



# Meritve kakovosti uporabniške izkušnje Interneta

dr. Andrej Kos

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko  
Laboratorij za telekomunikacije

Portorož, 4. november 2009

[www.ltfe.org](http://www.ltfe.org), Laboratorij za telekomunikacije



## Predstavitev LTFE

### Področja

- telekomunikacijski inženiring
- IP, IPv6, MPLS, multicast
- Ethernet, xDSL, BRAS, CATV
- NGN, IMS, VoIP, SIP
- SS7, SIGTRAN
- 3G/4G, WLAN, WiMAX
- Razvoj storitev in vsebin, ParlayX, web storitve
- večpredstavnost, TV
- e-izobraževanje

### 50 sodelavcev



**Coome**



**e-cho**



**SITV**

[www.ltfe.org](http://www.ltfe.org)

[wap.ltfe.org](http://wap.ltfe.org)

[dl.ltfe.org](http://dl.ltfe.org)

[www.sitv.tv](http://www.sitv.tv)

[qfk.ltfe.org](http://qfk.ltfe.org)

[coome.ltfe.org](http://coome.ltfe.org)

[www.openlab.si](http://www.openlab.si)





## Delavnice, šolanja in e-izobraževanje

- **Real learning**
  - klasika + e-izobraževanje
- **Širok nabor izobraževalnih vsebin**
  - 50 +
- **Delavnice, šolanja, izobraževanja**
  - dnevno/dvodnevno
  - po modulih 3-5 dni
  - celovita šolanja 10-20 dni
- **E-izobraževanja**
  - ECHO – sistem
  - vsebine (naredimo ali smo importiramo vaše/zunanje)
  - statistika
  - preverjanje znanja
- **Certifikati (Fakulteta za elektrotehniko)**



Demo: [www.ltfe.org](http://www.ltfe.org)



Demo: [www.e-cho.org](http://www.e-cho.org)



## Uvod

---

### Primeri meritve in rezultatov



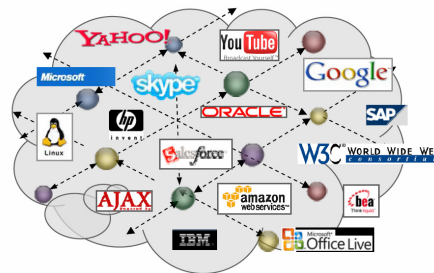
## Internet s stališča uporabnikov

### ■ Internet 1.0

- Static Web
- Mail
- FTP
- Usenet
- IRC



- Internet 2.0
- Web apps
- Web video
- Web mail
- Web chat
- Skype
- P2P



## QoS in QoE

### ■ QoS – merilo zmogljivosti s stališča omrežne perspektive

- standard ITU-T Rec. E.800
- tipična QoS metrika
  - zakasnitev (angl. *delay*)
  - variacija zakasnitve (angl. *jitter*)
  - pasovna širina (angl. *throughput*)
  - delež izgubljenih paketov (angl. *packet loss*)

### ■ QoE – uporabniška sprejemljivost storitve/aplikacije, kot jo subjektivno dojema končni uporabnik

- standard ITU-T Rec. G.1080/G.1010
- zajema učinke celotnega sistema in je lahko predmet uporabnikovega pričakovanja in konteksta
  - zmogljivost omrežja
  - zmogljivost uporabniške opreme
  - storitvena/aplikacijska odvisnost od omrežja



## Metode modeliranja QoE

- **Subjektivne**
  - prednosti
    - najbolj reprezentativne
  - slabosti
    - vezane na posamezne končne uporabnike
    - neponovljivost rezultatov
    - neprimerne za merjenje v realnem času in tekom izvajanja storitve
    - kompleksna izvedba meritev
- **Objektivne**
  - prednosti
    - univerzalnost
    - ponovljivost rezultatov
    - metrika temelji izključno na merljivih parametrih
    - hitrejše, primerne za ocene v realnem času in tekom izvajanja storitve
  - slabosti
    - slabši približek ocene QoE za posameznega uporabnika, predmet vključenih parametrov in vidikov ter s tem globine



