

Vesoljski vremenko: (1) Polarni vremenski sateliti

=====

Matjaz Vidmar, YT3MV

Eden prvih korstnih tovorov na krovu prvih umetnih satelitov je bila televizijska kamera in ustrezeni oddajnik, saj je bilo to neprimerno lažje izvesti kot pa poslati človeka v vesolje. Televizijske kamere pa niso samo potesile radovednosti znanstvenikov, ki so hoteli videti, kako izgledajo stvari v vesolju. Kaj kmalu se je izkazalo, da so TV kamere na krovu satelita se kako koristna naprava, se posebno, če jih uporabimo za opazovanje naše ljube Zemlje.

Smiselnost opazovanja Zemlje iz vesolja je predvsem v tem, ker lahko hkrati opazujemo iz pticje perspektive satelita, več sto ali tisoč kilometrov nad površino Zemlje, zelo obsirna področja. Ena sama TV kamera na satelitu lahko zato nadomesti na tisoče zemeljskih opazovalnic in to tudi v področjih, kjer je vzdrževanje zemeljskih opazovalnic zelo težavno ali nemogoče, na primer sredi oceanov, puščavskih ali pa polarnih področij.

Ceprav lahko opazujemo iz satelitov dosti različnih pojavov na zemeljski površini, so za večino ljudi verjetno se najbolj zanimivi vremenski pojavi. Iz satelita seveda ne vidimo samo posameznih oblakov, pač pa celotne vremenske sisteme (fronte), ki se premikajo nad kontinenti in oceani.

Ideja o opazovanju vremenskih pojavov iz vesolja je bila tako zanimiva, da so Američani izstrelili prvi vremenski satelit "TIROS" že leta 1961! Prvi TIROS sicer res ni dočaka dolge življenjske dobe, a je zato dobil kopico naslednikov tako, da danes vremenski sateliti po številčnosti zaostajajo samo se za telekomunikacijskimi sateliti.

TIROS in njegovi prvi nasledniki iz serije ESSA v šestdesetih letih so bili razmeroma majhni in enostavni sateliti. Na krovu so imeli le televizijsko kamero s posebnim vidikom za počasno skeniranje slike. Objektiv kamere je imel zaslonko podobno tisti v fotoaparatu, mehanizem pa jo je odprl le za delček sekunde. Sliko, shranjeno v tarci vidikona je potem preletel elektronski zarek v naslednjih starih minutah s hitrostjo komaj 4 vrstice v sekundi. Ločljivost na sliki je bila okoli 4km.

Nacin prenosa slike je bil zato izbran tako, da je ustrezal standardni faksimile oddaji. Stiri vrstice v sekundi ustrezajo 240 vrsticam v minuti. Slikovni signal je najprej amplitudno moduliral 2400Hz podnosilec, ta pa je frekvenčno moduliral VHF oddajnik. Z začetkom vesoljske tehnike je bilo satelitom dodeljeno tudi frekvenčno področje 136-138MHz, večina satelitov serije ESSA pa je oddajala s 5W na 137.500MHz.

Oddajnik moci 5W na 137MHz lahko slisimo na oddaljenosti nekaj tisoč km s toki-vokijem opremljenim s palicasto antenico, če med oddajnikom in sprejemnikom seveda ni nobene ovire. Ceprav so bili VHF sprejemniki v šestdesetih letih prava redkost med radioamaterji in hkrati dosti manj občutljivi od danasnjih VHF sprejemnikov, je več amaterjev že takrat uspešno

sprejemalo signale iz vesolja.

Od sprejemanja signalov do slike pa je bila se dogla pot. Na sreco so signali vremenskih satelitov vsebovali samo nizkofrekvencne komponente enake spektru cloveskega govora in so se zato dali snemati na navaden magnetofon. Seveda se slike, ki se sestavlja cele 4 minute, ne da opazovati na zaslonu navadne katodne cevi. Tudi spominske cevi ne zadoscajo za tako dolg cas sestavljanja slike, zato so prvi radioamaterji, ki so se ukvarjali z vremenskimi sateliti, obicajno predelali star osciloskop. Pred zaslonom pa so pustili odprt fotoaparatus (seveda v zatemnjeni sobi), sliko pa so dobili sele takrat, ko so razvili film.

