

# Telekomunikacijska omrežja

Anton Umek  
Fakulteta za elektrotehniko  
Univerza v Ljubljani  
[anton.umek@fe.uni-lj.si](mailto:anton.umek@fe.uni-lj.si)



# UVOD V TELEKOMUNIKACIJE

---

- Električne komunikacije, signali in informacija
- Delitev elektromagnetnega spektra
- Glavni mejniki v razvoju telekomunikacij
  - Telegraf in telefon
  - Radio in televizija
  - Satelitske komunikacije
  - Mobilni celična omrežja
  - Paketna omrežja in Internet



## Električne komunikacije

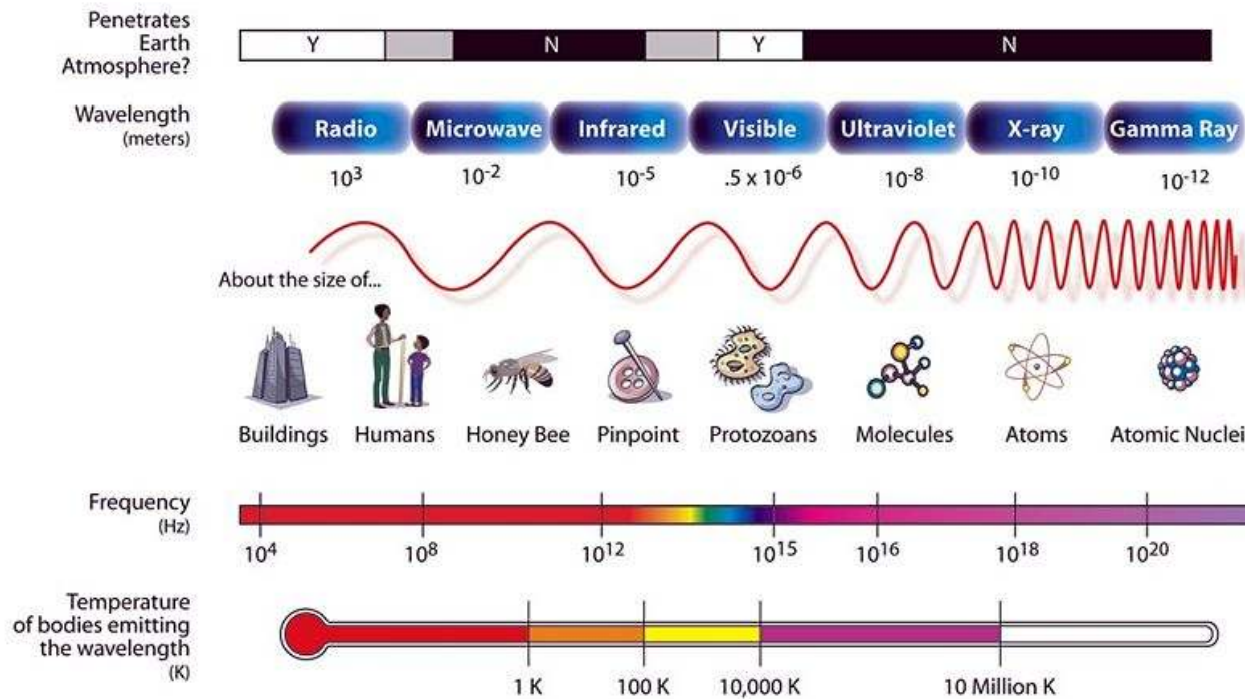
---

- Komunikacija med napravami poteka s pomočjo električnih signalov. Glede na vrsto prenosnega medija ločimo vrvične in brezvrvične komunikacije.
  - Vrvične komunikacije zahtevajo instalacijo prenosnega medija. Medij je lahko električni žični kabel ali pa optično vlakno. Elektromagnetno valovanje razširja usmerjeno v omejenem prostoru. Zaradi fizične povezave terminali niso mobilni.
  - Brezvrvične komunikacije lahko potekajo po zraku ali v praznem prostoru, pri zelo nizkih frekvencah pa tudi v vodi. Prenosni medij je omejen zato predstavlja dragocen naravni vir. Zaradi skupnega prenosnega medija lahko prihaja do motenj med različnimi uporabniki.

