الشكل (1-4). ارتطام شظية بنافذة مكوك الفضاء.

4-1 : مكونات القمر الصناعي :

لتحديد مكونات أي قمر صناعي يجب أولا معرفة الإطار الذي يحدد مهمة هذا القمر قبل تصميمه. إن هدف الرحلة أو لماذا سنصنع هذا القمر؟ سيحدد الغرض من الرحلة وما هي الخدمات التي سيقدمها للمستخدمين. وعند معرفة ذلك يبدأ تصميم القمر وتحديد أجزائه.

إن أول خطوة في تصميم القمر الصناعي هي تحديد حجم الشحنةPayload التي سيحملها ونوعيتها ووزنها. والمقصود بالشحنة أو الحمولة هي مجموعة المستشعرات Sensors (أجهزة الاستشعار)، والأجهزة الأخرى التي ستخدم الرحلة. على سبيل المثال القمر الذي يصور الأرض سيستخدم آلات تصوير تحول
الصورة إلى أرقام تخزن على أشرطه، وطبق للاتصالات يمكنه من إرسال تلك الصور إلى الأرض والتقاط الأوامر من المحطة الأرضية. وقمر الاتصالات تحتوي شحنته على طبق اتصالات وجهاز المتلقي Transponder لتكبير وتعديل ترددات الإشارات المرسلة أو المستقبلة. وحمولة القمر هي التي ستتحكم في تصميم المكونات الأخرى للقمر ومتطلباتها مثل حجم القمر، ونوع المدار الذي سيتخذه، ونوع الصاروخ الذي سيتم استخدامه لإطلاق هذا القمر. والحمولة هي أعقد جزء في القمر وأكثرها تكلفة وكل قمر عامة يحتوي على حموله واحدة. ولكن إذا وجد مكان متسع يمكن حمل حمولة أساسيه وأخرى أو أكثر ثانوية.

1-4-1 : المركبة الفضائية :

هي المركبة التي تنقل شحنات أو أجهزة إلى الفضاء وهي تشبه الأتوبيس المدرسي الذي ينقل التلاميذ من وإلى المدرسة، والمركبة الفضائية تنقل الحمولة إلى مدار حول الأرض. وفي الحقيقة هناك تشابه كبير بين أتوبيس المدرسة والمركبة الفضائية فهي تتكون من جسم القمر (شاسية الأتوبيس)، ونظام الدفع (محرك الأتوبيس)، وأجهزة التحكم (صندوق التروس)، والمولد والقوة الكهربائية (البطارية)، أجهزة تحكم حرارية (أجهزة التكييف والتدفئة)، وأجهزة الاتصال المساعدة (الراديو).

2-4-1 : التركيب :

تركيب القمر يشبه الهيكل الخرساني لعمارة فالمبني يحتوي على فتحات للنوافذ وأسلاك للكهرباء والهاتف ممتدة داخل المبني و ألواح خارجية لحماية المبني من الطقس الخارجي. والقمر يحتوي على فتحات لوضع أجهزة الاستشعار وأسلاك للطاقة وأخرى للاتصالات، وعزل يساعد على التحكم في درجة الحرارة. أيضا يحتوي على دعامات وأجهزة توجيه لتثبيت الحمولة والأجهزة المساعدة الأخرى أثناء التصنيع، ويجب أن تكون قوية بدرجة كافية لحمايتها عند الانطلاق حتى دخولها في المدار. وعند دوران المركبة أو القمر في المدار يجب إطلاق صواريخ القوة الدافعة مرات متعددة للاستقرار في المدار المرسوم له، ثم فرد وتثبيت الألواح الشمسية وطبق الاستقبال، والأجهزة الأخرى المساعدة التي يجب فردها خارج جسم المركبة.