V zacetku sedemdesetih let je izboljsana vesoljska tehnika omogocala gradnjo vecjih satelitov z daljso zivljensko dobo. Meteorologi pa so hkrati zahtevali boljso tocnost dobljenih podatkov. Zivljenska doba vidikonske kamere je bila kljub vsem izboljsavam omejena, se posebno se je kvaril mehanizem zaslonke. Razen tega je bila absolutna kalibracija vidikonske kamere zelo tezavna in koncno je vidikonska kamera lahko snemala le slike v vidnem delu spektra in njegovi bliznji okolici, nikakor pa v termicnem infrardecem spektru okoli 10um. Slika 1. je primer slike nasih krajev, posnete v jasnem jutru, v vidnem spektru s sodobnim vremenskim satelitom NOAA-10.

V zacetku sedemdesetih let so zato zaceli Ameriscani preizkusati novo vrsto vremenskih satelitov imenovanih ITOS. Podobno kot njihovi predhodniki ESSA so bili sateliti ITOS (NOAA-1 do NOAA-5) izstreljeni v skoraj krozne polarne tirnice z naklonom okoli 102 stopinj, 1500km nad Zemeljino povrsono. Naklon tirnice je bil izbran tako, da je satelit v enem dnevu lahko dvakrat poslikal celotno Zemljino povrsono, od dneva do dneva pa je preletel isto podrocje ob priblizno istem dnevnem casu, da so bile zaporedne slike enako osvetljene.

vidikonsko kamero je na krovu satelitov ITOS zamenjala naprava imenovana "radiometer". Izboljsani sistem stabilizacije satelitov ITOS je omogocal izkoriscanje premikanja satelita samega za skaniranje slike po eni dimenziji, v drugi smeri pa je skaniranje opravljalo vrtece zrcalo. V satelitih ITOS se je zrcalo vrtelo s hitrostjo 48 vrtljajev v minuti, ena vrstica slike je zato trajala točno 1.25 sekunde. Ker se satelit ITOS v svoji tirnici premika s hitrostjo okoli 6km/s, so bile vrstice slike razmaknjene za okoli 7.5km, kar opisuje locljivost radiometra.

Ker zrcalo radiometra neprekinjeno skanira vrstice, slika nima ne zacetka in ne konca, vertikalne sinhronizacije ni. Stevilo vrstic v sprejeti sliki zavisi samo od tega, kako dolgo traja prelet satelita nad naso sprejemno anteno! Radiometer lahko snema sliko v vec razlicnih spektrih hkrati. Stabilizacija satelitov ITOS je omogocala tudi pasivno hlajenje infrardecih sensorjev radiometra, kar bistveno izboljsa razmerje signal/sum v sliki. Slika 2. je primer termicne infrardece slike nasih krajev, posnete v vrocem popoldnevu s sodobnim vremenskim satelitom NOAA-11.

Na sreco stevilnih amaterjev pa je nacin oddaje slike ostal skoraj nespremenjen. Tudi sateliti ITOS so uporabljali amplitudno modulacijo za 2400Hz nosilec, ki je potem frekvencno moduliral VHF oddajnik na 137.500 ali 137.620MHz (5W). Zadnji

sateliti ITOS pa so ze nosili tudi nove, izboljsane radiometre z visoko loclljivostjo in hitrostjo vrtenja zrcala 400 vrtljajev v minuti. Ta slika se je oddajala na 1697.500MHz, FM/FM sistem.