## Metode modeliranja QoE – standardi

- **Subjektivne metode**
  - ITU-T Rec. P.862 Mean Opinion Score (MOS)
- **Objektivne metode**
  - ITU-T Rec. P.861 Perceptual Speech Quality Measure
  - ITU-T Rec. P.862 Perceptual Evaluation of Speech Quality
  - ITU-T Rec. G.107 E-model
  - ITU-T P.NAMS (non-intrusive parametric model for assessment of performance of multimedia streaming)
  - ITU-T P.NBAMS (non-intrusive bit-stream model for assessment of performance of multimedia streaming)



## Analogija QoS vs. QoE

### ■ QoS indikatorji

- razpoložljivost omrežja [%]
- zakasnitve [s]
- variacija zakasnitev [s]
- izgubljeni paketi [%]
- pasovna širina [bit/s]

### ■ QoE indikatorji

- razpoložljivost storitev [%]
- odzivnost storitev [s]
- variacija odzivnosti [s]
- izgubljene zahteve [%]
- hitrost izvajanja storitev



## Merljivi indikatorji Internet QoE

### ■ Razpoložljivost

- PING: izgubljeni paketi ICMP [izgubljeni odgovori/poslane zahteve]
- WEB: dosegljivost strani [nedosegljive strani/poslane zahteve]
- http DL/UL: dosegljivost [nedokončani prenosi/poslane zahteve]

### ■ Odzivnost/hitrost

- PING: povprečen obhodni čas – RTT [s]
- WEB: čas nalaganja strani [s]
- WEB: hitrost nalaganja strani [bit/s]
- http DL/UL: čas prenosa [s]
- http DL/UL: hitrost prenosa [bit/s]



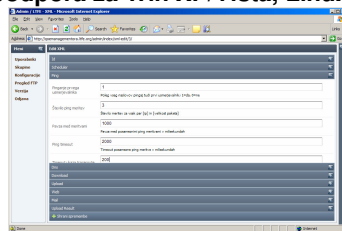
# QoE test tool

## Primeri meritve in rezultatov



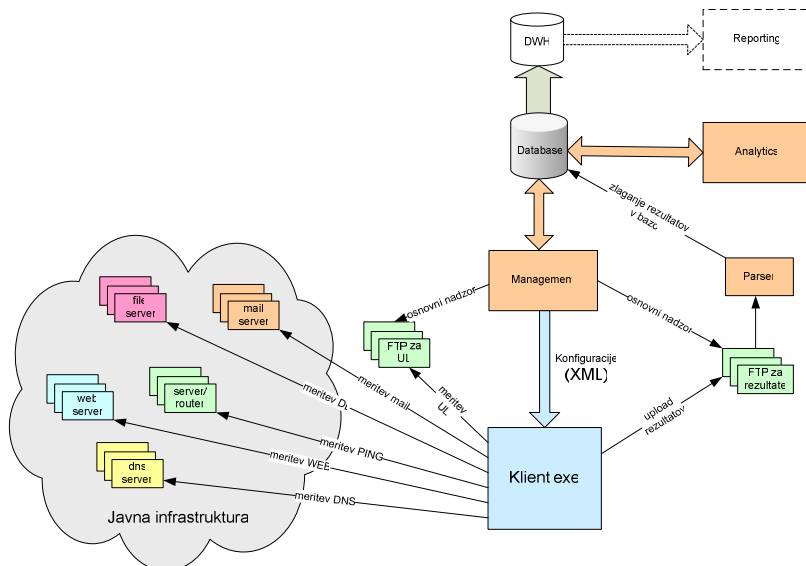
# LTFE – Internet QoE Test Tool

- **Avtomatsko multitest orodje, ki emulira uporabnika**
  - brskanje po spletu
  - prenos datotek
  - merjenje zakasnitev (ping RTT)
  - opazovanje topologije (traceroute)
- **Modularna zasnova**
  - temelji na prosto dostopnih (open source) orodjih
  - rezultati neodvisni od verzij in tipa OS
  - podpora za Win XP/Vista, Linux





