

Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Zavod za elektroničke sustave i obradu signala

Seminarski rad iz kolegija: Sustavi za praćenje i vođenje procesa

## Interplanetarni internet



Tomislav Devčić  
2401021255

U Zagrebu, 1. Lipnja 2006

## **1.Uvod**

Ciljevi projekta interplanetarnog interneta (IPN) je definirati arhitekturu i protokole potrebne za povezivanje interneta na Zemlji sa mrežama (internetom) postavljenim na drugim planetima ili svemirskim brodovima u tranzitu. Dok je zemaljski internet zapravo "mreža povezanih mreža", IPN se može shvatiti kao "mreža razdvojenih interneta". Za takvu strukturu trebat će razviti novu tehnologiju

Za mnoge elemente od trenutačnih zemaljskih internet protokola se očekuje da budu korisni u svemirskim okruženjima malog kašnjenja, kao što su lokalne operacije na i oko nekog planeta ili unutar svemirskog broda. Dok za komunikaciju na veće udaljenosti, radi kašnjenja zbog konačne brzine svjetlosti upotreba zemaljskih protokola je neupotrebljiva. Isto tako je za očekivati da će arhitektura i protokoli razvijani za ovaj projekt biti korisni i u mnogim zemaljskim komunikacijama.

Studija se može naći od nazivom DARPA's Next Generation Internet Initiative , i trenutno se sastoji od kreme istraživača iz NASA Jet Propulsion Laboratory, MITRE Corporation, SPARTA, UCLA i CalTech.

Prva faza projekta interplanetarnog interneta započetog kao DARPA Next Generation Internet inicijativa je blizu svog završetka. Sponzorstvo druge faze prebacit će se na NASA's Jet Propulsion Laboratory.

Tijekom prve faze fokus je bio na definiciji cijele IPN arhitekture i identifikaciji novih ključnih protokola. Fundamentalni koncept je takav da lokalne Internet mreže s malim kašnjenjem distribuirane po Sunčevom sustavu na slobodnim svemirskim letjelicama i okolo planeta su povezane preko svemirske infrastrukture čije je kašnjenje veliko. Kao što TCP/IP protokol ujedinjuje Zemljani internet kao "mrežu svih mreža", novi protokol nazvan "Bundling" (povezivanje) ujedinjuje IPN u "mrežu svih interneta".

U drugoj fazi testirati će se koncept arhitekture detaljnom definicijom i prototipiziranjem novog "Bundling" protokola. Šire gledajući, IPN je član nove klase "Mreža otpornih na kašnjenje"(Delay Tolerant Networks), za koje se očekuje da će imati sve veći značaj u zemaljskim komunikacijama.

## **2. Problematika**

### **Kašnjenje**

Kašnjenje svjetlosti od Marsa do Zemlje varira od 4 min kad su u najbližem položaju do 20min kad su najudaljeniji. Dok za druge planete kao Jupiter to kašnjenje iznosi između 30 do 45min, za Saturn 70-90min...

### **Povezanost**

Prilikom rotacije geostacionarnih satelita oko planeta, rotacije planeta oko sunca te zaklanja nebeskih tijela prilikom poravnate konstelacije dolazi do prekida „vidljivosti“ između dva čvora, što znači i prekida veze. I u slučaju da se osigura redundantna arhitektura, veza nikad neće biti potpuno stabilna, zbog neočekivanih utjecaja kao što su prolaz polja asteroida.

### **Udaljenost čvorova**

Komunikacijske performanse su obrnuto proporcionalne drugom kvadratu udaljenosti dvaju objekata koji komuniciraju. Komunikacija s vanjskim planetima kao što su Neptun i Pluton je 10 milijardi puta teža nego komunikacija geostacionarnog satelita sa Zemljom. 1000 puta teža nego komunikacija Zemlja-Mars.