O prvih sovjetskih vremenskih satelitih ni dosti znanega: za vecino sveta so jih pravzaprav odkrili radioamaterji v sredini sedemdesetih let. Vsi sovjetski sateliti so uporabljali radiometre kot glavne senzorje za snemanje slike. Tudi sovjetski sateliti oddajajo slike v frekvenem podrocju 137-138MHz z zelo podobnim sistemom kot ameriski sateliti. Sateliti serije Meteor-1 so imeli na krovu radiometer, ki je deloval samo v vidnem spektru s hitrostjo 240 vrstic v minuti (loclljivost okoli 2km). Ti sateliti so bili izstreljeni v krozne polarne tirnice okoli 650km visoko, oddajali pa so prav tako kot ameriski AM/FM sistem z 2400Hz podnoslicem in frekvenco nosilca obicajno 137.150MHz.

Hkrati z lansiranjem satelitov iz serije Meteor-1 so v sredini sedemdesetih let Sovjeti razvili novo vrsto vremenskih satelitov Meteor-2. Sateliti vrste Meteor-2 so bili izstreljeni v krozne tirnice okoli 950km visoko, toda naklon njihovih tirnic je samo 82.5 stopinj, kar pomeni, da se preleti satelitov na nasih zemljepisnih sirinah pojavljajo vsak dan ob drugacnem dnevnem casu in to vsak dan za točno določeno stevilo minut premaknjeno.

Sateliti vrste Meteor-2 imajo na krovu dve različni vrsti radiometrov. Radiometer v vidnem spektru proizvaja slike s hitrostjo 120 vrstic v minuti in loclljivostjo 4km, radiometer v termicnem infrardecem spektru pa 20 vrstic v minuti in loclljivostjo okoli 20km. Tudi nacin oddajanja slike je malce razlicen: sateliti vrste Meteor-2 sicer tudi uporabljajo AM/FM sistem kot njihovi sovjetski in ameriski predhodniki, toda frekvenca podnosilca je samo priblizno 2.4kHz in se je ne da uporabljati za vrsticno sinhronizacijo, kot to gre pri vseh ostalih satelitih. Prvi sateliti vrste Meteor-2 so oddajali na 137.300MHz, poznejši sateliti iste vrste pa tudi na 137.400 in 137.850MHz.

Konec sedemdesetih let so se Američani odlocili, da satelite ITOS zamenjajo z novo vrsto polarnih vremenskih satelitov. Razvoj digitalne tehnike je omogocal boljši nacin prenosa podatkov s satelita, za celo vrsto instrumentov na krovu satelita pa se je izkazala ugodnejša nizja krozna tirnica okoli 850km, saj so opazovanje obsirnih podrocij takrat ze prevzeli geostacionarni vremenski sateliti.

Sodobni ameriski vremenski satelit vrste TIROS-N je prikazan na sliki 3. Satelit je se vecji od svojih prehodnikov vrste ITOS in nosi kopico razlicnih instrumentov, od katerih je za nas najbolj zanimiv "Advanced Very High Resolution Radiometer" (AVHRR). Od leta 1978 do danes so Američani izstrelili osem satelitov te vrste. Izstrelitev enega se je ponesrecila, ostali pa so dobili imena TIROS-N in NOAA-6 do NOAA-11. Danes (januar 1991) brezhibno delujejo se NOAA-9, NOAA-10 in NOAA-11.

AVHRR vsebuje veliko zrcalo, ki se vrtili s hitrostjo 360 vrtljajev v minuti in proizvaja slike z loclljivostjo okoli 1km v petih spektralnih podrocjih hkrati. Satelit oddaja slike v vseh petih spektrih v digitalni obliki: vsako tocko na sliki predstavlja 10-bitni vzorec za vsak spektralni kanal posebej,

ena vrstica slike pa vsebuje 2048 točk za vsak spektralni kanal. Digitalizirani video podatki modulirajo 5W mikrovalovni PSK oddajnik na 1698.000 ali 1707.000MHz s hitrostjo 665400bps!