# Delitev elektromagnetnega spektra

- Elektromagnetno valovanje se prosto razširja v zraku ali v praznem prostoru. Komunikacijo v frekvenčnem prostoru do 300GHz imenujemo tudi radijska komunikacija.

## THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



# Radijski frekvenčni prostor

- Območje radijskih frekvenc je razdeljeno na območja nizkih, srednjih in visokih frekvenc s predponami (Very, Ultra, Super, Extremely):
  - ELF (3Hz-30Hz), SLF(30Hz-300Hz), ULF(300Hz-3kHz), VLF(3-30kHz)
  - LF (30kHz-300kHz), MF (300kHz-3MHz), HF(3MHz-30MHz), VHF(30MHz-300MHz),
  - UHF (300MHz-3GHz), SHF(3-30GHz), EHF(30-300GHz)
- Zadnjo skupino (300MHz-300GHz) imenujemo tudi mikrovalovi.
- Dimenzije oddajnih anten so primerljive z valovno dolžino !!



**VLF**

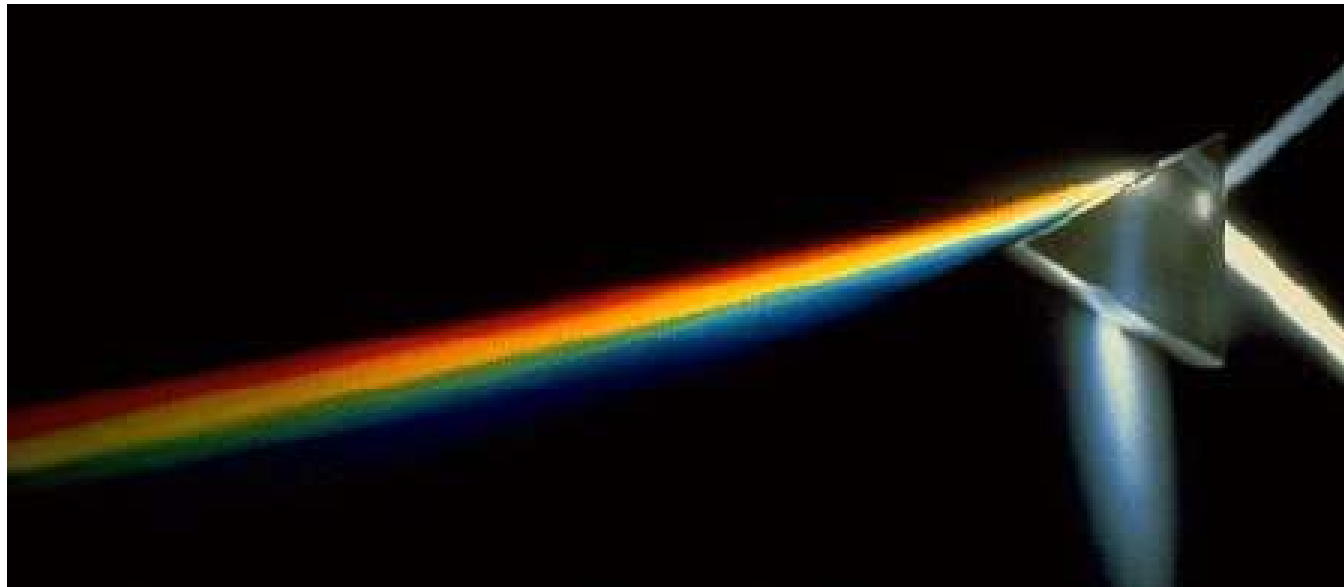


**UHF**



# Svetlobni spekter

- Pri frekvencah nad 300GHz običajno navajamo podatek o valovni dolžini.
- Za človeško oko vidni del svetlobnega **spektra** je v območju od 400 do 700nm.
- Svetlobna komunikacija po optičnih vlaknih poteka v nevidnem delu spektra v območjih med 1200nm in 1700nm.
- Območje X žarkov je od 10nm do 10pm, območje gama žarkov pa določajo valovne dolžine od 10pm do 1pm.