### **Asimetrični protok podataka**

Asimetrični protok podataka znači da broj podataka koji dolazi do čvora nije jednak broju podataka koji izlazi iz njega, odnosno manji je. Za ADSL omjer asimetrije iznosi 100:1, znači od 100kb podataka koje je ušlo u čvor, iz njega izlazi samo 1kb podataka. Za svemirske komunikacije asimetrija iznosi 1000:1. Asimetrija se dešava zbog redundancije i kodova za zaštitu paketa.

### **Utjecaj Okoline**

Toplinski šokovi: uređaji moraju funkcionirati u uvjetima ekstremnih temperatura. Velika razlika temperatura pri uvjetima izloženosti sunčevom zračenju i u uvjetima kad je uređaj u sunčevoj sjeni.

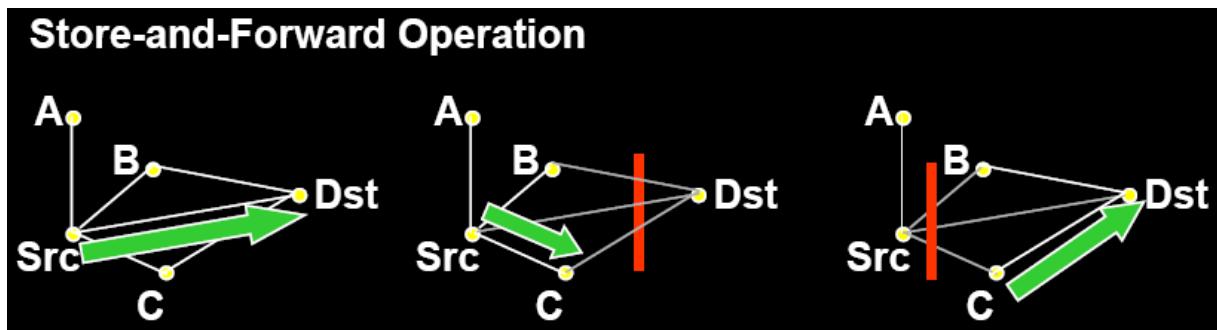
Problemi zračenja(Sunčev vjetar); snažnog EM polja koje može opotpuno onesposobiti uređaj.

Problem opskrbe električnom energijom: kod vanjskih planeta jakost sunčeve svjetlosti je mala, u takvim situacijama se ide za korištenjem nuklearne energije.