Pri načrtovanju novih satelitov pa Američani niso pozabili na množico radioamaterjev in na vse tiste, ki so si zgradili ali pa kupili opremo za sprejem vremenskih satelitov v 137MHz področju. Racunalnik na krovu satelita vrste TIROS-N zato izloči dva najbolj zanimiva spektralna kanala (običajno en vidni in en infrardeči) in jih z zmanjšano ločljivostjo oddaja s hitrostjo 120 vrstic v minuti na 137.500 ali 137.620MHz. VHF oddaja popolnoma ustreza ostalim vremenskim satelitom in vsebuje (analogno) amplitudno modulirani 2400Hz nosilec, ki frekvenčno modulira 5W VHF oddajnik.

V osemdesetih letih pa tudi sovjetski načrtovalci satelitov niso stali krizem rok. Poskusili so z aktivnim slikanjem Zemljine površine s pomočjo radarja na satelitu. Poskusni sateliti COSMOS-1574, 1602, 1766 in 1869 so imeli na krovu razen radarja še radiometer v vidnem spektru. Podobno so bili opremljeni tudi novejši OKEAN-1 in 2. Omenjeni COSMOS sateliti in sateliti serije OKEAN oddajajo slike na 137.400MHz v standardnem formatu vremenskih satelitov s hitrostjo 240 vrstic v minuti in podnosilcem 2400Hz. Pogosto oddajajo radarsko sliko skupaj s sliko v vidnem spektru, včasih pa tudi skupaj z infrardečo sliko. Sateliti z radarjem so bili izstreljeni skoraj vsi v podobne krožne tirnice visine 650km in naklona 82 stopinj.

Izdelavo satelitov vrste Meteor-1 so Sovjeti opustili že v začetku osemdesetih let. Satelite vrste Meteor-2 pa bojo počasi zamenjali novi sateliti iz serije Meteor-3 (Slika 4.), ki so po delovanju zelo podobni satelitom serije Meteor-2, le da se izstreljujejo v visje tirnice, okoli 1200km. Sateliti vrste Meteor-3 nosijo tudi izboljšane radiometre, ki snemajo sliko s hitrostjo 120 vrstic v minuti tako v vidnem kot tudi v termičnem infrardečem delu spektra. Sateliti vrste Meteor-3 oddajajo na enak način kot njihovi predhodniki Meteor-2, na frekvencah 137.300 in 137.850MHz, ločljivost vidne in infrardeče slike pa je enaka 4km.

Za presenečenje pa so nazadnje poskrbeli se Kitajci, in to tisti iz Ljudske Republike Kitajske ter na področju kopiranja tujih izdelkov krepko prekosili svoje sonarodnjake s Tajvana. Že leta 1988 so izstrelili svoj prvi vremenski satelit FengYun-1A, seveda s svojo lastno raketo (Kitajci so navsezadnje tudi izumili raketni pogon že pred več stoletji). FengYun-1A je oddajal na 137.040 in 137.800MHz, na žalost pa se je že po dveh tednih pokvaril in se začel nekontrolirano vrteti, kar je onemoglo vsakršno snemanje slik. Kitajci pa se niso vdali. Posteno so prestudirali, kaj je bilo s satelitom narobe in čez dve leti izstrelili nov, izboljšan satelit FengYun-1B. FengYun-1B oddaja vremenske slike na 137.800MHz v standardnem načinu AM/FM z 2400Hz podnosilcem, razen tega pa se na 1695.500MHz v digitalnem načinu s hitrostjo 665400bps, ki je popolnoma enak ameriskim satelitom vrste TIROS-N. In kar je še bolj zanimivo, tudi kvaliteta slik s kitajskega satelita prav nič ne zaostaja za ameriskimi!

