

Domenico Marini • I8CVS
Via A. de Gasperi 89 - Parco Merola
80059 Torre del Greco (NA)

Parte 1^a

Phase-3D una speranza nel futuro

Premessa

Al titolo, si potrebbe aggiungere, "difficile e impegnativo", e posato un attimo il saldatore per realizzare la stazione terrena a 10,5 GHz della 9^a puntata su RR 12/97, diamo uno sguardo generale tecnico-operativo a Phase-3D anche perché il Direttore di RR I2MQP, ci ha promesso molte pagine per molte foto.

Anche se oggi non possiamo prevedere la data di lancio né il vettore con cui il satellite sarà lanciato, P-3D aprirà di certo una nuova era alle nostre telecomunicazioni via satellite.

Ricordate il nostro stato d'animo dopo il 23 maggio 1980 quando perdemmo il Phase-3A nell'Atlantico?

Dopo tre anni però, il 16 giugno 1983 avemmo Phase-3B, il glorioso Oscar 10, che dopo 15 anni di vita funziona ancora e sembra dirci "abbiate fede".

Parliamo allora di Phase-3D, parliamone così, tutti insieme, per tenere "caldo" il moto-

re dei nostri entusiasmi, e far sì che gli animi restino sempre accesi in questo futuro, diciamo pure, difficile e impegnativo.

Phase-3D è pronto ed è in continuo miglioramento nei laboratori Amsat-NA di Orlando, Florida, USA (Foto 4).

P-3D ha già richiesto sei anni di lavoro, ma, una volta in orbita, fornirà una gamma di possibilità operative mai data da alcun satellite amatoriale finora pensato e realizzato (Foto 3).

Phase-3D è stabilizzato su tre assi, è dotato di antenne ad alto guadagno orientabili sempre verso la terra, imbarca trasmettitori ad alta potenza e garantirà comunicazioni analogiche e digitali estremamente più facili per tutti gli OM del mondo.

La cosa più importante di P-3D è l'impiego di tutte le bande radiometriche assegnate, dai 21 MHz ai 24 GHz, cosa questa mai concepita prima di oggi.

Avere un satellite in orbita che utilizza tutto lo spettro radioelettrico amatoriale, rende più difficile perdere quelle fettine di micro-



Foto 1 - Il dr. Andras Gschwindt (Bandi), HA5WH col suo prestigioso Battery Charge Regulator (BCR) che ormai ha fatto storia su tutti i nostri satelliti.

onde che sono sempre oggetto dei triennali appetiti commerciali durante le WARC.

P-3D è stato progettato, finanziato e realizzato da un gruppo Amsat costituito da OM di oltre dodici paesi, ma il più grande contributo progettuale e costruttivo è stato dato dall'Amsat-DL che ha realizzato ben due dei trasmettitori, oltre alla maggior parte dei ricevitori, (Foto 7, 8, 9).

Il trasmettitore dei 2 metri è stato progettato e costruito in UK mentre un gruppo finlandese ha sviluppato e realizzato i due trasmettitori a 10,5 GHz e la relativa antenna in (Foto 7).

Il trasmettitore a 24 GHz è stato studiato e costruito in Belgio, mentre alcuni ricevitori vengono dalla Slovenia, Repubblica Ceca e Belgio.

I russi hanno fornito i serbatoi del propellente liquido (in Foto 3), mentre l'esperimento delle due telecamere a colori è opera dell'AMSAT giapponese, JAMSAT.

Il BCR, Battery Charge Regulator di Foto 1 viene dall'Ungheria. Lo schema a blocchi semplificato di tutto il satellite è visibile in Fig. 1.

Nuova filosofia dei transponder

Gli attuali satelliti impiegano diversi transponder dedicati, nel senso che ognuno di questi ha un down-converter, una media frequenza IF e un up-converter.

Il down-converter riceve i segnali trasmessi da terra in una data banda di frequenza, per esempio 145 MHz, e contenuti entro una precisa ampiezza di banda BW, per esempio 40 kHz, li converte in una media frequenza IF più bassa, ad esempio 10,7 MHz, li amplifica, e li invia a un up-converter.

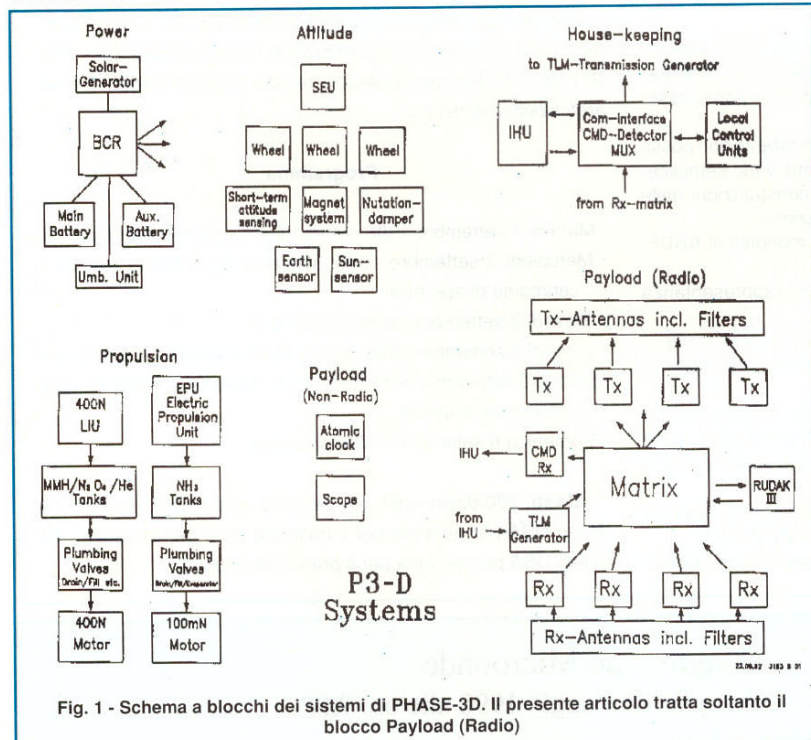


Fig. 1 - Schema a blocchi dei sistemi di PHASE-3D. Il presente articolo tratta soltanto il blocco Payload (Radio)