### 3.Rješenja

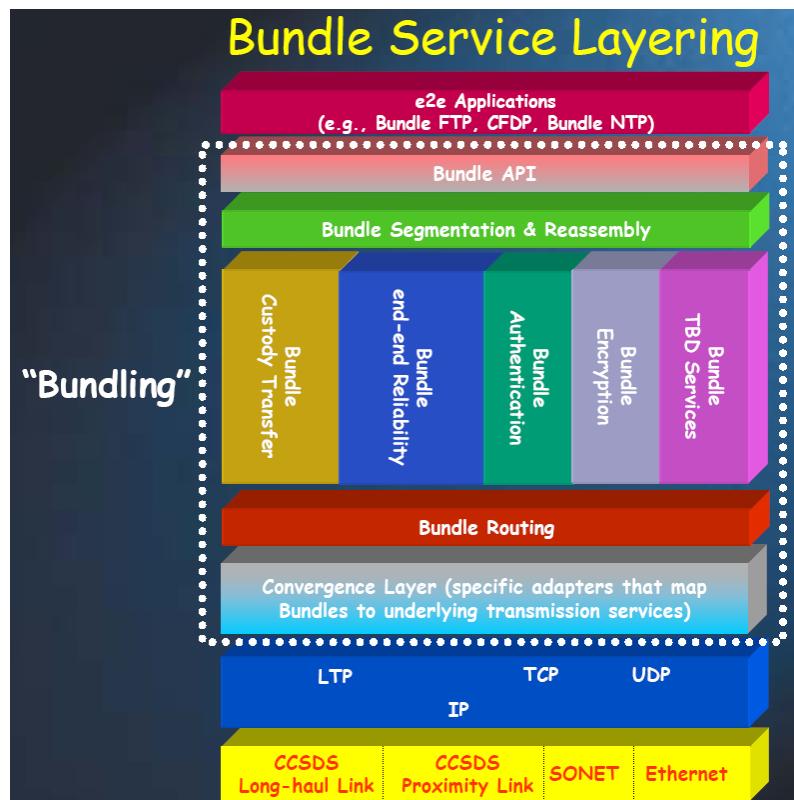
#### **Delay Tolerant Network**

Zbog očekivanih velikih kašnjenja u komunikaciji kroz Delay Tolerant Network, iliti mrežu neosjetljivu na kašnjenja, komunikacija između čvorova zahtjeva minimalnu interaktivnost. I odvija se kroz tzv Store-and-Forward način rada (slika 1.). Dakle, u jednom trenutku komuniciraju samo dva čvora. Kad čvor primi paket, odmah ga prosljeđuje idućem, ne dajući pritom prethodnom čvoru nikakvu informaciju o pristizanju paketa. To je tzv. fire-and-forget način rada. Odluku o tome kome će proslijediti poruku (ako postoji više puteva do cilja) zaključuje na osnovu statističkih podataka o dostupnosti tog čvora.



Slika 1. Store and forward način rada

#### **„Boundle“ protokol**



Slika 2. Boundle protokol

IPN arhitektura prepoznaje da u mnogim okolinama - kao i kod interplanetarnih komunikacija– da put koji funkcioniра u realnom vremenu između dva korisnika nikad ne postoji kao povezana cjelina. Umjesto toga, komunikacija se mora odvijati povezivanjem serije vremenski razdvojenih skokova. Preko Bundling protokola se odvija to povezivanje.

Novi skok može naići gotovo odmah nakon prethodnog, ili može biti razdvojen varijabilnim ili relativno dugim vremenskim periodima. Čvorovi rade u “store and forward ” modu. Odnosno kad paket stigne do nekog čvora, on ga prosljedi idućem čvoru i javi prethodnom da je primio paket te ga oslobađa brige o tom paketu, odnosno oslobađa mu resurse( memoriju i komunikacijske kanale). Koristeći ovu tehniku može se sagraditi mreža visokog stupnja robusnosti koja je tolerantna na kašnjenje i nepovezanost.

### **Ka-band, X-band, antene**

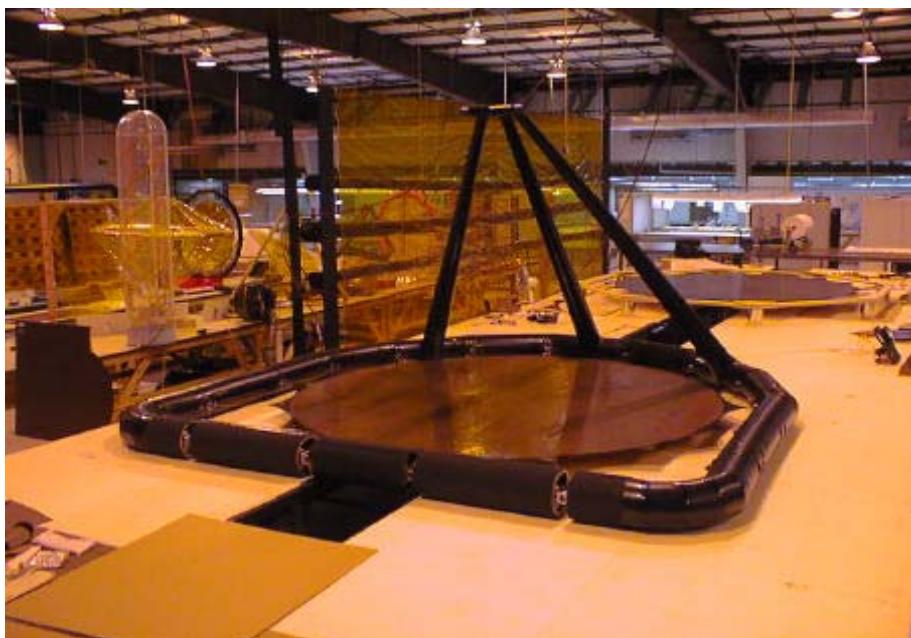
Trenutno se sva svemirska komunikacija odvija na X-bandu (8 GHz). Za buduće komunikacije bit će potrebno razviti tehnologiju koja će omogućiti veću propusnost, odnosno manji utrošak energije i bolji odnos signal-šum. Trenutno se razvija tzv. Ka-band koji radi na 32 GHz i uz optičke komunikacije on bi trebao zamijaniti X-band. U odnosu na X-band Ka-band ima teoretsko pojačanje od 10dB. Dok optičke komunikacije čak 60dB pojačanja u odnosu na X-band.