Če imate VHF FM sprejemnik, ki se ga da nastaviti v področju 137MHz do 138MHz in kakršnokoli zunanjo anteno

(tudi navadna lambda/4 palčka na strehi je zadosti dobra),
potem velja poskusiti sprejemati vremenske satelite na
naslednjih frekvencah:

137.300 serije Meteor-2 in Meteor-3

137.400 serije COSMOS in OKEAN

137.500 NOAA-10 (dopoldanski ameriski sateliti, tudi 1698MHz)

137.620 NOAA-9 in NOAA-11 (popoldanski sateliti, tudi 1707MHz)

137.800 FengYun-1B (tudi 1695.5MHz)

137.850 serije Meteor-2 in Meteor-3

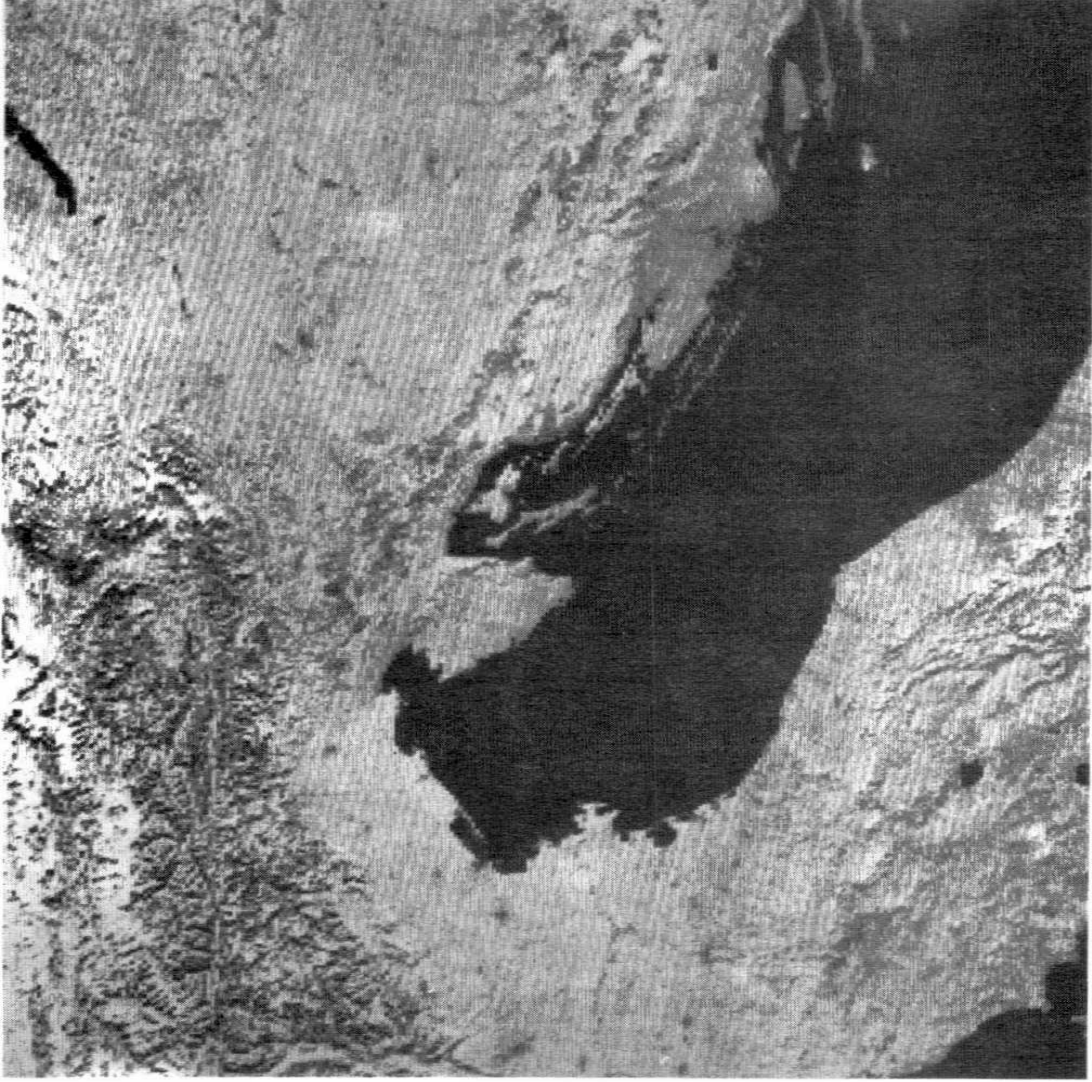
Ameriski sateliti NOAA so skoraj vedno vključeni, prav tako
FengYun-1B. Sovjetski sateliti niso nikoli vsi vključeni
hkrati: tirnice z naklonom 82 stopinj se s casom sucejo glede
na smer proti Soncu, zato se sateliti vrste Meteor-2 in
Meteor-3 znajdejo za daljsa obdobja v položaju, ki ni primeren
za snemanje slik in so zato takrat izključeni. Poskusni
sateliti vrste COSMOS ali OKEAN pa so vključeni samo obcasno.
Starejsi sovjetski sateliti so znani po tem, da se jim
frekvenca oddajnika pocasi seli nanizje. Tako je zadnji satelit
vrste Meteor-1, Meteor-1/30, oddajal na zacetku, takoj po
izstrelitvi leta 1980, na 137.150MHz, frekvenca njegovega
oddajnika pa se je selila za kaksnih 15-20kHz na leto in
dosegla leta 1988 136.965MHz, preden se je satelit dokončno
pokvaril. Tudi COSMOS-1602 smo pred par meseci slisali na
137.275MHz. Zato velja poskusiti tudi na drugih frekvencah v
podrocju 137-138MHz, ce imate na razpolago sprejemnik, ki zna
samodejno skanirati frekvencno podrocje.