## Shema sistema QoE



## Metodologija 1/2

- **Kontinuirano izvajanje meritev 24/7**
- **Meritev ping**
  - 5 meritev v paketu; prikažemo povprečni RTT in število izg. paketov
  - vsak paket z dvema velikostma: 32 okteta in 1300 okteta
  - pavza med meritvami 1 s, timeout posamezne meritve 2 s
  - IPv4 ali IPv6 naslov (ni resolvanja domen)
- **Meritev web**
  - odprtokodno orodje wget, uporabniški agent Mozilla/5.0 (compatible)
  - funkcija *page-requisites* naloži vse vsebovane datoteke na strani
  - resolvanje domene v IPv4 in/ali IPv6
  - problemi
    - [www.ripe.net](http://www.ripe.net) (IPv4 in IPv6)
    - vs. [google.com](http://google.com) (v4) + [ipv6.google.com](http://ipv6.google.com) (v6)



## Metodologija 2/2

- **Meritev download**
  - prenos ene same datoteke po IPv4 in IPv6
  - uporabljeno odprtokodno orodje wget
- **Meritev upload**
  - prenos ene same datoteke na FTP strežnik po IPv4 in IPv6
  - variabilna velikost (10 do 100 M, odvisno od hitrosti povezave)
  - FTP strežniki na UL Fakulteti za elektrotehniko
  - odjemalec napisan v Pythonu na osnovi modula *ftplib*
- **Traceroute**
  - vsako od naštetih 320+k meritev spremlja traceroute
  - možnost primerjave odstopanj na osnovi sprememb usmerjanja IPv4/IPv6
  - uporaba sistemskega orodja traceroute

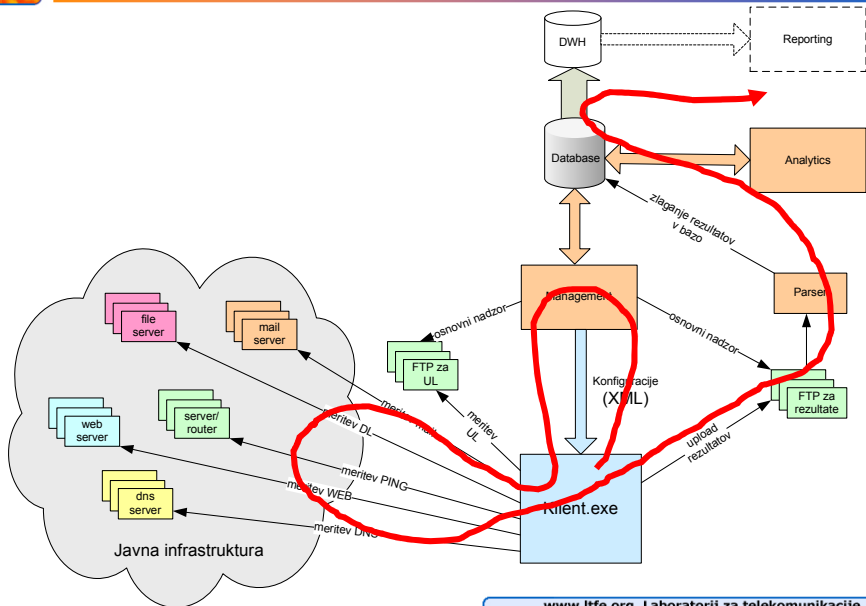


## Delovanje

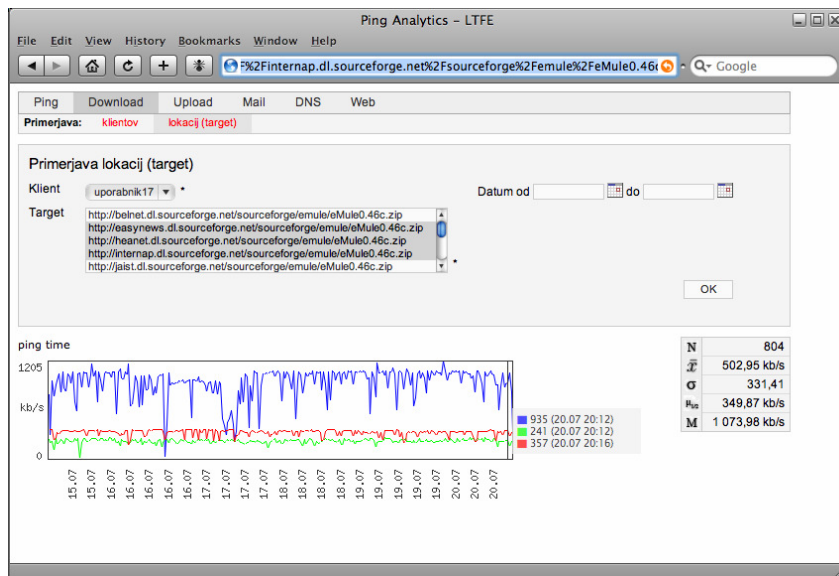
- **Uporabnik si namesti aplikacijo**
  - setup.exe
- **Ob prvem zagonu klienta QoE.exe**
  - klient generira svoj "podpis"
  - unikatna koda oblike  
"57DD1EAD48F3259CD9EAF3A9D3028FF8F7A8BA"
  - podpis shrani v Windows registry in ga uporabi pri vsaki akciji.
- **Dodatno, ob vsakem zagonu:**
  - Klient prebere svojo "bootstrap konfiguracijo"
    - initial\_config.xml, ki pride z inštalacijo
    - v njej je vpisan naslov vsaj enega centralnega strežnika (dispatcherja)