Za usporedbu 10dB pojačanje omogućuje:

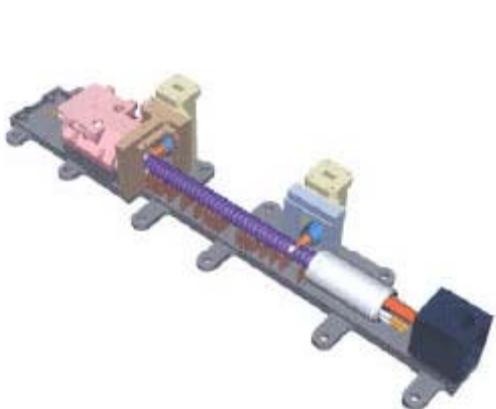
- 10x veći protok podataka, ili
- 90% manje potrošnje energije

Ili omogućuje kombinaciju istih:

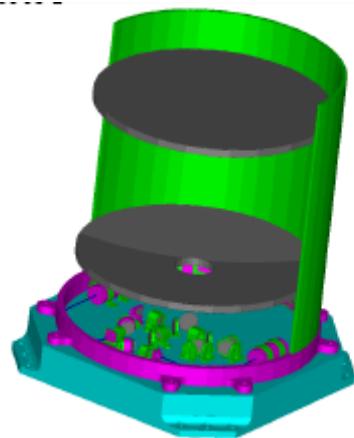
- 2.5x veći protok podataka, i
- 50% smanjenje potrošnje



Slika 3. Antena za Ka-band



Slika 4. 35W Ka-band antena



Slika 5. 30-cm Terminal za optičku komunikaciju

Također se razvijaju tehnike za povećanje efektivne površine antena na zemljinoj površini. Koristeći nekoliko velikih ili više manjih antena.



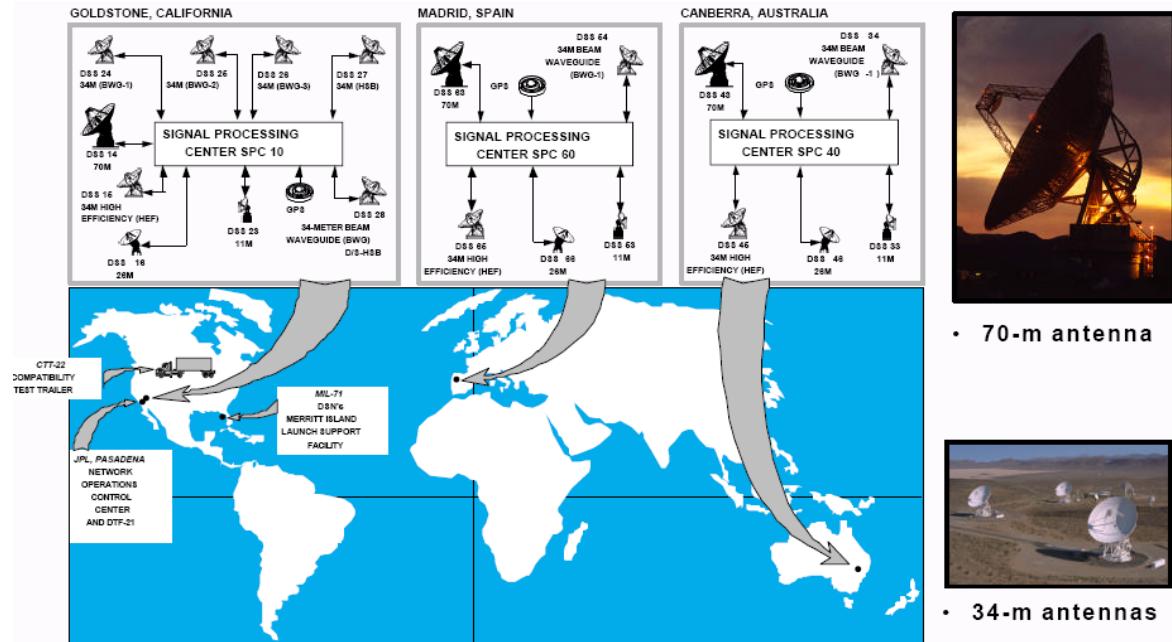
Slika 6. Polje antena za svemirsku komunikaciju na Zemlji