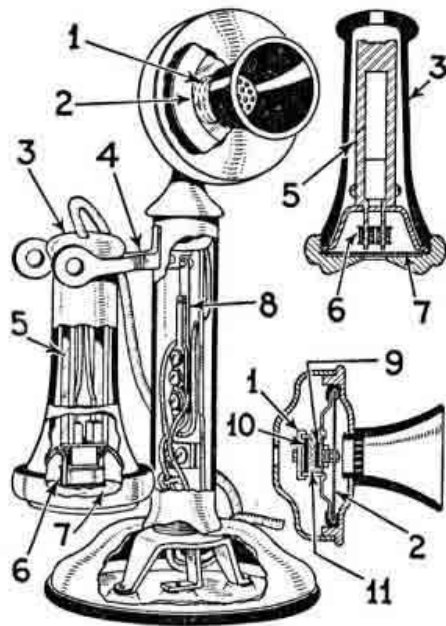
## Prve znakovne komunikacije in telegraf

---

- Znakovne komunikacije so se že uporabljale pred iznajdbo prvih električnih naprav (bobni, dimni signali, kresovi, ogledala...)
- V 18. stoletju so uporabljali teleskopske relejne sisteme svetlobnih semaforjev na stolpih, največ po Franciji.
- 1839: **telegraf** (Cooke, Wheatstone , Morse)
- Po ameriški državljanski vojni je leta 1866 položen prvi telegrafski kabel med Evropo in Ameriko.

# Telefon

- 1876, A.G. Bell , Elisha Gray



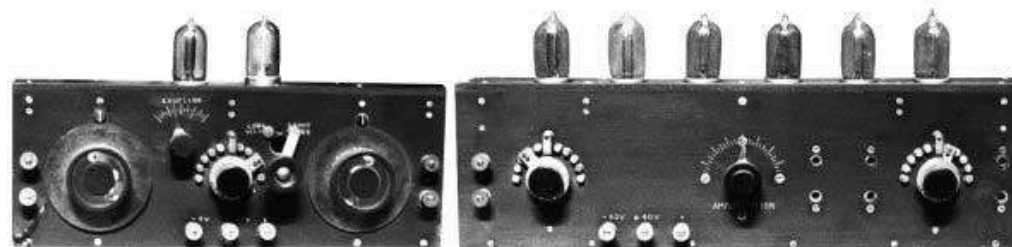
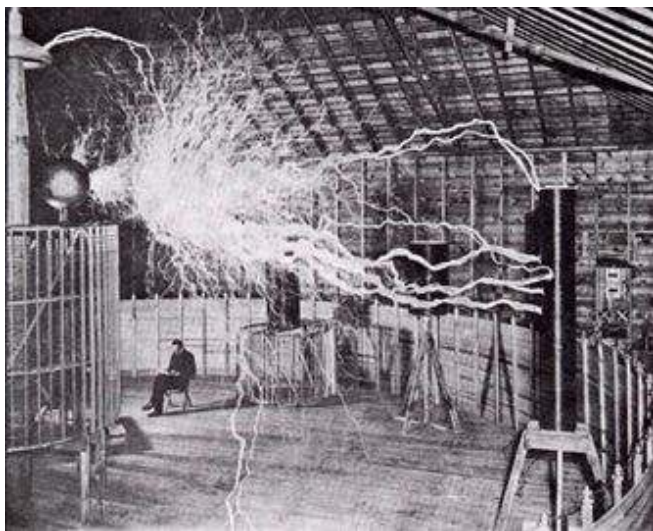
View, partly sectional, of a typical modern Telephone, with cross-sectional views of Transmitter and Receiver. 1, 1 Transmitter Button (containing 9, 10, and 11); 2, 2 Transmitter Diaphragm; 3, 3 Receiver; 4, 4 Receiver Hook; 5, 5 Permanent Magnet; 6, 6 Receiver Coil; 7, 7 Receiver Diaphragm; 8, 8 Contact Springs which close the circuit when the receiver is lifted from the hook; 9, 9 Front Carbon Electrode; 10, 10 Rear Carbon Electrode; 11, 11 Carbon Granules.





