

Piccoli satelliti crescono.

Una nave e un aereo

“Questa e’ la prima immagine che abbiamo preso con il satellite Formosat-2, il 4 giugno 2004; la risoluzione dell’immagine e’ di 2 metri. Come potete vedere nel tratto di mare adiacente alla costa taiwanese, si distinguono chiaramente una nave ed un aereo. La nave e’ una fregata della marina Taiwanese, mentre l’aereo appartiene alle forze armate della Repubblica Popolare Cinese!”. Questa frase di Lance Wu, brillante matematico, venture capitalist e neo presidente della NSPO, la piccola ma superdinamica Agenzia Spaziale Taiwanese fondata nel 1991, fa capire senza mezzi termini, quanto possa essere importante per un piccolo paese l’accesso ad un punto di osservazione cosi’ privilegiato come lo spazio. La NSPO, con solo 200 dipendenti e 80 milioni di dollari di bilancio annuale, sta trasferendo nel settore spaziale le qualita’ tecnologiche, organizzative e commerciali che hanno reso negli anni passati Taiwan protagonista dell’economia mondiale, ben prima dell’arrivo sulla scena degli altri paesi asiatici, Cina inclusa. Dalla sua fondazione ad oggi i Taiwanese ha gia’ messo in orbita 2 minisatelliti per l’osservazione della terra (circa 400 kg ciascuno), e si appresta a lanciare nel 2006 una formazione di sei microsattelliti da 70 kg, con a bordo una tecnologia che promette di rivoluzionare l’analisi dell’atmosfera per applicazioni metereologiche. (per la classificazione dei satelliti in funzione del loro peso vedere la Tabella 1). La NSPO e’ anche impegnata nello sviluppo di nano satelliti da 1 kg, una tecnologia che garantirà un accesso allo spazio a costi bassissimi

La NSPO e’ forse l’esempio piu’ significativo di un processo di aumento nella domanda di accesso allo spazio da parte di soggetti diversi dai quelli che storicamente lo hanno conquistato 50 anni fa. Si tratta di soggetti emergenti, che vanno da nazioni che si stanno affermando nello scenario internazionale, al settore delle piccole o medie industrie private fino a consorzi di centri di ricerca e università, sia pubblici che privati.

Questi nuovi utenti ed attori settore spaziale beneficiano delle tecnologie legate all’affermarsi di processi di miniaturizzazione sempre piu’ spinta, sia nel campo dell’elettronica, (VLSI) che della meccanica e micromeccanica (MEMS), collegati ad aumenti sostanziali nella qualita’ dei prodotti di massa (in particolare dei circuiti VLSI) che permettono il loro impiego affidabile nelle condizioni avverse che si incontrano nello spazio. Parliamo delle tecnologie contenute nei telefoni cellulari, nei compact disk e nelle altre forme di elettronica di largo consumo, disponibili oggi ad un rapporto costo/qualita’ assolutamente impensabile al tempo del programma Apollo. Al punto che oggi assistiamo ad un effetto speculare rispetto a quello che si e’ presentato negli anni ‘60/’70, quando l’investimento in grandiosi programmi spaziali come quello della conquista della luna portò a ricadute tecnologiche che diedero un grande stimolo competitivo all’economia statunitense e quindi mondiale. Oggi sono invece le tecnologie sviluppata per i mercati di massa che giocano il ruolo di stimolo tecnologico nelle politiche spaziali dei nuovi soggetti emergenti. Se pensiamo infatti alla quantita’ di tecnologia contenuta nei duecento grammi di un moderno telefono cellulare (la capacita’ di rice/trasmissione in gprs, una CPU degna di un laptop, una memoria di massa di

centinaia di MB, la capacità di catturare immagini e filmati con milioni di pixel per frame, il tutto alimentato da batterie ricaricabili ultraleggere con grande capacità e lunga durata...), e teniamo conto che si tratta di uno strumento disegnato per resistere agli urti, alle vibrazioni, al caldo, al freddo, all'umidità, agli sbalzi di pressione e ai disturbi elettromagnetici risulta chiaro che la strada per farlo diventare una potente ed economicissima stazione picosatellitare per le telecomunicazioni o per l'osservazione della terra potrebbe non essere molto lunga.