## **Sigurnost**

Za razliku od zemaljskog interneta, IPN ima na raspolaganju malu propusnost kanala (bandwith) i povezanost između dva IPN entiteta nije uvek zagarantirana. Kao rezultat, sigurnosni mehanizam implementiran u IPN nemože prepostaviti da su dva entiteta u on-line interakciji. To je analogno načinu na koji funkcioniра zaštita elektroničke pošte. E-pošta djeluje na interaktivnom sloju, stoga sigurnosne tehnologije razvijene za e-poštu su direktno adaptivne za korištenje u IPN.

## 4. Što je napravljeno

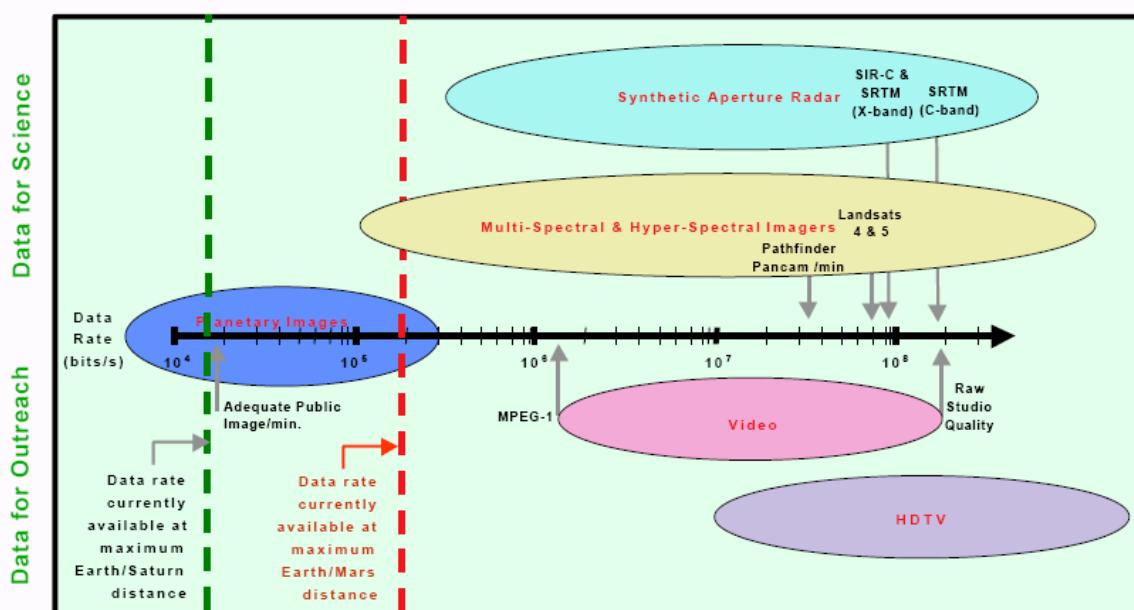
Na tri geografske lokacije(SAD, Španjolska, Australija) postavljena su polja velikih antena. Na svakom polju su po jedna 70 metarska i nekoliko 34-metarskih antena. Ta polja su razmaznuta na 120 stupnjeva punog zemljiniog kruga iz razloga da u ni jednom trenutku Zemlja ne izgubi kontakt ni s jednom letjelicom te Marsom ili Mjesecom. Brzine prijenosa za Mars se kreću između 10 i 100 kbps, a za vanjske planete 1 do 10 kbps.