# Začetek radijskih komunikacij

- 1888, Heinrich Hertz eksperimentalno potrdi obstoj elektromagnetnih valov,
- 1897, Nikola Tesla: US patent za radijski prenos informacije,
- 1901, Guglielmo Marconi: radijski prenos informacije čez Atlantik, Nobelova nagrada.
- 1906, Fessenden: prvo oddajanje govora in glasbe
- 1920: prvo oddajanje radijskih novic



# Televizija

- 1926, John Baird, prenos gibljive slike, mehanski TV!
- 1929: prva oddajanja TV signala v ZDA in v Evropi
- 1951, CBS: prvi komercialni TV program v barvah
- TV aparati :



1938 DuMont Model 180  
America's First Commercial Electronic TV Set



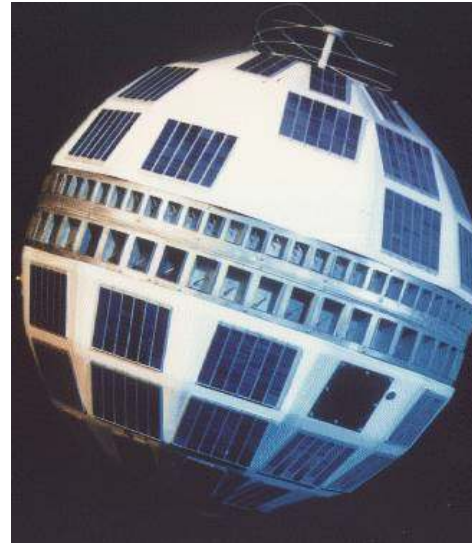
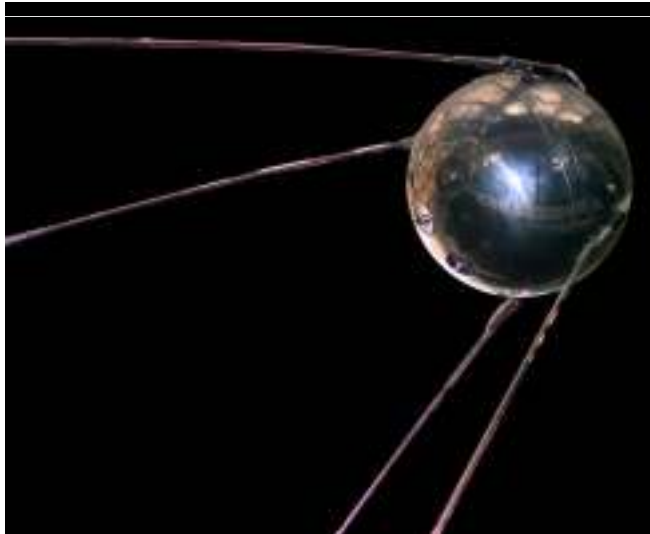
# Razvoj elektronike

- Leta 1947 je bil v Bell Labs izdelan prvi transistor,
- leta 1961 je patentirano prvo integrirano vezje (IC)
- število transistorjev v pomnilnikih narašča eksponentno:
  - 1970 > 100
  - 1989 > 1.000.000
  - 2005 > 1.000.000.000
  - 2007 > 10.000.000.000