<i>Nome</i>	<i>Massa Totale</i>	
Grandi Satelliti	>1000 kg	
Satelliti Medi	500-1000 kg	
Mini-satelliti	100-500 kg	Piccoli Satelliti
Micro-satelliti	10-100 kg	
Nano-satelliti	1-10 kg	
Pico-satelliti	0.1-1 kg	

Tabella 1: Classificazioni dei satelliti in funzione del loro peso

Mr. Ford a Pechino

Durante una recente visita del nuovo centro del CASC (Chinese Aero Space Corporation), situato alla periferia di Pechino, il Ministro per le Attività Spaziali Cinesi e Presidente del CASC, Zhang Qingwei, ha voluto accompagnarci nella visita di un gigantesco edificio appena inaugurato, interamente dedicato al montaggio e alla integrazione in serie di microsattelliti. Questo stabilimento è stato concepito per essere in grado di soddisfare la prevedibile richiesta commerciale cinese (e mondiale) dei prossimi anni. Mentre nel caso del trasporto spaziale umano siamo ancora lontani dall'avvento di processi industriali in grado di abbattere i costi e fornire un servizio ad un numero significativo di utenti, nel caso dei microsattelliti Mr. Ford è già tra noi e potrebbe avere gli occhi a mandorla.

L'idea di una produzione in massa di microsattelliti non è certo nuova. Nella periferia di Roma, si può ancora visitare la catena di integrazione che è servita dieci anni fa alla costruzione in serie dei satelliti per Globalstar, una delle grandi costellazioni per la telefonia satellitare realizzate negli anni '90 ma ben presto andate in crisi di fronte allo straordinario sviluppo del cellulare terrestre.

Anche grazie all'avvento della Cina, che può contare su un significativo mercato interno con volumi garantiti, l'avvento di una stabile produzione industriale di microsattelliti per uso civile sembra ormai essere alle porte. Ci sono delle valide ragioni economiche che spingono in questa direzione soprattutto il fatto che l'abbassamento del costo dell'accesso allo spazio reso possibile dalla combinazione delle nuove tecnologie e con i

processi di produzione industriale nel campo satellitare, aprirebbe il mercato a un numero crescente di utenti.

Ma cosa determina il costo di un microsatellite ? Tradizionalmente si può scomporre in tre parti: il costo del vettore, il costo del satellite comprensivo di strumentazione tecnico/scientifica, ed il costo delle operazioni per la durata della missione.

Per quanto riguarda il costo della messa in orbita, nel caso di orbita bassa (LEO) esso si aggira tra i 5.000 ed i 10.000 €/kg mentre nel caso di orbita geostazionaria (GTO) il prezzo aumenta di due o tre volte, con una variabilità che dipende dalle dimensioni del lanciatore e dalla nazione che lo offre (vedi Tabella 2)¹

Classe di lanciatore	LEO		GTO	
	Occidentale	Non-Occidentale	Occidentale	Non-Occidentale
Piccolo	18.500	7.100	41.500	N/D
Medio	11.000	5.300	26.700	21.700
Grande	9.800	4.300	37.500	15.300

Tabella 2 – Costo per chilogrammo messo in orbita (in Euro)

A questi prezzi, la messa in orbita bassa di un satellite da 50 Kg costa tra 200.000 ed i 400.000 € , una cifra alla portata di molti utenti pubblici o privati. Naturalmente questi prezzi riguardano lanci di tipo multiplo, vale a dire in cui un lanciatore mette in orbita contemporaneamente un certo numero (3-6) di minisatelliti, o di tipo *piggy-back*, caso in cui il lancio di grosso satellite pesante migliaia di chili include uno o più minisatelliti. Per quanto riguarda il costo della strumentazione di bordo, essa dipende fortemente dalle sue caratteristiche. Ad esempio, strumentazione spaziale che preveda parti mobili, sensori o ottiche ultraprecise operanti a bassissime temperature, così come una stabilizzazione orbitale con caratteristiche estreme, può risultare molto costosa. Ma se si tratta di strumentazione basata su tecnologie già impiegate sulla terra, ad esempio su componenti microelettronici di largo consumo, il costo di adattamento all'ambiente spaziale può essere sorprendentemente basso, in quanto questi componenti sono spesso di qualità tale da essere in grado di operare in condizioni ambientali simili a quelle spaziali.