## Potek meritve



## Analiza rezultatov v bazi





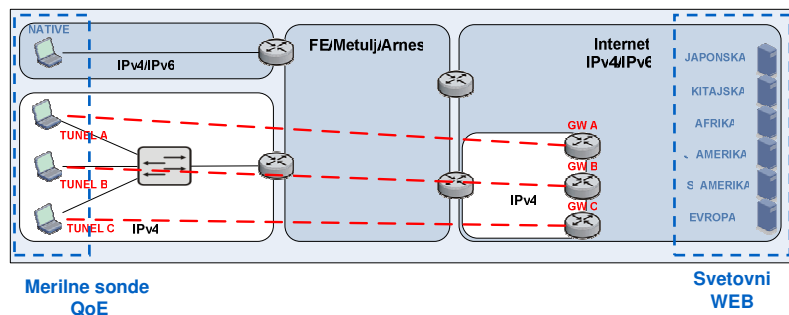
# “IPv6 Internet Weather Report”

Primeri meritve in rezultatov



## Internet QoE – merilno okolje

- 4 namenske merilne sonde
- Različni mehanizmi dostopa
  - native – dvojni protokolni sklad IPv4/IPv6
  - 3x različni tunelski mehanizmi IPv6
- IPv4/IPv6 hrbtenica
  - FE/METULJ/ARNES/GEANT ...

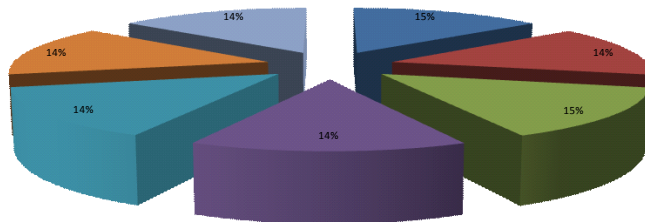




## Distribucija meritev

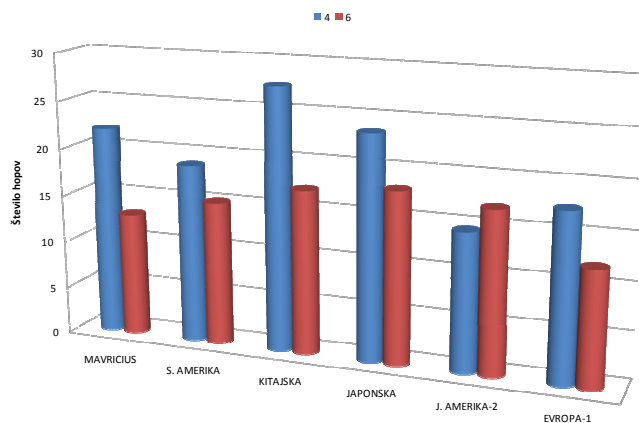
Distribucija meritev glede na kontinente/države