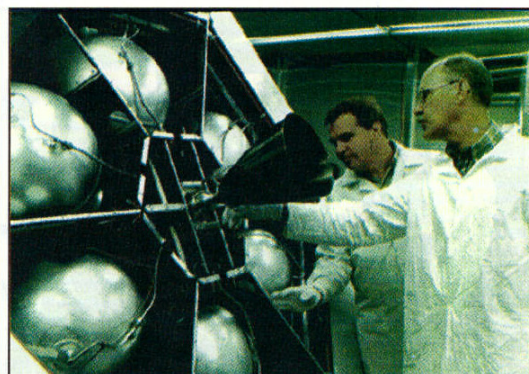
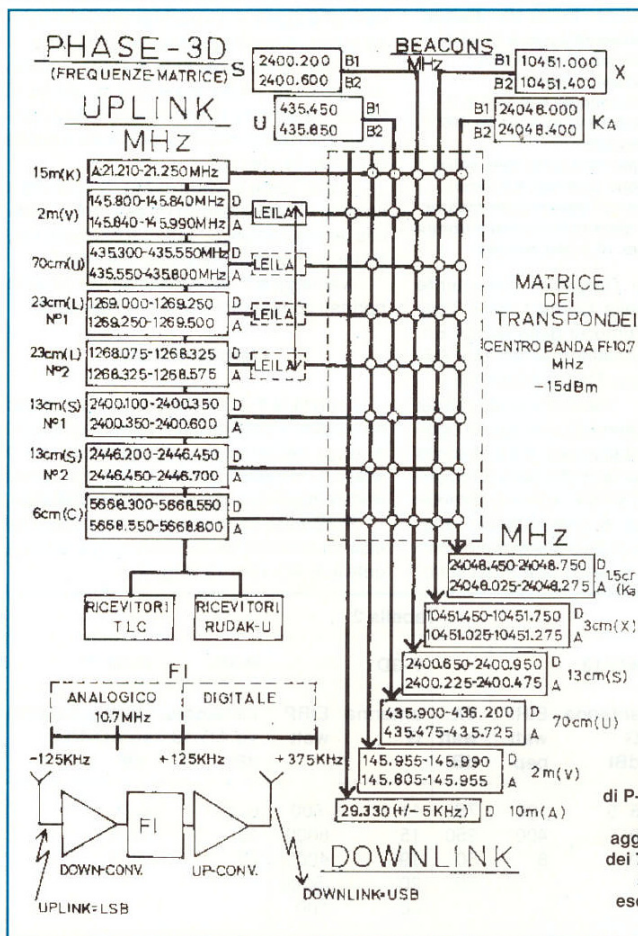


Foto 3 - P-3D durante l'integrazione nel Lab. Amsat-NA di Orlando, Florida. In primo piano, Dick Daniels, W4PUJ seguito da Peter Gulzow, DB2OS. Sono visibili i 6 serbatoi di combustibile e combustibile forniti dai russi. Al centro il motore di apogeo da 400 newton.

contemporaneamente anche più transponder e trasmettendo per esempio su una sola banda uplink, si può essere ascoltati contemporaneamente su più bande downlink.

Queste possibilità sono riportate in dettaglio su RR 7/96 a pag. 22 che sarebbe bene fotocopiare e tenere a portata di mano nel posto operativo di stazione.

In virtù della flessibilità della matrice IF, che interconnette contemporaneamente più ricevitori con più trasmettitori, il vecchio sistema di denominare i modi operativi dei transponder, come Modo-A o Modo-B per esempio, non ha più senso.

Come si vede in **Tabella 1** e **Fig. 2**, il satellite P-3D ha sei bande uplink e cinque bande downlink.

Usando il nuovo sistema, il modo operativo del transponder sarà indicato da due lettere. La prima indica la banda uplink e la seconda la banda downlink.

Per esempio, il vecchio Modo-B di Oscar-10 e 13, con uplink in 70 cm e downlink in 2 metri, con l'avvento di P-3D sarà chiamato, Modo U/V.

Altro esempio: la matrice IF di **Fig. 2** può essere programmata da terra in modo da ricevere contemporaneamente sia i segnali in uscita dal ricevitore UHF 70 cm, che quelli in uscita dal ricevitore in banda L dei 23 cm.

La matrice IF può inviare detti segnali al trasmettitore dei 2 metri in VHF, ma li può inviare contemporaneamente anche a quello dei 13 cm in banda S, e anche a quello dei 3 cm in banda X.

E' quindi ovvio che questa "configurazione" va chiamata Modo-UL/VSX. Questa configurazione, per quanto già detto in RR 7/96, pag. 23 relativamente ai problemi introdotti dal Doppler, sarà uno dei modi di battaglia più usati da P-3D.

Come si vede in **Fig. 2**, la matrice non permette di ricevere e trasmettere contem-



Foto 2 - Dick Jansson, WD4FAB a destra, insieme a Konrad Mueller DG7FDQ esaminano il motore di apogeo da 400 newton di P-3D

L'up-converter, a sua volta, riconverte i segnali IF in un'altra banda, per esempio 29,4 MHz, e dopo un'opportuna amplificazione di potenza, li ritrasmette a terra con pari ampiezza di banda BW=40 kHz. Questo transponder è il classico Modo-A

P-3D invece, anziché usare singoli transponder che limitano la flessibilità del sistema, impiega un ricevitore per ogni banda uplink trasmessa da terra e invia le singole uscite dei ricevitori a una unica media frequenza IF visibile in **Fig. 2**

Questa IF, chiamata IF Matrix, è sotto controllo del computer di bordo programmabile da terra, e può commutare e inviare a scelta l'uscita di ogni singolo ricevitore all'ingresso di ciascun trasmettitore.

Come si vede in **Fig. 2**, ogni trasmettitore converte la IF a 10,7 MHz nella banda downlink scelta dalla matrice IF e dopo opportuna amplificazione di potenza la ritrasmette a terra.

Ciò significa che la matrice IF può realizzare tanti transponder diversi fra loro, per quante sono le combinazioni possibili fra le bande di uplink e downlink riportate in **Fig. 2**.

Il modo di funzionare della matrice IF è molto importante perché si possono attivare

Satelliti

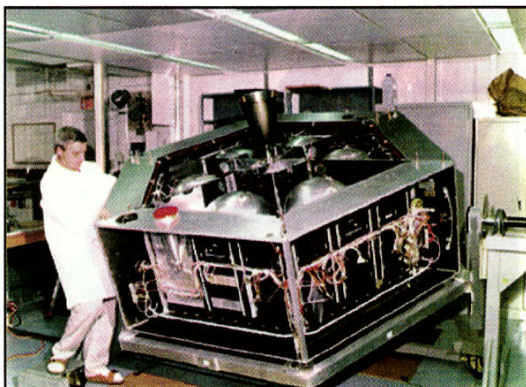


Foto 4 - Phase 3D - durante l'assemblaggio a Orlando, Florida. Sono visibili i serbatoi sferici del propellente e al centro il motore di Apogeo da 400 Newton. I pannelli delle celle solari sono smontati e il vano verso l'osservatore mostra a sinistra l'antenna a tromba per 10,5 GHz bandax.

gi Bargellini consulente della Comsat, IOJX Tony Vernucci della Space Engineering, e PA3FWP Stefano Badessi dell'ESA.

poraneamente sulla stessa banda e così per esempio i modi U/U oppure V/V o S/S non si possono ovviamente programmare.

