آمنة. ويستخدم مصممو الأقمار الصناعية أجهزة تحكم حرارية متنوعة. فيستخدم الطلاء والطبقة العازلة الخارجية للقمر لعكس أو امتصاص الطاقة. والعزل هو إحدي الطرق لحماية الأنظمة الداخلية من ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة. وأكثر أنواع العزل المستخدمة تسمي كابتون Kapton وهي تشبه الرقائق الذهبية. وأكثر أجهزة الحماية الحرارية فعالية هي السخانات.

5-1 : الأوامر والتحكم :

رغم أن بعض الوظائف في القمر يمكن تشغيلها أتوماتيكيا إلا انها تظهر على أجهزة المراقبة الأرضية ليتحقق من صحة عملها. ولعمل ذلك يجب تزويد بعض الأجهزة المساعدة أو رواد الفضاء بالتعليمات، ويجب أن يكون هناك نظام اتصال، وهو نظام يرسل الأوامر ويستقبل البيانات التي تفيد في نجاح تنفيذ تلك الأوامر. إن اتصال المحطة الأرضية بالقمر الصناعي أو إرسال الأوامر هو عبارة عن إشارات ترسل من المحطة الأرضية إلى القمر الصناعي. وتحل الأجهزة المساعدة بالقمر شفرة تلك الأوامر ثم تنفيذها أو تخزينها لاستخدامها في وقت لاحق. والأوامر ترسل في الواقع إلى القمر الصناعي على شكل برنامج حاسب إلى كل سطر فيه يغلق أو يفتح أجهزة التحكم المساعدة في القمر حسب الحالة المطلوب أن يكون فيها.

بعض وظائف أجهزة الاتصال هو معالجة البيانات. وأجهزة معالجة البيانات في القمر الصناعي تجمع البيانات من الأجهزة المساعدة الأخرى على القمر (مثل درجة الحرارة – حالة تشغيل أو إغلاق كل جهاز على القمر – مستوى الوقود – مستوى شحن البطاريات ..... الخ). أو ربما يقوم رواد الفضاء بتشفير البيانات وإرسالها إلى المحطة الأرضية وتسمي هذه العملية بالربط الأرضي وسيل البيانات المرسل للأرض يعرف باسم القياس من بعد أو التليمتري Telemetry.

والتليمتري هي البيانات التي تصف حالة تشغيل القمر الصناعي. وهو يشبه جهاز الراديو في الطائرة الذي يرسل لبرج المراقبة وضع الطائرة أثناء رحلتها، مثل سرعة الرياح والارتفاع والاتجاه وحالة الوقود. وبعد تحليل البيانات يمكن تحديد الأوامر التي يمكن أن ترسل للطائرة لتصحيح اتجاهها، أو معالجة أي مشاكل بها. وهذا تماما ما يشبه أجهزة التحكم والاتصال بالقمر الصناعي. فإن تحليل بياناته يتبعه قائمة بأوامر توضع فيها ما يسمي بخطة التحرك.

والمحطة الأرضية تتكون من طبق استقبال عرضه أكبر من 18.28 متر، وجهاز إرسال واستقبال، وسلسلة من أجهزة الحاسب لتحليل البيانات، وأرشيف لتسجيل البيانات التليمترية. وعدد المحللين للبيانات بالمحطة الأرضية يعتمد على طبيعة القمر

الصناعي، فالأقمار الصناعية المتزامنة مع دوران الأرض تتطلب عددا أقل من المراقبين حيث أن الأقمار تكون مراقبة بصريا أو في مجال رؤية المحطة الأرضية. أما الأقمار ذات المدار المنخفض وقريبة لسطح الأرض تكون على اتصال بالمحطة لفترات قصيرة لدورانها السريع حول الأرض، لذلك تحتاج إلى محللين أكثر ليتعاملوا بسرعة مع المشاكل التي تطرأ.

ويعتمد الوقت الذي تكون فيه الأقمار في مستوى رؤية المحطات الأرضية على ارتفاعها ونوع مدارها. فالأقمار منخفضة المدار (LEO) يكون زمن رؤيتها ما بين 5 إلى 10 دقائق ويزداد الزمن تدريجيا بزيادة الارتفاع حتى تصل إلى ارتفاع يكون القمر متزامنا مع دوران الأرض وذلك على ارتفاع 37497.72 كم (يدور القمر في مداره بنفس سرعة دوران الأرض حول محورها في 23 ساعة 56 دقيقة). وهذه الأقمار تكون دائمة الرؤية بالنسبة للمحطة الأرضية خلال 24 ساعة. وبالنسبة للأقمار منخفضة الارتفاع فإن محطة أرضية واحدة لا تكفي لتتبعها، فالأقمار التي مداراتها قطبية ومع دوران الأرض تحت القمر (أي مستوى مداره يمر أو قريبا من قطبي الأرض)، فإن القمر سيمر فوق أي نقطة على الأرض مباشرة مرتين مره والقمر هابط إلى دائرة الاستواء في أحدي دوراته، ومرة والقمر صاعد إلى دائرة الاستواء في دورة أخرى خلال 24 ساعة. لذلك حتى لو وقعت المحطة الأرضية مباشرة تحت مدار القمر فربما لن يمر القمر مرة ثانية فوق المحطة مباشرة. وهذا سببه الوقت الذي يأخذه القمر لزيارة نفس الموقع على الأرض مرة أخرى. وعلى آيه حال لإرسال الأوامر والتحكم في القمر فإن القمر يكون على اتصال بمحطات أخرى ليست تحت مداره مباشرة، ولكن بزوايا مختلفة، ولكن هذه الزوايا محدودة لانحناء سطح الأرض. وهذا يعني أن بعض الأقمار يمكن رؤيتها من المحطات الأرضية لوقت محدود كل يوم. ويمكن أن يكون وقت الرؤية أقل إذا كانت تلك المحطات تستخدم لأقمار مختلفة ومعقدة ويكون هناك تعارض في متطلبات وقت الرصد المتاح.