Proprio utilizzando questo approccio fino dagli anni '80, un gruppo di ingegneri dell'Università del Surrey (Inghilterra) ha sviluppato ed è riuscito a mettere in orbita con successo una serie di sofisticati microsatelliti ad un costo di circa 3 MUS\$ ciascuno, comprensivo del lancio.

¹ Adattato da: Space Transportation Costs: Trends in Price Per Pound to Orbit 1990-2000, Futron Corporation, Bethesda, Maryland , September 6, 2002, <http://www.futron.com>

La differenza tra uno strumento che opera nello spazio e uno strumento che svolge funzioni analoghe a terra consiste nella capacità di resistere a particolari condizioni ambientali termiche (caldo, freddo), meccaniche (vibrazioni, shock, assenza di atmosfera), radiative (elettromagnetiche, ionizzanti). Ai tempi del programma Apollo, quando la microelettronica non era ancora un bene di largo consumo, gli speciali circuiti VLSI necessari per una certa missione venivano disegnati e costruiti apposta, utilizzando tecnologie in grado di resistere agli effetti della radiazione ionizzante. Questo approccio comporta costi molto elevati, in quanto il costo di disegno e progettazione del VLSI non è ammortizzato dalla produzione di un elevato numero di pezzi. Oggi invece l'eccellente qualità dei VLSI commerciali e la varietà dei prodotti esistenti sul mercato permette un approccio completamente diverso chiamato COTS (Component Off The Shelf). Prima viene scelta la tipologia del componente microelettronico commerciale (tipicamente, ma non necessariamente, di qualità "militare") di interesse per il progetto, e successivamente tale componente, viene sottoposto a prove ambientali, soprattutto di radiazione ionizzante, per verificare se sarà in grado di tollerare gli effetti degli ioni nello spazio. Per molte applicazioni spaziali l'approccio COTS risulta vincente, permettendo di utilizzare in orbita VLSI commerciali complessi come CPU, Memorie RAM e ROM, ADC, DAC, DSP, etc. a costi estremamente convenienti.

Questo approccio di sovraqualifica di qualità o *upgrading* dei componenti e delle tecnologie impiegate in prodotti di largo consumo può essere esteso anche ad altri ambiti, come quello termico, quello meccanico o quello dell'immunità elettromagnetica per produrre in questo modo strumentazione spaziale moderna a costi ridotti.

Antimateria, Ramadam e GPS

L'approccio COTS contribuisce ad abbassare il costo del "biglietto di ingresso" permettendo l'accesso allo spazio a nuovi utenti attratti da un rapporto costi/benefici più accessibile.

Nel 1985, per sfruttare questo nuovo mercato, l'Università del Surrey ha fondato uno spinoff per la progettazione, costruzione e gestione di microsatelliti commerciali, la Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL). Da quando è stata fondata la SSTL ha avuto una continua crescita commerciale e tecnologica, lanciando con successo un microsatellite ogni anno, per applicazioni che vanno dalle telecomunicazioni, alla scienza spaziale, all'osservazione della terra, a programmi tecnologici, educativi e militari.

Negli anni '90 anche altre industrie o agenzie spaziali (es. CNES in Francia, ASI in Italia) hanno iniziato a studiare missioni su microsatelliti per rispondere ad una crescente domanda da parte del mercato nazionale ed internazionale.

Ma chi sono i nuovi utenti di uno spazio più piccolo e meno costoso? Si tratta di un mercato composito che comprende enti pubblici e università, istituti di ricerca pubblici o privati, aziende ed industrie di piccola o media dimensione, nazioni emergenti che non possono aspirare all'autosufficienza in campo spaziale ma che sono interessate a mettere in orbita uno o più satelliti per applicazioni civili o militari.

Ad esempio SSTL ha realizzato e lanciato nello spazio il primo microsatellite di nazioni emergenti come Corea, Portogallo, Pakistan, Sud Africa, Cile, Singapore, Malesia e la Thailandia.

Un altro esempio lo troviamo in Italia, dove l'approccio COTS ha permesso all' INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) di trasferire con successo e a costi vantaggiosi al settore spaziale le tecnologie e la strumentazione per la rivelazione della radiazione ionizzante sviluppate in cinquant'anni di sperimentazione agli acceleratori di particelle.