Tabella 1		
Banda	uplink	downlink
15 m (21 MHz)	H	nessuno
2 m (146 MHz)	V	V
70 cm (435 MHz)	U	U
23 cm (1269 MHz)	L	nessuno
13 cm (2,4 GHz)	S	S
6 cm (5,6 GHz)	C	nessuno
3 cm (10,5 GHz)	nessuno	X
1,25cm (24 GHz)	nessuno	K

Phase-3D e sue prestazioni

Primo: rispetto a Oscar-10 e 13, P-3D avrà tre bande uplink in più che sono le H-S-C, e avrà due nuove bande downlink, ossia la X e K, che sono di estremo interesse per lo studio della attenuazione nel libero spazio col satellite a bassi angoli di elevazione.

A questo proposito si fa notare che il 25 febbraio 98, la società Teledesic, acquistando un vettore Pegasus, ha fatto immettere segretamente in orbita Leo il primo satellite commerciale T1 operante in banda Ka, e ciò ha fatto per arricchire il proprio know-how sull'attenuazione spaziale della tratta fra 18 e 33 GHz, ma col satellite al disotto di 20 gradi di elevazione.

Analogamente, con P-3D operativo in downlink nella banda 24048, 25-24048, 75 MHz, anche i radioamatori potranno dire veramente di stare al passo con la scienza ufficiale.

Di ciò si è convinti, giacché proprio la "Third Ka Band Utilization Conference", tenutasi a Sorrento il 15-18 settembre dello scorso anno, ebbe per tema il progetto di sistemi satellitari commerciali allocati in banda Ka da 18 a 33 GHz e su cui, per inciso, hanno relazionato professionalmente anche radioamatori italiani, come WA3KNN Pierluisi.

Fig. 3 - Durante l'orbita il satellite P-3D avrà le antenne sempre rivolte verso la terra coi vantaggi descritti nel testo.

verà all'apogeo, ma a pochi gradi di elevazione e con l'antenna puntata verso la terra.

Secondo: i trasmettitori di P-3D avranno una potenza molto superiore a quella di Oscar-13 e inoltre le antenne di P-3D avranno un guadagno molto superiore sia a quelle di Oscar-10 che 13.

In più, come si vede in **Fig. 3**, giacché il satellite è stabilizzato su tre assi, sarà possibile tenere sempre le antenne orientate verso terra in qualunque punto dell'orbita.

I vantaggi di P-3D rispetto ad AO-13 sono riportati comparativamente in **Tabella 2**.

L'orbita di P-3D

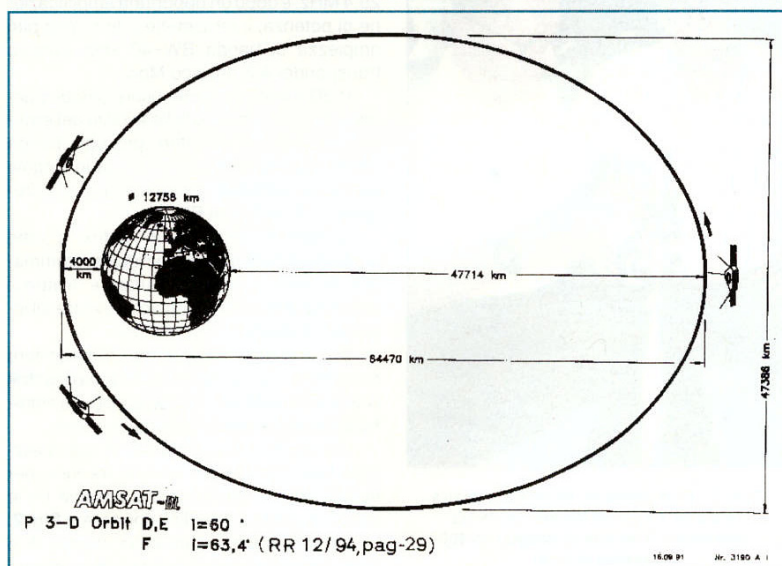
L'orbita di P-3D è stata studiata in modo da rendere il satellite utilizzabile meglio e più a lungo nell'emisfero settentrionale che è quello a maggior densità di OM, ma senza limitare troppo gli OM dell'emisfero meridionale.

P-3D sarà immesso in orbita ellittica ad elevata eccentricità del tipo Molniya, simile a quella di AO-10 e 13 (**Fig. 3**).

Con P-3D, la volontà dei microondisti sarà premiata e se già da oggi, sui nostri monti, installassimo 4 o 5 beacons terreni a 24 GHz per lo studio della propagazione, come sogna IOLVA, in futuro sarebbe possibile fare studi di propagazione, attenuazione e rotazione di polarizzazione comparati col satellite, quando cioè P-3D si tro-

Tabella 2							
AO-13			P-3D			P-3D	P-3D ***
	TX watt pep	antenna G dBi		TX watt pep	antenna G dBi		
2 m	50	5,5	180	75	11	600	4,7
70 cm	50	9	400	250	15	8000	10,5
13 cm	1	9	8	50	19	4000	24,5
3 cm	-	-	-	50	20	5000	-
1,25 cm	-	-	-	1	20	100	-
						vantaggio su AO-13 dB	vantaggio netto su AO-13 dB
						6,5	4,7
						13	10,5
						27	24,5
						-	-

P3-D *** Il vantaggio netto su AO-13 tiene conto della maggiore attenuazione di circa 2,5 dB dovuta alla maggiore distanza di P-3D all'apogeo.



Satelliti

Subito dopo il lancio (RR 12/94 pag. 29), saranno fatte tre accensioni del motore di apogeo visibile in **Foto 2** e P-3D sarà portato in pochi giorni, da un'inclinazione di parcheggio di 10 gradi, ad una inclinazione operativa di 60 gradi.

Con $i=60$ gradi, dopo due anni, l'argomento del perigeo si porterà da 220 a 231 gradi e l'apogeo avverrà sempre con subpoint (SSP) a circa 42 gradi di latitudine nord.