ويمكن التغلب على تلك المشكلة إذا كان القمر مزودا بشرائط تسجيل للبيانات في الفترة الغير متاح فيها الاتصال بالمحطة الأرضية، ثم إعادة بثها إلى المحطة الأرضية في وقت لاحق. وهذا سبب تعدد المحطات الأرضية حول العالم لتدعيم عمل الأقمار منخفضة المدارات. وتستخدم حديثا مجموعة أقمار تكون ما يسمي بالكوكبة أو المجموعة Constellation ترتبط بنظام اتصال واحد حيث يتم إرسال بيانات من أو إلى القمر الذي يكون وضعه مناسبا للمحطة الأرضية. وهذا النظام يستخدمه مكوك الفضاء Space shuttle حيث يرسل الصوت والبيانات إلى نظام أقمار صناعية للإتصالات يسمي تيدرس (TDRSS) Tracking and data relay satellite system. وقبل استخدام هذا النظام ذو الأقمار الثلاثية، فإن مكوك الفضاء وطقم القيادة لم يستطع

التحدث إلى المحطة الأرضية عندما يقع تحت أفق المحطة الأرضية أي لا يقع في مجال رؤيتها.

6-1 : شروط إطلاق المركبات الفضائية :

إن متطلبات المهمة الفضائية للقمر تحدد المدار المطلوب لإتمام المهمة ، على سبيل المثال أقمار الاتصالات عموما تكون في أوضاع ثابتة بالنسبة لنقطة على سطح الأرض Geostationary ، وتدور أقمار الأرصاد الجوية في مدارات قطبية orbits Polar. ولإطلاق أي قمر يجب أن يتم ذلك من موقع خاص على سطح الأرض وفي أوقات محدودة تسمي بنافذة الإطلاق Launch Window. ونافذة الإطلاق هي الفترة الزمنية التي يمكن فيها إطلاق القمر في الظروف المناسبة إلى المدار المحدد له. وبالطبع يمكن وضع القمر في أي ميل بعمل مناورة لمداره تسمى تغيير المستوى Plane Change. ولكن هذه النوعية من تغير ميل المدار تكون مكلفة جدا في استهلاك الوقود. وهذه التكلفة ناتجة من مقدار التغير في السرعة المطلوبة لتغير ميل المستوى. لذلك يفضل إطلاق القمر مباشرة إلى المدار ذو الميل المطلوب باطلاق القمر من خط عرض مناسب على سطح الأرض.

إن خط عرض موقع الإطلاق وميل المدار المطلوب سوف يحددان نافذة الإطلاق وهناك نافذة أو نافذتين للإطلاق كل يوم. فإذا كان ميل المدار المطلوب أقل من خط عرض موقع الإطلاق فلا توجد أي فرصة لإطلاق القمر مباشرة إلى ميل المدار المطلوب (يلزم أن يكون خط عرض موقع الإطلاع مساويا أو أقل من ميل المدار المطلوب). و يوضح الشكل (1-6) أن دوران الأرض سوف ينتج نافذة واحدة وذلك لتلامس المسار الأرضي للقمر مع دائرة خط عرض موقع الاطلاق عند نقطة واحدة (الحالة اليمنى) أو نافذتين للإطلاق كل يوم وذلك لتقاطع المسار الأرضي للقمر مع دائرة خط عرض موقع الاطلاق في نقطتين (الحالة اليسرى). ومن السهل ملاحظة أن في حالة مدار ميله أقل من خط عرض موقع الإطلاق فإن مستوى المدار وخط عرض موقع الإطلاق لن يتقاطعا ولن توجد أي إمكانية للتقاطع. وكل الأقمار الاستوائية المتزامنة مع الأرض (مدارها منطبق مع دائرة الاستواء للأرض وتدور بنفس سرعة دوران الأرض حول محورها) يكون ميلها صفرًا تقريبا. لذلك تحتاج هذه الأقمار وقودا إضافيا لإنتاج تغير في السرعة ولتحويل ميل مدار القمر من الميل الذي أطلق به تبعا لخط عرض (أكبر من الصفر) موقع الإطلاق إلى مدار ميله صفر أي استوائي. وهذا يوضح سبب إطلاق الأقمار من مركز كنيدي الفضائي Kennedy Space Center (الذي خط عرضه 28.5 درجة شمالا) والتي يمكن تغير ميلها إلى الصفر لتصبح مدارات استوائية متزامنة. وهذه التكلفة في تغير السرعة أحد الأسباب التي