Slika 7. Jedna 70-metarska i nekoliko 34-metarske antene na svakoj geografskoj lokaciji

## Današnje brzine

## Future Scientific and Outreach Needs



Slika 8. Današnje stanje svemirskih brzina

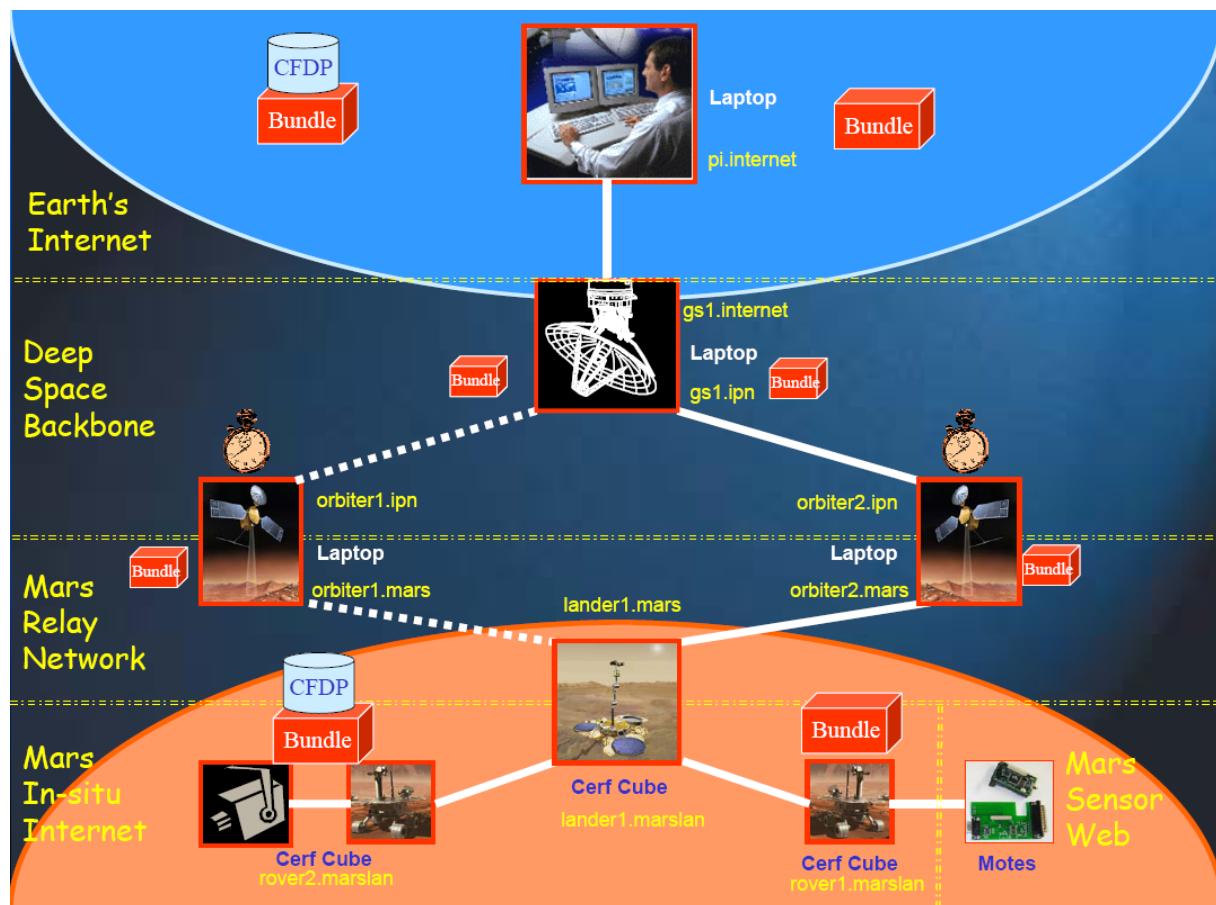
Trenutno stanje je takvo da su potrebe za svemirskom komunikacijom 10 do 100 puta veće nego što to može omogućiti trenutna komunikacijska tehnologija.