A questo punto, per fermare la rotazione della linea degli apsi, si utilizza il motore di trimmaggio Atos, a getti di ammoniaca Arcjet, e pian piano l'inclinazione sarà portata finalmente a 63, 44 gradi.

A questa inclinazione la variazione dell'argomento del perigeo si annulla e così l'apogeo resterà alla stessa latitudine di circa 43 gradi nord per tutta la vita del satellite, prevista in 10-15 anni (RR 12/94 pag. 29).

L'apogeo di P-3D, **Fig. 3**, sarà alto 48.000 km, contro i 36.000 km di AO-10, il perigeo avrà un'altezza di 4000 km e così il periodo orbitale sarà di circa 16 ore.

Siccome la terra ruota di 360 gradi in 24 ore, ossia due volte sul suo asse in 48 ore, $48/16=3$, P-3D quindi compie tre orbite complete, con tre apogei, ogni due giorni.

Siccome gli apogei si ripetono agli stessi orari e le variazioni dovute alle perturbazioni dell'orbita sono lente, sarà facile ricordare a mente quando il P-3D sarà acquisibile dai continenti di nostro interesse.

L'orbita di P-3D è stata studiata con molta strategia per ottenere il seguente fine.

Mentre il satellite orbita, bisogna visualizzare nella mente il suo piano orbitale che resta immobile nello spazio mentre la terra ci ruota dentro di 360 gradi in 24 ore. Se usiamo un mappamondo il concetto risulta facile.

P-3D passa da un apogeo al successivo in 16 ore e nel frattempo la terra ruota sul suo asse da ovest verso est di 240 gradi.

L'effetto di avere scelto un periodo orbitale di P-3D pari a 16 ore, combinato con la rotazione terrestre di 240 gradi in 16 ore, determina la sincronizzazione dell'orbita con gli orari in cui si possono acquisire i vari continenti.

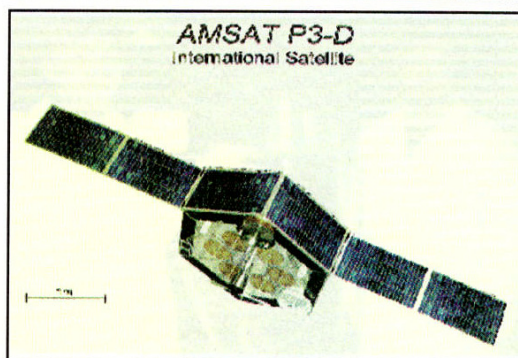
Foto 5 - P-3D raffigurato in orbita coi pannelli solari distesi, mostra le antenne sulla faccia +Z che sono orientate verso terra. Le dimensioni in scala del satellite sono riferite al segmento orizzontale lungo 1 metro.

Come vedemmo già su RR 12/94, Pag. 31, **Foto 1**, **2**, **3**, ogni due giorni un apogeo si verificherà sul Nord America, il successivo sul Nord Europa e quello dopo sull'Estremo Oriente.

La **Fig. 4** è molto interessante. Ogni riga orizzontale rappresenta 48 ore. Mezza riga orizzontale è un giorno di 24 ore e gli orari segnati sono quelli locali riferiti alle tre zone continentali: Europa, Estremo Oriente, Americhe.

Gli orari locali, in cui gli OM sono generalmente liberi dopo il lavoro, sono segnati in grassetto sopra ogni riga orizzontale.

Ovviamente, questi momenti liberi vanno per tutti negli intervalli dalle 5 alle 8 del mattino e dalle 18 alle 24 di sera.



La riga grossa superiore in alto, segnata con A, riporta il periodo orbitale di 16 ore.

Come si vede, nei giorni pari, l'orbita A1 di 16 ore è tutta spostata a destra delle 24 ore mentre nei giorni dispari l'orbita A2 di 16 ore si trova più al centro delle 24 ore.

Se facciamo scorrere verso il basso, come una tenda, la riga A1 dei giorni pari, oppure la riga A2 dei giorni dispari, passeremo sopra agli orari di quelle zone continentali acquisibili fra loro negli orari "socialmente" più favo-

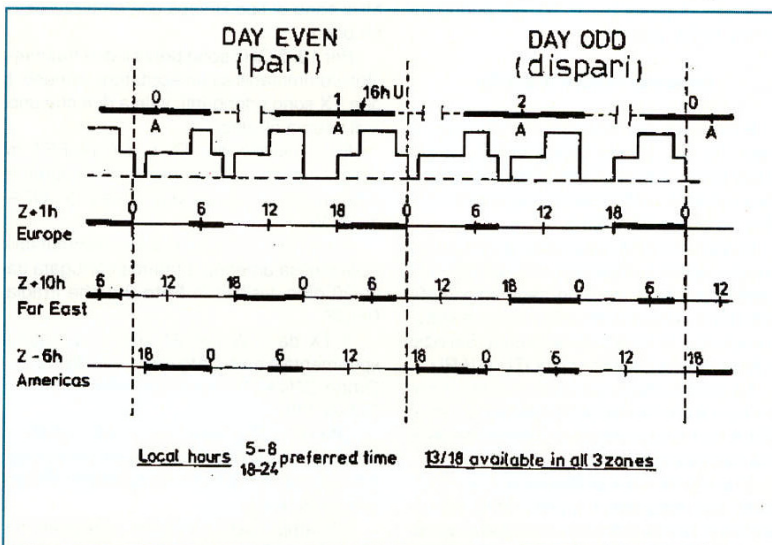


Fig. 4 - Ogni due giorni P-3D passa per tre apogei e gli orari di acquisizione si ripetono sempre uguali negli intervalli più socialmente favorevoli dalle 5 alle 8 e dalle 18 alle 24 locali in tutti i continenti. I picchi più alti dell'onda quadra indicano gli intervalli di tempo in cui le tre zone continentali sono in acquisizione fra loro.



Foto 6 - P-3D con le antenne montate sulla faccia +Z e col motore di apogeo al centro. I pannelli solari sono chiusi per integrarlo nel vettore. Le antenne per le diverse bande sono descritte nel testo.

revoli al tempo libero per quelle popolazioni.

Si vede benissimo che, dalle ore 13 alle 18 di ogni zona continentale, ci sono sempre intervalli di tempo poco comodi per una zona, ma in cui però le altre due zone sono sempre acquisibili a orari comodi, e comunque, comodo o meno, tutte le zone sono acquisibili fra loro.

Questi intervalli di mutua acquisizione delle tre zone sono indicati dai picchi dell'onda quadra in testa al diagramma di **Fig. 4**.