ونظام الدفع يعطي القمر الدفعات الصغيرة التي يحتاجها لوضعه في مداره الصحيح أو تصحيح مداره. والقمر عند إطلاقه يوضع في مدار ابتدائي يعرف بمدار الانتظار Parking Orbit. ويصل القمر لهذا المدار بواسطة الصواريخ الدافعة العملاقة أو المكوك الفضائي Shuttle. وتستخدم هذه الأجهزة للمساعدة على التخلص والهروب من الجاذبية الأرضية عند الإطلاق. وعند الدخول في مدار الانتظار يتخلص القمر من صواريخ الإطلاق الضخمة لإنتهاء مهمتها وتقليل الحمولة. ويستخدم في توجيه حركة القمر بعد ذلك أجهزة دافعة صغيرة تنقل القمر إلى المدار النهائي. وفي المدار النهائي للقمر نجد أن هناك بعض القوى التي تؤثر على هذا المدار وتجعله ينحرف بمرور الزمن، وهي قوى جذب الشمس والقمر، وعدم كروية الأرض، وأيضا ضغط الإشعاع الشمسي، وكذلك قوة مقاومة الغلاف الجوي للأقمار القريبة من سطح الأرض. وهذه القوى تجعل مدار القمر يقترب من الأرض حيث أن جاذبيتها أقوى. وفي هذه الحالة تستخدم أنظمة الدفع لدفع القمر إلى مداره الصحيح مرة أخرى. وبعض

الأقمار يمكنها أن تغير ميل مستوى المدار التي تتخذه ولكن هذا النوع يحتاج إلى طاقة عالية جدًا وهي نادرة. وأغلب الأقمار تحتفظ بمدار واحد أثناء رحلتها بالكامل.

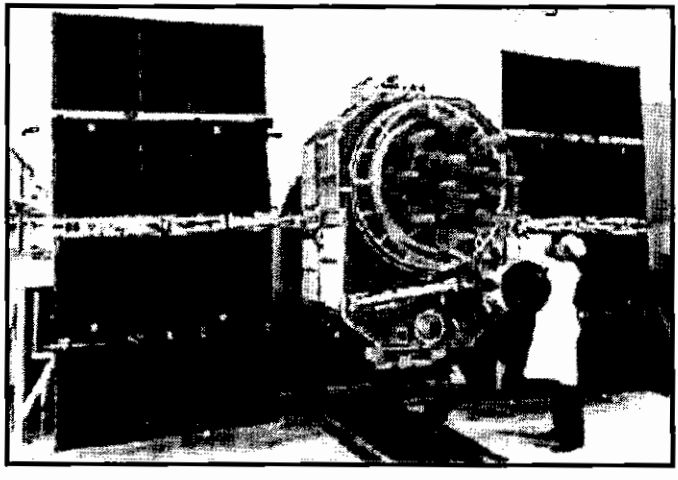
3-4-1 : أنظمة التحكم :

هذه الأنظمة هي التي تتحكم في حركة القمر الصناعي. بينما تستخدم أنظمة الدفع طاقة عالية لتتمكن من المناورة والتنقل بين المدارات للوصول إلى المدار النهائي. إلا أن أنظمة التحكم تستخدم طاقة أقل لتصحيح وضع القمر في مداره النهائي. وأنظمة التحكم تشبه التحكم في حركة الطائرة باستخدام أجزاء متحركة من سطحها مثل الأجنحة والذيل. وأنظمة الدفع تشبه محركات الطائرة التي تستخدم في الإقلاع والحركة بينما توجيه الطائرة يحتاج فقط إلى حركة بعض أجزاء الجناح أو الذيل فقط، مثل دفه الطائرة والجنيح. فأنظمة التحكم في القمر تتحكم في درجة إنحدار أو ميل القمر Pitch أو انحرافه Yaw أو دورا نه Roll. وبمعني آخر هي التحكم في توجيه القمر. إلا أن القمر لا يستطيع استخدام أجزاء سطحه في التوجيه حيث لا يوجد غلاف جوي في الوسط الذي يتحرك فيه القمر الصناعي. لذلك يستخدم القمر أجهزة حركة دافعة صغيرة أو جيروسكوبات لتغير وضع واتجاه القمر في الفضاء. واستخدام المحركات الدافعة للتوجيه هي طريقة تعطي قوة كبيرة وعالية الدقة وسريعة. إلا أن هذه المحركات تحتاج إلى وقود وهو محدود الكمية في خزانات القمر. لهذا توجد طرق أخرى تستخدم للتحكم في القمر بدون استخدام أي وقود. وهذه الطرق تستخدم جاذبية الكواكب وطبقة الغلاف الجوي المغناطيسي وعزم أجهزة التحكم. والنوع الأخير يستخدم في تغير سرعة واتجاه الأجسام التي تدور حول نفسها داخل القمر مثل (الجيروسكوب) والتي تسبب دوران القمر حول نفسه. وللتحكم في وضع القمر يمكن ضبط هذه الأجهزة في أي اتجاه حيث توضع جيروسكوبات في ثلاث محاور متعامدة ويمكن التحكم في السرعة والاتجاه كهربائيا وهذه الطريقة يمكن استخدامها طوال عمر القمر الصناعي ولا تحتاج إلى وقود.