Slika 8. Pokazuje današnje stanje u svemirskoj komunikaciji i potrebe za brzinama u budućnosti.

## **5.MARS**

NASA već istražuje dizajn za „Marsovu mrežu“ od nekoliko orbitalnih satelita. Ovi sateliti će biti lansirani kroz jedan period godina, a konstelacija će s vremenom biti nadopunjavana novim satelitima. To će osigurati vezu između Zemlje i Marsa veći dio vremena ili čak cijelo vrijeme. Povezanost neće biti tako stabilna kao na zemljinoj infrastrukturi.

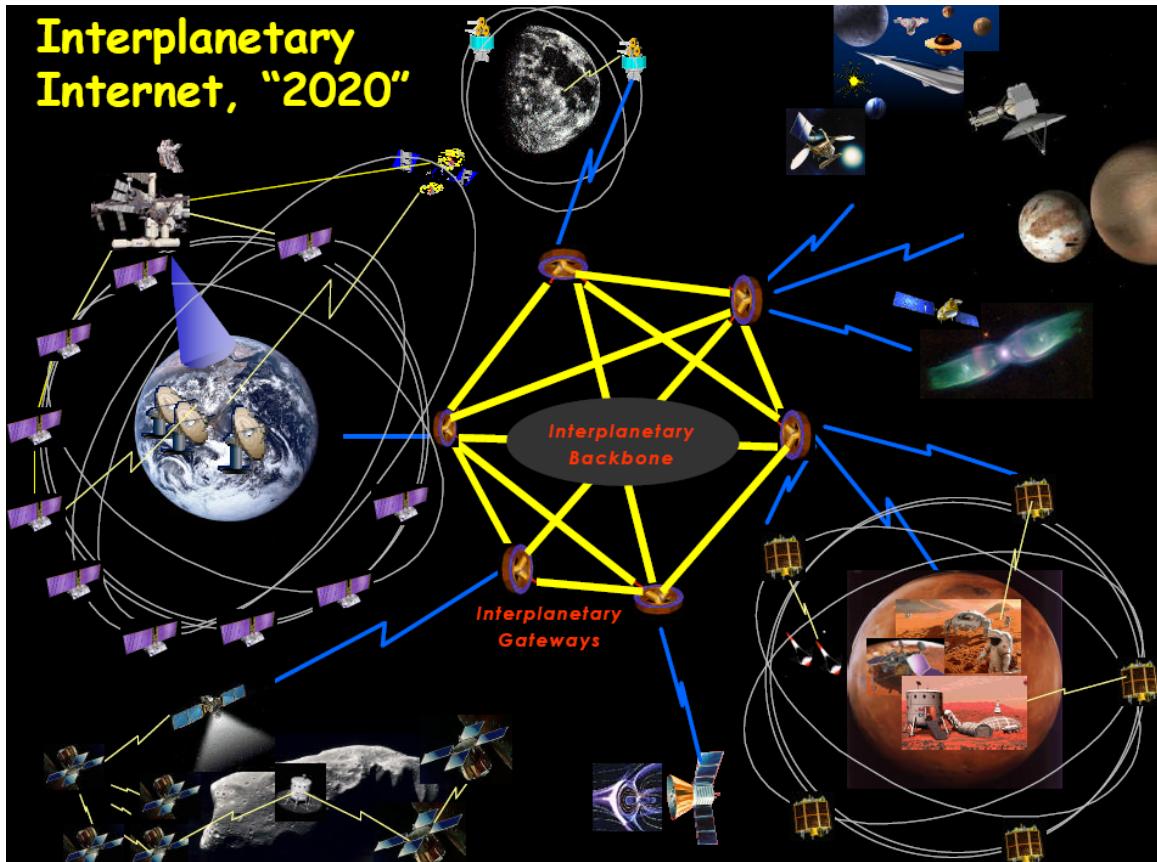
NASA će biti prva koja će uspostaviti infrastrukturu duboko u svemiru čija je puna svrha komunikacijska podrška za višestruke misije u budućnosti. Za razliku od ad hoc svemirskih komunikacija korištenih za pojedinačne misije, veza između mreže na Zemlji i one na Marsu biti će stabilna. To će vjerojatno biti prvi segment strukture interplanetarnog interneta.