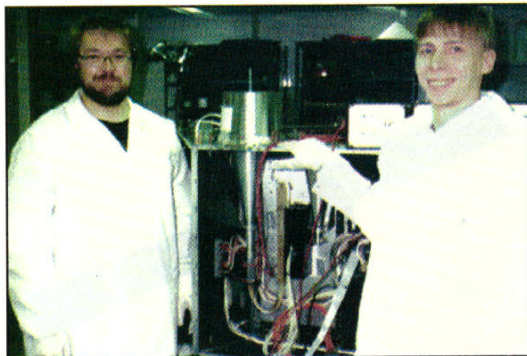


Foto 7 - Michael Fletcher, OH2AUE ed Harri Leskinen, OH2JMS a destra, posano accanto all'antenna a tromba per 10,5 GHz che si vede fra loro. Il TX con TWTA da 60 W e quello a stato solido da 10 W dei 3 cm sono opera loro.

ci si potrebbe neppure ricevere. Il peggio sarebbe trovarci qualche Servizio primario LAN.

Vedremo cosa sarà possibile architettare per salvarlo, possibilmente come segmento esclusivo, o comunque protetto se in secondario, e questo è uno sforzo necessario da fare.

I quattro trasmettitori di P-3D sono a 435 MHz, 2401 MHz, 10451 MHz, 24 GHz. Questi traslano tutti entro una larghezza di banda BW=500 kHz. Fa eccezione il quinto TX sui 146 MHz che trasla soltanto i 200 kHz disponibili in 2 m da 145,8 a 146,0 MHz.

Il trasmettitore dei 2 metri è di tipo convenzionale ma quelli dei 70 cm e dei 2401 MHz sono di tipo Helaps che analizzeremo fra poco.

Per 10,5 GHz sono previsti due trasmettitori commutabili su un eccitatore comune. I due TX sono ridondanti, vale a dire che uno è di riserva all'altro.

Il più piccolo dei TX è a GaAsFET di potenza ed eroga 10 W, mentre il più potente impiega un tubo ad onda progressiva TWTA da 60 W.

I due TX a 10,5 GHz sono commutabili sulla stessa antenna a tromba corrugata da G=20 dBic, visibile in **Foto 9** e che irradia RHCP.

Il TX da 1 W per 24 GHz è di natura sperimentale ed è stato realizzato da Daniel Orban ON4AOD, come descritto anche su Dubus 3/95

Ottenere alta potenza in microonde a bordo di un satellite il cui budget energetico è limitato, impone l'uso di amplificatori RF ad alto rendimento.

Gli amplificatori Helaps sviluppati da DJ4ZC e già usati su tutti i transponder Amsat a partire da Oscar-6, risolvono bene il problema dell'alto rendimento con buona linearità.

Gli amplificatori dei TX per 70 cm e 13 cm di P-3D, sono appunto del tipo Helaps (High Efficiency Linear Amplification by Parametric Synthesis).

La matrice IF a 10,7 MHz di **Fig. 2** è sotto controllo del computer di bordo e può collegare ciascun ricevitore a ognuno dei TX. Il livello dei segnali in ingresso e uscita della matrice IF è -15 dBm.

La matrice IF comprende anche il dispositivo Leila che fu descritto su RR 8/95 pag. 49 e che in sostanza funziona così:

Se un segnale uplink arriva al satellite oltre un determinato livello di soglia del suo AGC, Leila sovrapporrà al segnale troppo forte un messaggio di avvertimento come ad esempio "PSE QRP".

Se l'OM non abbassa potenza, Leila farà un notch sulla sua frequenza abbassando di parecchi decibel la sensibilità del ricevitore di P-3D, ma solo nella larghezza di banda di quel segnale.

Le antenne di P-3D hanno guadagno superiore a quelle di AO-10 e 13 e ciò per favorire le stazioni terrene fisse e mobili, anche le più modeste che useranno a terra antenne a basso guadagno.

Siccome P-3D deve servire tutta la superficie terrestre, il guadagno delle sue antenne non deve essere troppo basso in quanto si perderebbe energia irradiata nello spazio esterno alla terra.

Se però il guadagno fosse troppo elevato, il fascio sarebbe troppo stretto e si illuminerebbe solo una parte di superficie terrestre vista dal satellite escludendone altre.

Quando P-3D sarà all'apogeo di 48.000 km, il satellite vedrà la terra che sottende un angolo di circa 13 gradi.

Un'antenna che abbia un fascio di 13 gradi a metà potenza, ossia dove il campo cala di 3 dB, ha circa un guadagno G=20 dBi.

Con un fascio di 13 gradi, il primo null avviene ad un angolo di circa 1,5 volte il fascio a -3dB e quindi a circa 20 gradi di spostamento rispetto al suo asse e ad entrambi i due lati di questo.

Il diametro di P-3D è appena 2,5 metri e quindi risulta impossibile montarci sopra antenne con guadagno di 20 dBi per 2 metri o 70 cm.

La cosa è invece possibile a partire da 2400 MHz a salire in frequenza e ciò perché le antenne da 20 dBi hanno dimensioni più ridotte.

In conclusione, sulle frequenze basse fino a 435 MHz, il guadagno di antenna non si può aumentare perché le dimensioni di P-3D non lo consentono.

Per le frequenze a partire da 2,4 GHz a salire, il guadagno non si deve aumentare perché il fascio sarebbe più stretto dell'angolo solido di 13 gradi sotteso dalla terra.

Durante l'orbita di 16 ore, P-3D passa da circa 4000 km al perigeo a 48.000 km all'apogeo. La stabilizzazione di P-3D sui tre assi X-Y-Z permette di tenere le antenne puntate verso terra per tutta l'orbita e questo è un grosso vantaggio rispetto a Oscar-10 e 13.

Per questo motivo, le antenne ad alto guadagno di P-3D permettono di ridurre, in ogni punto dell'orbita, sia la potenza trasmessa da terra che il bisogno di antenne terrene ad alto guadagno collegate a ricevitori estremamente sensibili.

Come già detto, la terra vista dall'apogeo di 48.000 km sottende un angolo di 13 gradi e quindi tutte le stazioni acquisibili da P-3D

Siccome i picchi avvengono all'apogeo, è immaginabile che in questi intervalli di tempo ci sarà molto QRM sul satellite.

Dire bravi a Karl Meinzer, DJ4ZC e a Jan King, W3GEY, architetti geniali di quest'orbita, è troppo poco.