V frekvencnem podrocju 136-138MHz sicer oddaja se vrsta
drugih satelitov, vendar so oddaje vremenskih satelitov med
najmocnejšimi in najglasnejšimi po zaslugi 2400Hz podnosilca!
Ce v zvocniku FM sprejemnika slisimo znacilni piuk-piuk-piuk,
ki se ponavlja točno dvakrat ali stirikrat v sekundi, potem
imamo prav gotovo opravka z vremenskim satelitom! Z
ozkopasovnim (15kHz) FM sprejemnikom bo "piukanje" verjetno
malo popaceno, saj rabi vecina vremenskih satelitov FM
sprejemnik sirine 30 do 35kHz.

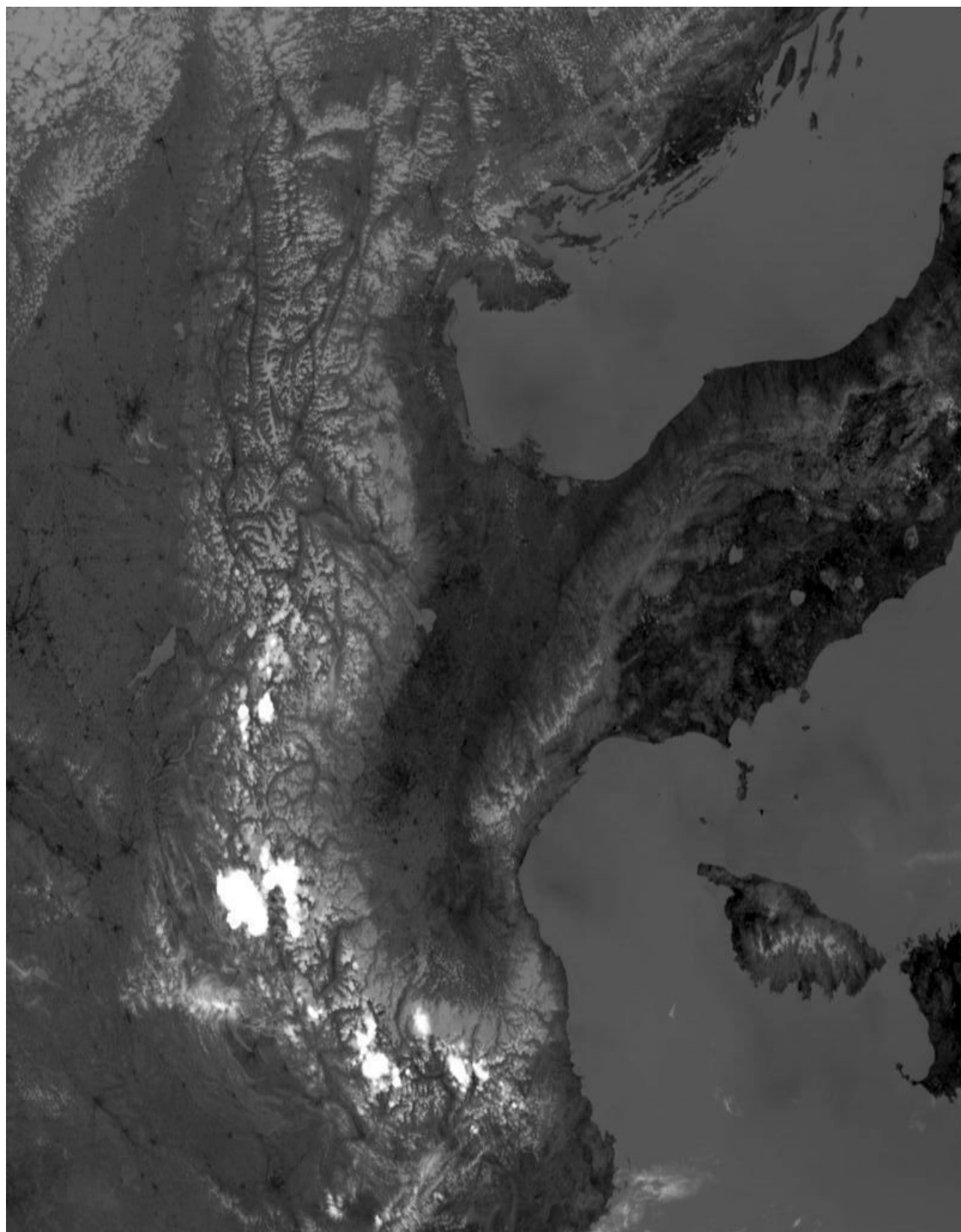
Predvideno nadaljevanje:

(2) Geostacionarni vremenski sateliti.

(3) Amaterska sprejemna postaja za vremenske satelite.