Operando sistematicamente prove di sovraqualifica, e migliorando, ove necessario alcuni aspetti della strumentazione, l' INFN, in collaborazione con l' ASI, ha realizzato nel corso degli ultimi dieci anni i più complessi rivelatori spaziali di Raggi Cosmici esistenti (AMS-1, AMS-2, Pamela, GLAST), a costi complessivi paragonabili a quelli di analoghi esperimenti agli acceleratori e quindi significativamente più bassi di quanto richiesto dalla tradizionale industria spaziale. In questo caso si tratta di strumenti per lo studio delle proprietà fondamentali dell' Universo, quali l'esistenza dell' antimateria o l'origine della materia oscura, e aventi caratteristiche di complessità e sensibilità strumentale ai limiti della tecnologia. Con centinaia di migliaia (AMS-1/2) o addirittura milioni (GLAST) di canali di lettura, centinaia di CPU per il trattamento dati a bordo (AMS-2) questi strumenti sono stati chiamati, per la loro complessità, gli Hubble Space Telescope della fisica delle particelle nello spazio e rappresentano un significativo successo mondiale della ricerca e dell' industria italiana. Farei anche un riferimento al fatto che le agenzie si occupano istituzionalmente e principalmente di pre-operativo, e debbono anche fare sperimentazione. L'approccio COTS quindi va bene anche per le agenzie, ma è soprattutto sul settore commerciale che è destinato ad espandersi, ma non per cattiva volontà delle agenzie, ma per loro compito istituzionale.

Decisamente inaspettato e probabilmente il caso del microsatellite che una ditta italiana sta realizzando per l' OIC (Organizzazione della Conferenza Islamica) con l'obiettivo di determinare con precisione il sorgere della luna nuova, o *Hilal*, istante che segna l'inizio del periodo del Ramadan. Si tratta di una applicazione che difficilmente sarebbe venuta in mente ad un occidentale, ma che risulta particolarmente importante nel contesto dell'Islam, dove l'inizio di festività importanti è fissato dalla determinazione visiva di un particolare fenomeno celeste, una modalità che è esposta a tutta una serie di incertezze di carattere atmosferico che possono essere risolte con il ricorso alla tecnologia spaziale.

Una delle potenzialità più interessanti dei microsatelliti riguarda la possibilità di mettere in orbita una costellazione, dato il costo limitato di ogni singola unità. L'esempio più brillante di impiego di una costellazione è probabilmente quello di Formosat-3, il progetto Taiwanese che metterà in orbita 6 microsatelliti nel 2006. Ognuno di questi microsatelliti aggancia il segnale generato da uno dei 24 satelliti geostazionari GPS poco prima che questo venga occultato dalla terra, e registra le distorsioni del segnale GPS mentre l'onda elettromagnetica attraversa radente l'atmosfera terrestre. Queste distorsioni misurano l'andamento dell' indice di rifrazione dell'atmosfera ed sono

correlabili con la temperatura, la pressione e il contenuto d'acqua della colonna d'aria attraversata in ogni istante dal segnale GPS. In questo modo sarà possibile effettuare migliaia di tomografie dell'atmosfera ogni giorno, a tutte le latitudini e le longitudini, migliorando in modo sostanziale le informazioni attualmente ottenibili dalle poche centinaia di palloni sonda lanciati ogni giorno, e aprendo la strada a nuovi algoritmi più precisi per la previsione meteorologica.

Un'altra costellazione molto interessante è la DMC (Disaster Monitoring Constellation), recentemente messa in orbita dalla SSTL per conto di Nigeria, Algeria, Turchia, Cina ed Inghilterra. Grazie ad una disposizione particolare delle orbite dei 5 microsatelliti, ogni zona del globo può venire fotografata in rapida sequenza dai vari satelliti con un tempo di rivisitazione di 24 ore diviso il numero di satelliti, vale a dire meno di 5 ore per passaggio cosa molto utile nel caso di disastri naturali, con la totalità dei dati che rimane a disposizione del consorzio di nazioni che hanno finanziato il progetto.