E' evidente che l'obiettivo si raggiunge soltanto se la finestra di lancio da Kourou sarà favorevole.

Per verificare quanto sopra, basta mettere nel programma di tracking gli elementi kepleriani di prova per P-3D, già pubblicati su RR 12/94, pag. 30.

Apparecchiature di bordo

P-3D avrà dei ricevitori in 15 metri, 2 metri, 70 cm, 23 cm (1269 MHz), 13 cm (2400 MHz), e 6 cm (5668 MHz). Da notare che i ricevitori in 23 cm sono due: uno a 2401 MHz e l'altro a 2446 MHz.

Quest'ultimo RX, se acceso, può ricevere il nostro uplink sull'estremo alto della banda satelliti dei 13 cm, ossia nel segmento 2440-2450 MHz, attualmente concesso con statuto esclusivo in Italia e assegnato al Servizio di Amatore via Satellite dalla ITU e IARU.

Da notare che in questa banda ci lavorano i forni a microonde più le apparecchiature ISM e non si può chiedere protezione dalle loro interferenze.

E' evidente che il problema forni a microonde, con magnetron a 2450 MHz non riguarda la nostra ricezione a terra che avviene a 2401 MHz, né può verificarsi interferenza a 2446 MHz su un satellite in orbita.

Di conseguenza, in futuro, la banda 2446 MHz potrà essere usata senza difficoltà per gli uplink anche se è probabile che negli anni a venire la nostra banda esclusiva 2440-2450 MHz passi da esclusiva a secondaria in cambio di una concessione di banda 23 cm in statuto secondario, ma più ampia.

Quello che più ci interessa ora è proteggere la fettina da 2400 a 2402 MHz dove noi dobbiamo ricevere l'unico downlink del P-3D.

Sfortunatamente, oggi, questo segmento in Italia non ci è concesso neppure in statuto di Servizio secondario e quindi a rigore non

sono comprese entro un fascio delle sue antenne con raggio di 6,5 gradi rispetto all'asse del lobo di radiazione.

Dal perigeo di 4000 km invece, la terra viene vista sotto un angolo solido di 63 gradi.

E' ovvio che, al perigeo, tutte le stazioni terrene ai bordi di quest'angolo vedono P-3D con bassa elevazione sull'orizzonte.

In questa situazione, le antenne di queste stazioni, puntate su P-3D, lo vedono con un disassamento o "squint" di circa 31,5 gradi rispetto a quelle del satellite, (RR 2/91 "Cosa è lo squint?").

A causa dello squint, queste stazioni terrene perdono oltre 15 dB in rapporto S/N rispetto a quelle che si trovano sotto il satellite, ovvero al sub-point di P-3D e quindi sull'asse del fascio delle sue antenne.

Questa perdita di 15 dB viene in parte compensata dalla minore attenuazione spaziale rispetto all'apogeo che è mediamente 20 dB e così, quando P-3D è al perigeo, tutte le stazioni sottese entro l'angolo di 63 gradi godranno di un rapporto S/N maggiore.

Il miglioramento al perigeo sarà comunque di 5 dB con squint di 31, 5 gradi e di 20 dB con squint di 0 gradi.

Per raggiungere questo risultato, le antenne direttive di P-3D sono state progettate per avere un guadagno moderato, da 15 a 20 dBi, con un lobo molto piatto fra 13 e 63 gradi ma con lobi secondari molto attenuati e nulli poco riempiti per il resto del diagramma di radiazione e ciò si vede su RR 2/95, pag. 49.

Le antenne di P-3D sono undici in tutto e coprono dalle HF alle microonde fino a 24 GHz in banda Ka.

Tutte le antenne ad alto guadagno, **Foto 2**, sono montate sul piano +Z la cui superficie riflettente misura 3,7 metri quadrati. Tutte le antenne irradiano fasci paralleli all'asse +Z e sono in RHCP.

L'antenna dei due metri, **Foto 5 e 6**, è fatta con tre dipoli ripiegati lunghi ciascuno 880 mm e montati a 120 gradi uno dall'altro a una distanza di 150 mm dal piano metallico del riflettore lato +Z.

Ciascun dipolo è realizzato in tubo di alluminio argentato da 10 mm di diametro e spesso 4 mm.

I tre dipoli sono alimentati tramite un divisore di potenza a tre porte mediante tre linee di ritardo da $Z_0=50 \Omega$ tagliate in lunghezza tale da dare un ritardo di 120 gradi fra i dipoli e ottenere RHCP (Right Hand Circular Polarization).

Il guadagno massimo dell'antenna in 2 m è $G=12$, 2 dBi. Il guadagno G scende a 12, 0 dBi ai bordi del fascio con larghezza di 13 gradi e cala a 8,7 dBi ai bordi del lobo con larghezza di 68 gradi.

L'antenna dei 70 cm, **Foto 5 e 6**, è un allineamento formato da sei antenne "Patch"

collegate ciascuna in polarizzazione circolare destra RHCP, e tutte e sei sono alimentate in fase tra loro.

Come già visto su RR 2/95 pag. 48, ciascun patch è formato da un disco di alluminio spesso 6 mm e diametro 371 mm. I sei dischi sono montati direttamente sulla superficie metallica riflettente della faccia +Z di P-3D.

Ogni disco è fissato meccanicamente da dieci colonnine distanziatrici in ceramica e alte 13 mm.

I sei patch così fissati contribuiscono anche a rinforzare la superficie della faccia +Z della struttura di P-3D visibile in **Foto 5 e 6**.

Per ottenere il massimo guadagno dell'allineamento, la distanza ottimale dei sei patch fra loro dovrebbe essere maggiore, ma lo spazio necessario per montare le altre an-

tenne con metà potenza, e io lo ricevo con l'antenna a polarizzazione circolare destra di prima da 10 dBdc.

L'antenna dei 23 cm (1269 MHz) è una Short-Back-Fire o SBF, del tipo già descritto su RR 10/96 pagg. 46 e 47 le cui misure però sono per 2400 MHz.

L'antenna SBF consiste in un piano metallico riflettente circolare con diametro di due lunghezze d'onda.

Questo piano è circondato perifericamente da un bordo metallico perpendicolare, alto 1/4 d'onda ma tenuto isolato dal piano.

Il compito del bordo è quello di diffrangere i segnali in modo da farli arrivare all'illuminatore con fase tale da produrre lobi secondari molto attenuati e nulli poco riempiti.

Al centro del piano riflettente ci sono due supporti isolanti alti mezz'onda su cui si monta un disco con diametro 0,6 lambda da tenuto isolato dal piano.