Slika 9. Marsova mreža povezana s Zemljom

## **6.Budućnost**

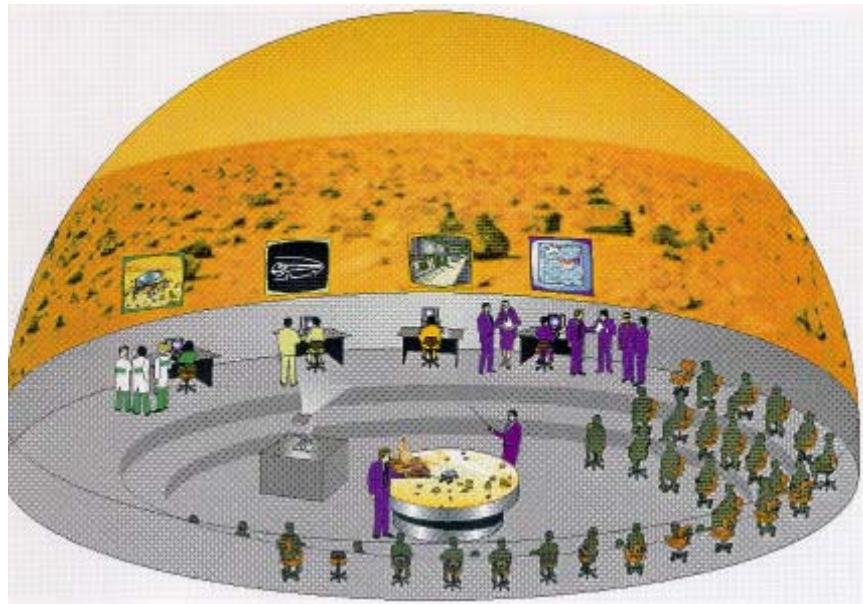
Interplanetarni internet je mreža svih mreža, on povezuje čvorove u sunčevom sustavu u jednu cjelinu. Robustan je. Njegove veze su visoke propusnosti te se lagano uspostavljaju, sigurne su i jednostavne za korištenje.



Slika 10. Vizija interplanetarnog interneta u 2020 godini

## **Virtualno istraživanje**

U budućnosti, svemirsko istraživanje će postajati sve složenije, a IPN će omogućiti istraživačima da upravljaju "brodovima", a da zapravo ne putuju u njima. Vizualizacija i kontrola pomoći komunikacije putem IPN omogućit će ljudsku pomoći u slučaju neočekivane situacije. IPN će omogućiti ljudskoj posadi koja putuje na Mars da u realnom vremenu upravlja tele-robotima na površini planeta.



Slika 11. Virtualno istraživanje

## **7.Literatuara**

IPNSIG - Inter planetary Internet Special Interest Group : <http://www.ipnsig.org/>