AFRIKA S. AMERIKA SVET KITAJSKA JAPONSKA J. AMERIKA EVROPA



## Kako daleč je internet?

TRACEROUTE: povprečno število hopov  
V odvisnosti od lokacije

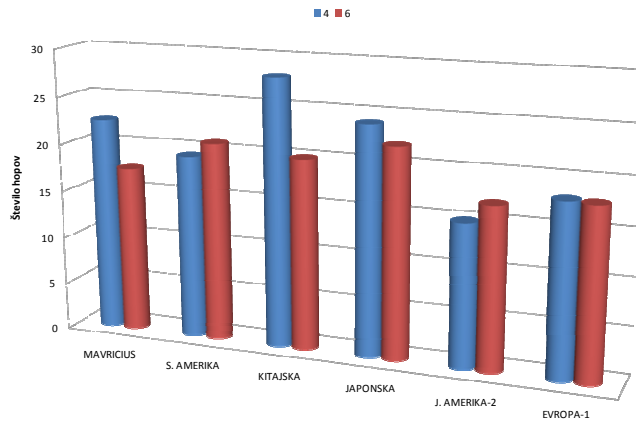


	MAVRICIUS	S. AMERIKA	KITAJSKA	JAPONSKA	J. AMERIKA-2	EVROPA-1
4	21,94090909	18,78419453	27,50151976	23,4870624	14,50379363	17,50762195
6	12,95606061	15,03039514	17,20972644	18,00607903	16,99242424	12,0945122



## Kako daleč je zares Internet?

TRACEROUTE: povprečno število hopov  
V odvisnosti od lokacije - native

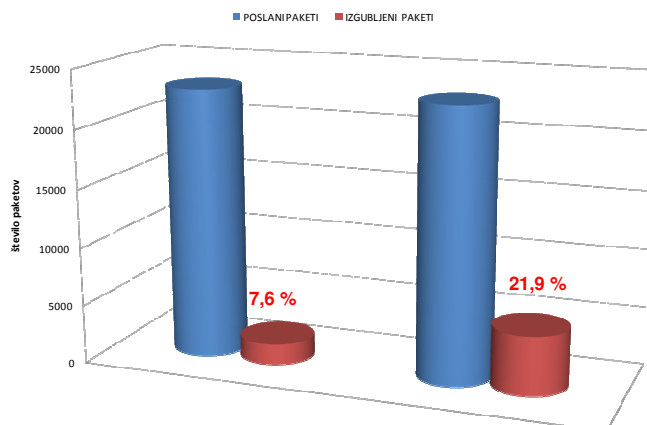


	MAVRICIUS	S. AMERIKA	KITAJSKA	JAPONSKA	J. AMERIKA-2	EVROPA-1
■ 4	22,46129032	19,31818182	28,02597403	24	15	18,03896104
■ 6	17,47096774	20,83116883	20	22	17	17,9025974



## Razpoložljivost?

PING: izgubljeni paketi  
Primerjava IPv4 - IPv6



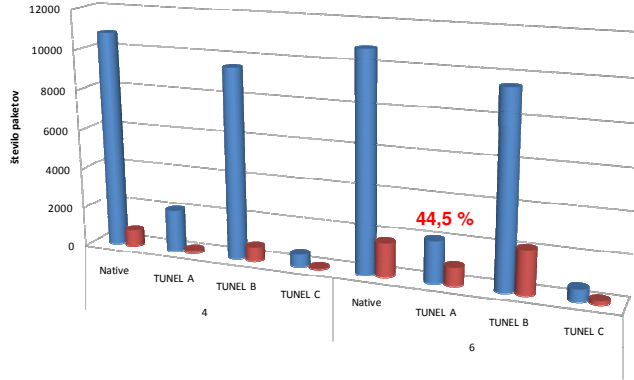
	4	6
■ POSLANI PAKETI	23040	23050
■ IZGUBLJENI PAKETI	1760	5038