Sotto il disco riflettore, a distanza di 1/4 d'onda da questo, si montano i due dipoli incrociati che costituiscono l'illuminatore in configurazione turnstile e quindi, come descritto in dettaglio su RR 10/96, irradiano in polarizzazione circolare.

Questa SBF che guadagna un po' più di una parabola con pari diametro, ha un guadagno di 15 dBic, è molto robusta e ripaga un po' di complicazioni costruttive perché irradia un lobo molto uniforme sui piani E ed H con lobi secondari molto attenuati rispetto a quello principale.

L'antenna dei 13 cm (2401 MHz), **Foto 5 e 6**, è una parabola in primo fuoco con rapporto $F/D=0,4$ e guadagna 21 dBic.

L'illuminatore nel fuoco è una turnstile fatta con due dipoli incrociati montati sotto un riflettore a coppa e alimentati con sfasamento di 90 gradi per ottenere RHCP.

Per i dettagli costruttivi dell'illuminatore turnstile, vedere RR 10/96, pag. 97, **Fig. 4**.

Lo sfasamento di 90 gradi per alimentare uno dei due dipoli si ottiene in modo semplicissimo e senza usare anelli ibridi.

In **Foto 5 e 6** l'antenna per 5,6 GHz non si vede perché non è montata, ma è una parabola da 250 mm di diametro con rapporto $F/D=0,4$ con guadagno di circa 22 dBic. La polarizzazione è RHCP.

L'antenna per 10,5 GHz è una tromba corrugata del tipo descritto su RR 4/94 pag. 69, Fig-21 che irradia RHCP e guadagna 23 dBic. Questa antenna ha lobi secondari molto attenuati e irradia uniformemente nei piani E ed H.

Questa tromba, coperta da un tappo di protezione, è visibile in basso a sinistra di **Foto 9**, e viene alimentata da una guida d'onda. Un relé in guida la può commutare sul TX a stato solido da 10 W oppure su quello da 60 W che usa un TWTA.

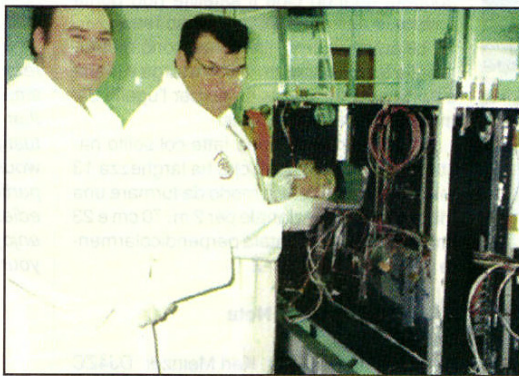


Foto 8 - Peter Guelzow, DB20S e Werner Haas, DJ5KQ mentre lavorano sul lato 5 di P-3D che contiene tutte le apparecchiature in banda L a 1269 MHz che sono visibili in basso a destra.

tenne ha obbligato a ridurre il diametro della conferenza intorno alla quale i sei dischi sono montati, (**Foto 5 e 6**).

Così facendo, il guadagno massimo ottenuto è 15 dBic. E' bene ricordare che il guadagno di un'antenna a polarizzazione circolare, rispetto alla isotropa, si misura in dBic.

Siccome il dipolo guadagna 2,14 dB sull'isotropia, il guadagno di questa antenna patch in RHCP, rispetto a due dipoli incrociati e collegati anche loro in RHCP, sarà $15-2,14=12,86$ dBdc.

Facciamo un esempio: se a terra ricevo un segnale trasmesso da P-3D a 435 MHz, e lo faccio usando un'antenna a polarizzazione circolare destra, per esempio da $G=10$ dBdc, lo riceverò con un certo rapporto $S+N/N$.

Se a terra ricevo lo stesso segnale, ma uso un'antenna a polarizzazione lineare che abbia pari guadagno di quella in polarizzazione circolare di prima, e quindi da 10 dBd, riceverò dal satellite un segnale più basso di 3 dB.

Evidentemente il segnale sarebbe più basso di 3 dB anche se P-3D trasmettesse

Satelliti

L'antenna HF è a due elementi ed è formata da un radiatore lungo circa 1/4 d'onda e pari a 2100 mm. Questo radiatore è montato su uno spigolo del piano +Z ed è inclinato di 30 gradi rispetto a questo piano.

Il riflettore è lungo 2670 mm ed è montato sotto il direttore sul rispettivo spigolo del piano -Z ed ad esso parallelo. I due elementi

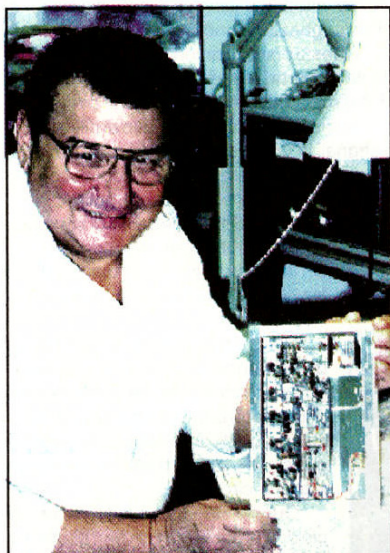


Foto 9 - Werner Haas, DJ5KQ mostra compiaciuto l'eccitatore del TX dei 70 cm che ha progettato e realizzato per P-3D nei laboratori dell'Università di Marburg.

sono fatti con un nastro di acciaio flessibile largo 13 mm come quello usato nei metri avvolgibili.

I due elementi sono ripiegati a larghe falde, simili alle ali di una farfalla, che sono tenute strette da un dispositivo che le libera nello spazio su comando da terra in modo che i nastri si stendano dritti.

Per avere un'idea dell'antenna, facciamo conto di vedere un terzo di quella dei 2 m di Oscar-10 o 13, ossia un solo radiatore e un solo direttore montati su uno dei tre spigoli. Questa antenna di P-3D è ottimizzata per il downlink a 29,330 MHz.

P-3D monta anche antenne omnidirezionali che sono necessarie per ricevere i comandi da terra subito dopo l'immissione in orbita e nelle fasi di accensione del motore di apogeo, quando cioè il satellite non punta ancora le antenne direttive verso terra.

Le antenne omnidirezionali sono montate sulla faccia opposta -Z che è larga e piana e porta solo un foro centrale per l'ugello del motore di trimmaggio Atos.

Queste antenne sono fatte col solito nastro di acciaio per metri che ha larghezza 13 mm e sono disposte in modo da formare una tribanda omnidirezionale per 2 m, 70 cm e 23 cm (1269 MHz), montata perpendicolarmente al piano riflettente -Z.