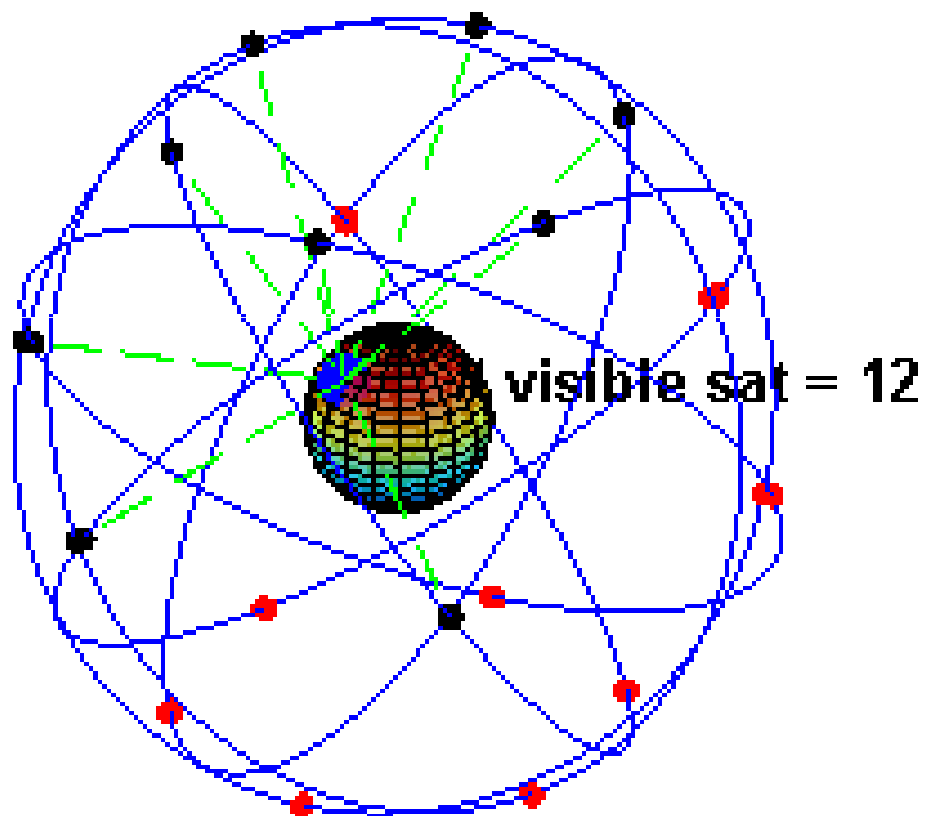
## Satelitske komunikacije

- Doba vesoljskih komunikacij se začne leta 1957 z izstrelitvijo Sputnika.
- Leta 1961 AT&T lansira prvi telekomunikacijski satelit Telstar za telefonijo in TV.