والاقلاقات التي تتسبب في اضمحلال مدار القمر تتسبب أيضا في انحراف وضع القمر. ويمكن استشعار التغير في وضع القمر في مداره بواسطة أجهزة استشعار تحديد اتجاه الأرض والشمس والنجوم كمرجع لها في تحديد موضع القمر. ويمكن إتمام التصحيح بطريقة أتوماتيكية (ذاتية) مثل ما يحدث في الطائرة عند استخدام الطيار الآلي أو ترسل البيانات التي تجمعها المستشعرات إلى الأرض حيث ترسل الأوامر المناسبة للقمر الصناعي لتصحيح وضعه في الفضاء.

4-4-1 : أنظمة الطاقة :

إن الطاقة الكهربية هي العنصر الأساسي المستخدم في عمل معظم الأجهزة المساعدة للقمر، والمصدر الرئيسي للكهرباء في القمر في مداره هي الشمس. فالطاقة الشمسية تُجمع بواسطة عدد كبير من الخلايا الشمسية المركبة على جناحين متصلين بالقمر. والصورة (1-5) هي للقمر GPS في المعمل قبل إطلاقه، ويظهر الجناحان المتقابلان على جانبي القمر المركب بهما الخلايا الشمسية. وتجمع هذه الخلايا الشمسية الإشعاع الشمسي وتحوله إلى طاقة تستخدم أثناء الرحلة في الفضاء. وإذا وقعت الأرض بين القمر الصناعي والشمس فإن ظل الأرض يحجب الشمس عن الخلايا الشمسية وتسمي هذه الحالة بالخسوف وهي تستمر فترة زمنية طولها ثلث دورة القمر تقريبا إذا كان مدار القمر قريبا من الأرض (مدار منخفض) وتقل هذه الفترة كلما زاد ارتفاع القمر عن الأرض، وأثناء الخسوف يزود القمر بالطاقة من بطاريات تشحن أثناء مرور القمر أمام الشمس لإستخدامها أثناء الخسوف.



الشكل (1-5). الألواح الشمسية على جانبى القمر الصناعي.

5-4-1 : أنظمة التحكم الحراري :

إن شحن وتفريغ البطاريات، كذلك أشعة الشمس المباشرة تمثل السبب الأكبر في ارتفاع درجة حرارة القمر الصناعي. وعندما يكون القمر في حالة الخسوف فإن درجة حرارته تنخفض إلى درجة من البرودة تكفي لتجميد الوقود. وحيث أن مدى التغير في درجات الحرارة كبير جدا من التجمد إلى الحرارة المرتفعة، لذلك يلزم تزويد القمر بنظام تحكم حراري بحيث يحفظ الحرارة للحمولة والأنظمة المساعدة في حدود دقيقة

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