار الصناعية يسمح بحساب قيمة الغموض Ambiguity, وتسمي هذه الخطوة الإعداد Initialization ، ثم يبدأ التحرك إلي النقطة الثانية ثم الثالثة و هكذا و هو مستمر في تجميع الأرصاد . طالما لم ينقطع الاتصال (استمرارية استقبال الموجات) بين المستقبل و الأقمار الصناعية فتستمر حركة الجهاز إما إذا ، أنقطع هذا الاستمرار أي حدث – Cycle Slip –خطأ تغير الدورة فيجب العودة لآخر نقطة مرصودة و البقاء أعلاها في وضع الثبات لمدة 5-10 دقائق (عملية إعداد جديدة) ، ومن هنا جاء اسم هذه الطريقة : الذهاب و التوقف التي تناسب الرفع المساحي التفصيلي في حدود 10-15 كيلومترحول النقطة المعلومة. تقليديا كانت طريقة الذهاب و – التوقف أقدم طرق الرصد المتحرك تم تطويرها في نهاية الثمانينات من القرن العشرين – الميلادي وربما لم تعد مستخدمة بكثرة الآن.

ثانياً : أحدث طرق الرصد المتحرك هي ما تعرف باسم طريقة الرصد ال شبه متحرك Pseudo- Kinematic والبعض يسميها طريقة الرصد المتحرك Kinematic مباشرة. وأهم مميزاتها أنها لا تتطلب الوقوف عند كل نقطة مجهولة، إنما تكتفي برصدها حتى ولو ثانية واحدة . أيضا لا تتطلب طريقة الرصد شبه المتحرك إجراء عملية الإعداد لأنها تطبق مبدأ رياضي حديث يسمح بحساب قيمة الغموض أثناء بدء حركة الجهاز Rover من نقطة لأخري.

4-7-2-2 طرق الرصد المتحرك مع الحساب اللحظي :

تعتمد هذه الطرق علي وجود جهاز راديو عند النقطة الثابتة يقوم بإرسال أو بث التصحيحات التي يقوم الجهاز المرجعي بحسابها إلي الجهاز(أو الأجهزة) المتحرك والذي بدورها يكون متصل بجهاز راديو لاسلكي آخر أي أن الجهاز المتحرك سيتكون من وحدتين : وحدة استقبال إشارات الأقمار الصناعية، بالإضافة إلي وحدة استقبال لا سلكية لاستقبال التصحيحات المرسلة من الجهاز الثابت . من أرصاد الأقمار الصناعية يقوم الجهاز المتحرك بحساب إحداثيات النقطة لمرصودة (لكنها إحداثيات

غير دقيقة تماما) ومن تصحيحات الجهاز المرجعي يقوم الجهاز المتحرك بتصحيح الإحداثيات للوصول إلي قيم دقيقة في نفس اللحظة فتسمي هذه الطرق بطرق الرصد المتحرك الآني Real-Time .

بناءاً علي نوع التصحيحات التي يحسبها الجهاز الثابت فتوجد طريقتين من طرق الرصد المتحرك مع الحساب اللحظي .إذا كانت التصحيحات خاصة بأرصاد الشفرة code فإن الطريقة تسمي الجي بي أس التفاضلي Differential GPS أو اختصاراً DGPS . بينما إن كان الجهاز الثابت يقوم بحساب و تصحيح أرصاد طور الموجة Carrier Phase فإن الطريقة تسمي الرصد المتحرك اللحظي Real-Time Kinematicأو اختصارا RTK. وكما سبق الإشارة فأن أرصاد طور الموجة تكون أكثر دقة من أرصاد الشفرة مما يؤدي إلي أن دقة طريقة الجي بي أس DGPS التفاضلي تكون عدة ديسيمترات أو ما هو أقل من المتر، بينما تصل دقة طريقة الرصد المتحرك اللحظي RTK إلي 2-5 سنتيمتر ولذلك فإن طرق الرصد التفاضلي تستخدم في التطبيقات الملاحية و نظم المعلومات الجغرافية بينما طريقة الرصد المتحرك اللحظي هي المطبقة في الأعمال المساحية .

4-8 نظم ملاحية أخري لتحديد المواقع :

لا يعد الجي بي أس هو النظام الملاحي الوحيد المتوافر حالياً لتحديد المواقع باستخدام الأقمار فتوجد عدة نظم شبيهة سواء نظم عالمية تغطي خدماتها كل الأرض أو نظم إقليمية(تغطي خدماتها مناطق معينة) وهي :

1- النظام الروسي جلوناس
2- النظام الأوربي جاليلو
3- النظام الصيني بيدو

وهنالك ايضآ نظم إقليمية محلية مثل:

1- النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية .
2- نظم الأزدياد .