Nota

Si ringraziano il dr. Karl Meinzer, DJ4ZC Presidente dell'Amsat-DL e Keith C. Baker,

KB1SF, Vice Presidente esecutivo dell'Amsat-NA per aver fornito il materiale fotografico su Phase-3D autorizzandone la pubblicazione su Radio Rivista.

Molti OM operativi via Oscar-13 avranno certo collegato come me KB1SF quando era in Italia con nominativo IV3KBU. Egli infatti tra l'altro ci scrive testualmente: "I was in Italy with the US Air Force at the NATO Aviano Air Base (near Pordenone) from 1985 to 1988. While there, I obtained the Italian callsign IV3KBU."

I also became a paying member of your ARI during my assignment as the Aviano USAF Base Controller Officer. Of course, as that was many years ago, I now believe both my Italian Ham licence and my membership in ARI have long since elapsed, although both are still prominently displayed on the wall of my Ham shack.

In addition, I have kept, and frequently refer to, my collection of Radio Rivista from time to time. It is indeed, an honor to think that one of my Phase-3D photos might actually be published therein! If that happens, I would be most grateful for a copy of that particular issue to add to my collection. Needless to say, both my wife and I thoroughly enjoyed ourselves while we were guests in your wonderful country! " 73,

Keith Backer, KB1SF
Executive Vice President
AMSAT-North America

(continua)

Elementi kepleriani Aggiornamento al 31 marzo 1998 TNX II-21171

1 AAAAAA 00 0 0 BBBB.BBBBBB.CCCCCC 0000-0 0000-0 0 DDDZ
2 AAAAAA EEE.EEEE FFF.FFFF GGGGGG HHH.HHHH III.III JJ.JJJJJJ KKKKKZ
KEY: A-CATALOGNUM B-EPOCHTIME C-DECAY D-ELSETNUM E-INCLINATION F-RAAN
G-ECCENTRICITY H-ARGPERIGEE I-MANOM J-MNMOTION K-ORBITNUM Z-CHECKSUM

AO-10

1 14129U 83058B 98089.45420620 -0.0000213 00000-0 10000-3 0 5445
2 14129 26.7295 95.1776 6000343 204.5537 107.7446 2.05880654 83285

RS-10/11

1 18129U 87054A 98087.21623570 -0.0000052 00000-0 39807-4 0 4749
2 18129 82.9246 28.7822 0011823 145.3900 214.8029 13.72392257539194

UO-11

1 14781U 84021B 98088.92697026 -0.0000550 00000-0 10021-3 0 460
2 14781 97.8721 64.3142 0011626 164.8394 195.3157 14.69703518753222

RS-12/13

1 21089U 91007A 98087.49432377 -0.0000087 00000-0 76828-4 0 539
2 21089 82.9187 67.7969 0027720 224.4646 135.4285 13.74094581358205

UO-14

1 20437U 90005B 98089.27988282 -0.0000030 00000-0 28368-4 0 3426
2 20437 98.4941 169.4179 0011736 83.0281 277.2236 14.30005888427100

RS-15

1 23439U 94085A 98087.07010747 -0.0000039 00000-0 10000-3 0 2894
2 23439 64.8150 53.7973 0145908 76.9190 284.7971 11.27528439133940

AO-16

1 20439U 90005D 98090.26502244 -0.0000071 00000-0 43920-4 0 1377
2 20439 98.5164 174.0041 0012209 83.3739 276.8832 14.30049064427265

RS-16

1 24744U 97010A 98088.80249836 -0.0012391 00000-0 37194-3 0 1705
2 24744 97.2554 353.6556 0007285 135.6478 224.5307 15.34558270 59832

DO-17

1 20440U 90005E 98087.28377653 -0.0000080 00000-0 47417-4 0 1343
2 20440 98.5219 172.1620 0012172 90.7190 269.5359 14.30193194426875

WO-18

1 20441U 90005F 98088.19788219 -0.0000063 00000-0 41040-4 0 1425
2 20441 98.5221 172.9224 0012747 86.8575 273.4074 14.30157464427002

LO-19

1 20442U 90005G 98086.25299097 -0.0000110 00000-0 59019-4 0 1396
2 20442 98.5252 171.8547 0013140 91.9345 268.3341 14.30277147426755

FO-20

1 20480U 90013C 98089.24655961 -0.0000014 00000-0 33178-4 0 419
2 20480 99.0755 2.4578 0541350 90.0222 276.2891 12.83242240381397

AO-21

1 21087U 91006A 98090.35707783 -0.0000094 00000-0 82657-4 0 9108
2 21087 82.9409 199.0213 0034344 186.0702 174.0043 13.74596503359604

UO-22

1 21575U 91050B 98088.56957381 -0.0000113 00000-0 52089-4 0 8455
2 21575 98.2628 143.4150 0007884 109.0676 251.1369 14.37125875351471

KO-23

1 22077U 92052B 98088.94189162 -0.0000037 00000-0 10000-3 0 7341
2 22077 66.0798 266.9282 0007854 331.1339 28.9243 12.86308679264503

KO-25

1 22828U 93061F 98086.73229482 -0.0000081 00000-0 49599-4 0 6041
2 22828 98.5111 159.6172 0010617 108.0462 252.1878 14.28223702202688

IO-26

1 22826U 93061D 98087.74760377 -0.0000086 00000-0 52172-4 0 6253
2 22826 98.5162 160.5126 0009204 122.1025 238.1050 14.27875286234695

AO-27

1 22825U 93061C 98088.71220820 -0.0000080 00000-0 49618-4 0 6305
2 22825 98.5135 161.1213 0009148 118.9555 241.2539 14.27764115234815

FO-29

1 24278U 96046B 98090.06736925 -0.0000014 00000-0 20300-4 0 1517
2 24278 98.5166 96.7553 0351631 162.4009 198.9681 13.52639750 79904

MO-30

1 24305U 96052B 98086.68164309 -0.0000204 00000-0 20364-3 0 2003
2 24305 82.9361 145.1078 0030925 135.0740 225.2922 13.73105764 77960

Microsat 1

1 24291U 96050A 98089.86734892 -0.0062038 73371-5 65454-3 0 4187
2 24291 62.7809 251.4069 0378501 196.4388 162.4167 15.09124683 85843

Mir

1 16609U 86017A 98090.51806156 -0.0010735 00000-0 12088-3 0 3769
2 16609 51.6578 79.5035 0004623 172.0183 188.0866 15.63151658691905