# Satelitske komunikacije

- navigacija GPS



# Mobilna celična omrežja

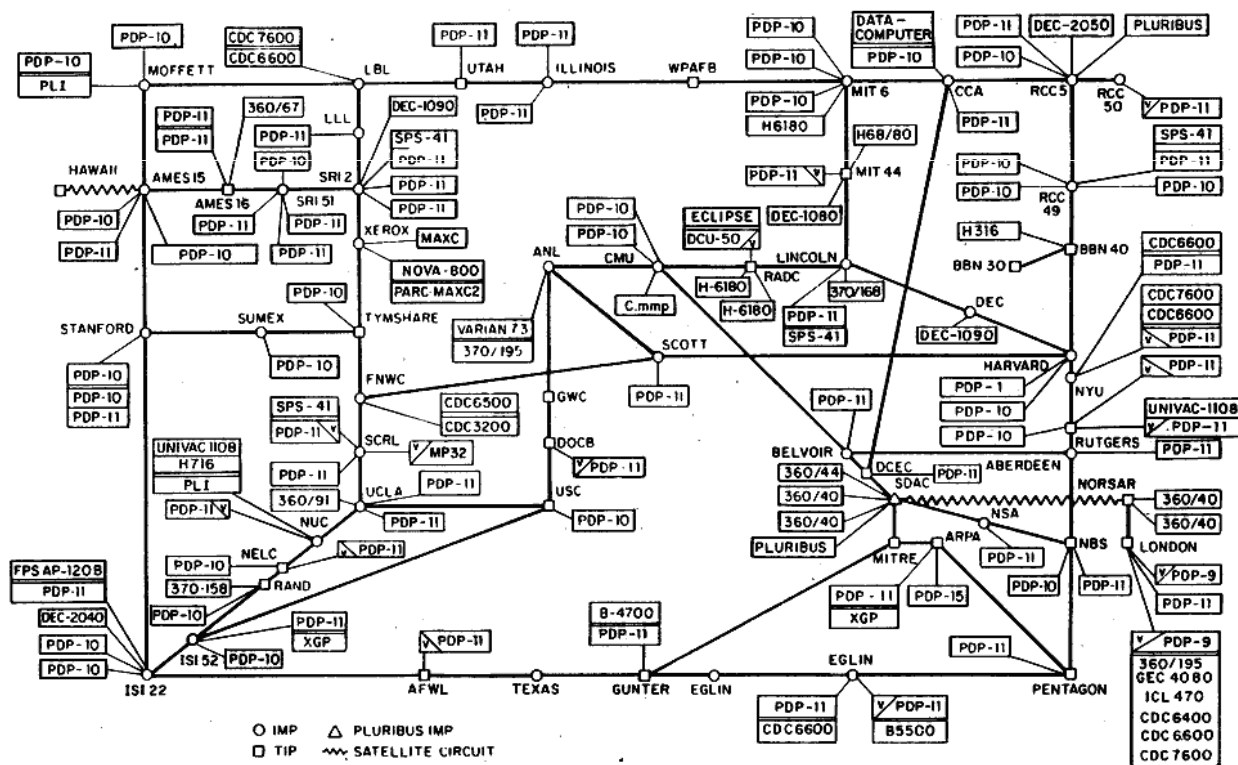
- Leta 1981 začne delovati prva generacija mobilne telefonije v Skandinaviji NMT (Nordic Mobile Telecommunication).
- Deset let kasneje začne delovati prvo GSM omrežje.
- Leta 2001 začne delovati prvo UMTS omrežje, in leta 2003 tudi v Sloveniji.
- 2010 se začne postavljati prva omrežja LTE,
- razvija pa se že četrto generacijo (4G) mobilnih sistemov LTE-Advanced



# Začetki Interneta

- 1961 je L. Cleinrock iz ameriške univerze MIT predstavil koncept **paketnega omrežja**.
- V letu 1969 je začela raziskovalna agencija **ARPA** (Advanced Research Project Agency) razvoj paketnega omrežja in leta 1972 je kot rezultat teh raziskav začelo delovati geografsko porazdeljeno omrežje **ARPANET**.

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE HOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES



## Začetki Interneta

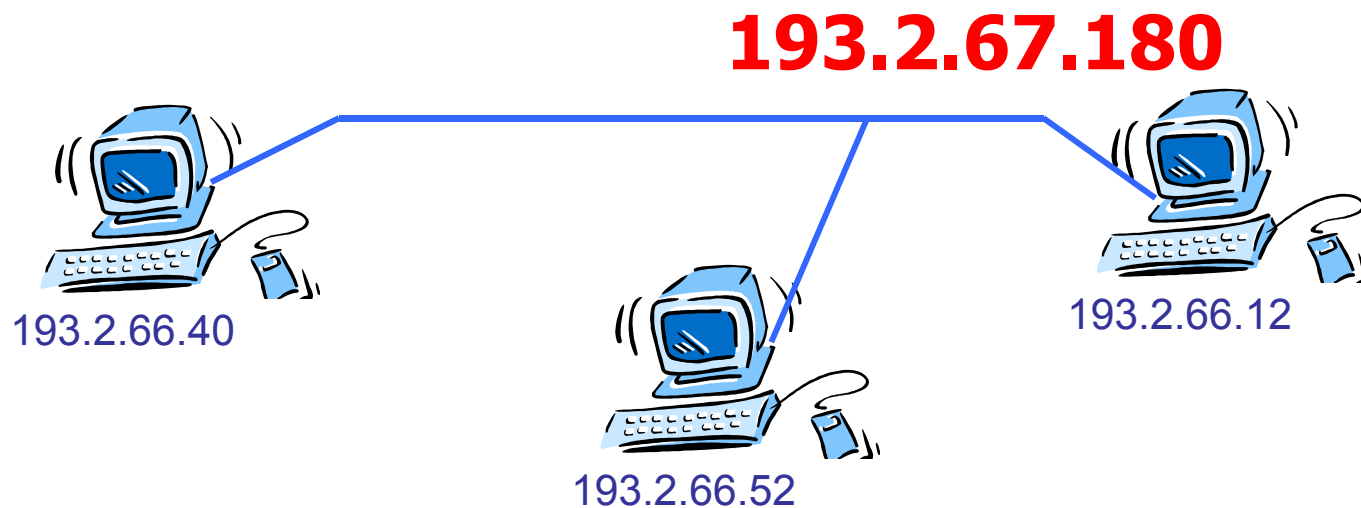
---

- Zaradi nepovezljivosti različnih fizičnih omrežij se je v letu 1973 začel razvoj **TCP/IP** protokolnega sklada, ki naj bo neodvisen od fizičnega medija. **IP verzija 4** je bila končana 1978, ARPANET pa je na IP protokol prešel leta 1982.
- ARPANET je bil v začetku **vojaško omrežje**, zaradi obsežnega sodelovanja ameriške vojske z univerzami pa se je razširilo najprej na ameriške in nato tudi druge univerze.
- K popularizaciji in **komercializaciji** interneta je v največji meri pripomogel razvoj jezika HTML in protokola HTTP, ki ju je razvil T. B. Lee na švicarskem inštitutu za fiziko CERN.



# IP naslavljanje

- Vsaka naprava priključena v globalni Internet ima svoj **enoumen internet naslov** (IP naslov).
- IP naslov je sestavljen iz **štirih oktetov** (8 bitnih besed). Z enim oktetom je mogoče zapisati številke od 0 do 255. Posamezne oktete v naslovu med seboj ločimo s piko. Tako lahko zapišemo naslov v obliki:





## Primeri internetnih aplikacij

<b>Elektronska pošta</b>	Program, ki omogoča pošiljanje, sprejemanje in urejanje elektronske pošte. Uporablja protokole SMTP, IMAP, POP3,...
<b>Spletni brskalnik</b>	Poleg brskanja po spletnih straneh omogočajo brskalniki še prenos datotek (download in upload). Uporablja protokole HTTP, FTP, HTML, ...
<b>MIRC</b>	Program za "on-line" pogovor po internetu. Omogoča pisni pogovor dveh ali več udeležencev, ki so prijavljeni na isti strežnik.
<b>Dostop do podatkovnih zbirk</b>	Večino podatkovnih aplikacij omogoča tudi dostop do oddaljenih podatkovnih strežnikov. Večinoma so to strežniki zasnovani na SQL jeziku.
Gopher	Program, ki se je pred pojavom HTTP protokola največ uporabljal za iskanje podatkov po internetu.



## Rast števila uporabnikov svetovnega spleta

---

leto	brskljalnik	število uporabnikov
■ 1993	Mosaic	
■ 1995	IE, NN2.0	16m
■ 1996	IE3, NN3.0	36m
■ 1997	IE4, NN4.0	70m
■ 1998	IE5,	147m
■ 2002	NN7	587m
■ 2005	IE7, FF2.0	1,1M
■ 2007		1,25M
■ 2010	IE8 ,FF4.0	2M (29% prebivalstva!)



## Kratka zgodovina storitev na spletu

---

amazon.com®

- 1994 spletna trgovina amazon

Google™

- 1998 je ustanovljen Google

eBay®

- 1998 začne delovati eBay,

PayPal

- 2002 postane lastnik PayPal-a (1.5M\$)
- 2006 je dodana še spletna trgovina ebay express

skype™

- 2003 Skype, septembra 2005 postane lastnik eBay (2.6M\$)

myspace.com™  
a place for friends

facebook

- 2003 MySpace, danes 2004 facebook, danes 500M uporabnikov!

You Tube  
Broadcast Yourself™

- 2005 YouTube, naslednje leto (2006) postane lastnik Google (1,65M\$)