Il caso Italia

Il 15 dicembre 1964, l'Italia diventa il terzo paese dopo USSR e USA a mettere in orbita un satellite, il primo microsatellite della serie S. Marco. Si tratta di un grande successo che sembra dare al nostro paese un ruolo guida in Europa in campo spaziale. Ma dopo i successi dei S. Marco ('67, '74) e del Sirio ('77), negli anni seguenti il ritmo delle attività spaziali è discontinuo. Nonostante l'ASI abbia partecipato al lancio di vari altri grandi satelliti con la NASA e con l'ESA, contribuendo spesso in modo importante alla realizzazione del payload, per quanto riguarda i piccoli satelliti nel periodo di quasi trent'anni tra il '77 e i nostri giorni, sono stati lanciati dall'Agenzia Spaziale Italiana solo due microsatelliti (S. Marco 5, '88 e Lageos 2., '92), circa di uno ogni 15 anni!

Alla fine del commissariamento degli anni '90, l'ASI ci riprova e vara un ambizioso programma di piccole missioni da lanciare con cadenza biennale. Solo la prima piccola missione scientifica, AGILE, approvata nel '99, entra in fase C/D, e dovrebbe essere lanciata, dopo vari ritardi, nel 2006. Nell'ambito dello stesso programma nel 2000 è stata lanciata la piattaforma MITA per un volo di validazione, mentre non si sono avute più notizie della seconda piattaforma messa in cantiere alla fine degli anni '90, PRIMA (sic!), che doveva essere destinata a satelliti di dimensione maggiore. Nel 2001 il programma di piccole missioni italiane viene interrotto dall'ASI, nonostante siano stati nel frattempo completati altri studi di fase A commissionati per lo studio di vari strumenti dedicati a piccoli satelliti.

Le incertezze del committente pubblico nel campo dei piccoli satelliti non hanno certamente stimolato il settore privato. Alla fine degli anni '90 vi sono stati due lanci di microsatelliti italiani nel campo delle telecomunicazioni a bassa banda (Megsat-0, '99, Megsat, '00) ma questo programma, attivato da una ditta non operante in precedenza nel settore spaziale, poi si è interrotto. Sempre nello stesso periodo sono stati lanciati anche due microsatelliti per scopi educativi (Unisat1, '00, Unisat2, '02). Negli ultimi anni sono però nate alcune interessanti iniziative di ditte nazionali attive nel settore spaziale

che sperabilmente porteranno in tempi brevi alla realizzazione di microsattelliti commerciali per il mercato interno, civile e militare, ed internazionale.

Per quanto riguarda l' ASI, colpisce come a tutt'oggi (2005) non esista una chiara programmazione nel campo delle piccole missioni, nonostante la realizzazione di microsattelliti ad alta tecnologia sia un punto regolarmente presente nei piani triennali dell' Agenzia, a riconoscimento di una dinamica ben evidente a livello internazionale. In questo campo altamente competitivo il fattore tempo è decisivo, come dimostra il caso del CNES e di altre agenzie spaziali nazionali che realizzano regolarmente piccole missioni basate su progetti nazionali aperti alla collaborazione internazionale e che hanno un ruolo importante all' interno dei rispettivi programmi pluriennali. I programmi di piccole missioni sono certamente più adatti alle agenzie nazionali che alle grandi agenzie come la NASA o l' ESA. Infatti, a fronte di investimenti relativamente modesti, questi programmi hanno anche il grande vantaggio di contribuire a mantenere e sviluppare le comunità spaziali nazionali e di attrarre e formare nuove generazioni di scienziati ed ingegneri su progetti concreti, affrontando problematiche scientifiche ed con le più avanzate tecnologie e nell'ambito di tempi di realizzazione commensurati alla durata della carriera professionale delle singole persone. Anche per questa ragione essi dovrebbero essere sostenuti e sviluppati con continuità nell'ambito di uno sforzo coordinato tra pubblico e privato per permettere al nostro Paese di mantenere un alto livello di competitività in un moderno scenario spaziale in continua evoluzione. Per questo motivo possiamo solo augurarci che la strategia sui minisatelliti inclusa nel piano triennale licenziato di recente dall' ASI venga effettivamente messa in atto in tempi brevi, e non rimanga, ancora una volta, una intenzione non realizzata.