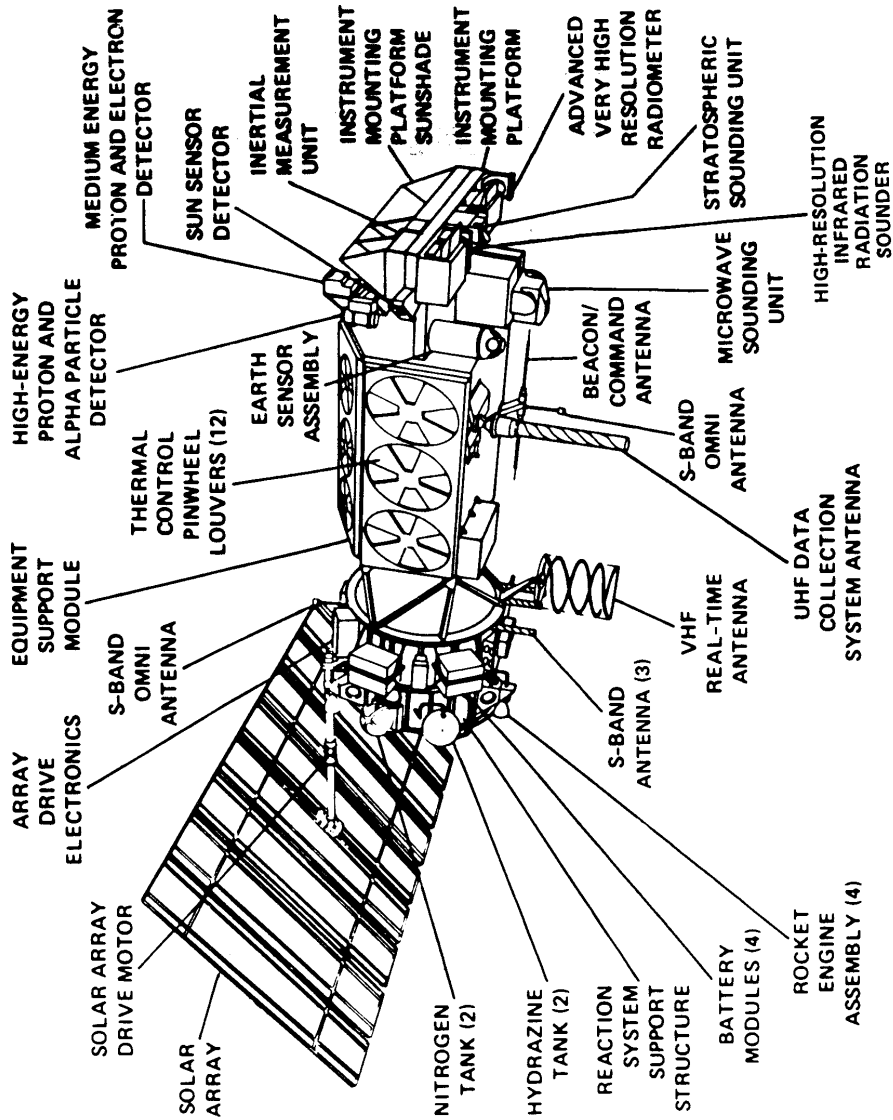


Slika 1.- NOAA 10. 14/7/1990, vidni spekter -(07ym).

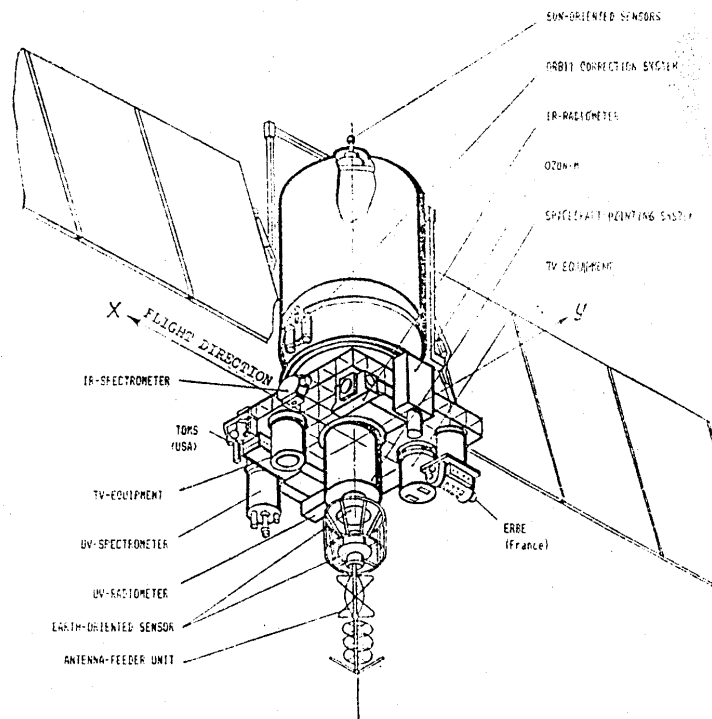


slika 2. - NOAA11 26/6/1990, infrardeci spekter (10um).

TIROS-N Spacecraft



Slika 3.- Ameriški satelit vrste "Tiros - N"
(TIROS-N, NOAA-6 do NOAA-11).



Slika 4. - Sovjetski satelit vrste "Meteor-3".