## Razpoložljivost/dostop

PING: izgubljeni paketi  
V odvisnosti od tipa dostopa

■ POSLANI PAKETI ■ IZGUBLJENI PAKETI

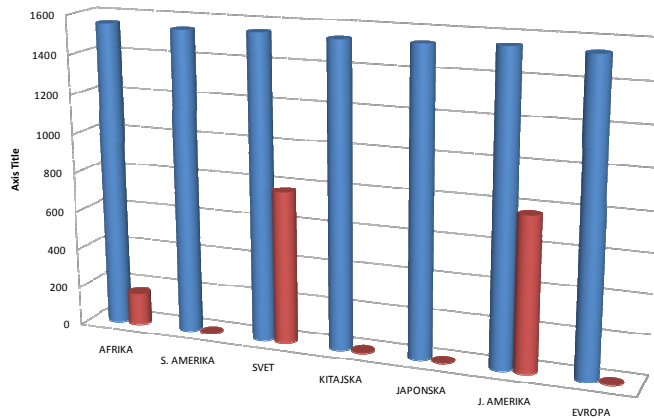


	4				6			
	Native	TUNEL A	TUNEL B	TUNEL C	Native	TUNEL A	TUNEL B	TUNEL C
■ POSLANI PAKETI	10805	2100	9505	630	10810	2100	9510	630
■ IZGUBLJENI PAKETI	817	167	719	57	1718	935	2186	199



## Razpoložljivost v6/lokacija

PING: izgubljeni paketi IPv6  
V odvisnosti od lokacije

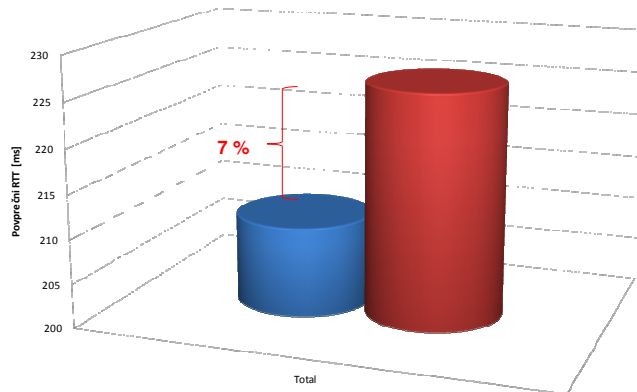


	AFRIKA	S. AMERIKA	SVET	KITAJSKA	JAPONSKA	J. AMERIKA	EVROPA
■ Native - POSLANI	1550	1540	1550	1540	1540	1550	1540
■ Native - IZGUBLJENI	164	0	775	3	0	775	1



## Hitrost?

PING: povprečni RTT  
Primerjava IPv4 - IPv6

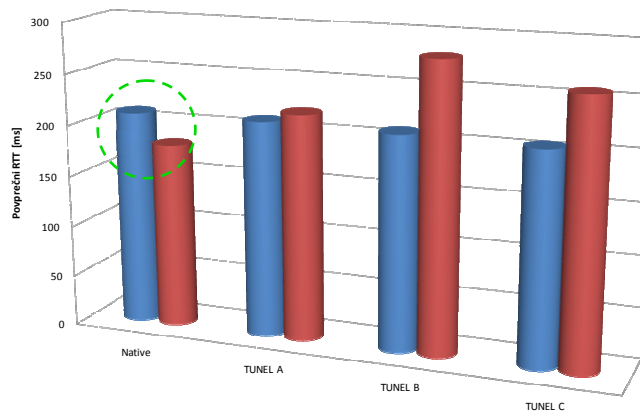


	Total
4	210,1565752
6	226,1777278



## Hitrost/dostop [PING RTT]

PING: Povprečni RTT  
V odvisnosti od tipa dostopa

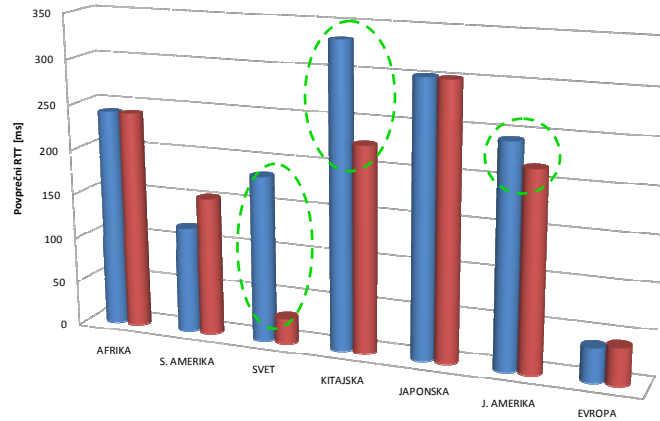


	Native	TUNEL A	TUNEL B	TUNEL C
4	210,4971528	211,25975	209,7523379	206,6956522
6	181,0152084	221,1784421	281,0493534	258,0955556



## Hitrost/lokacija [PING RTT]

PING: povprečni RTT  
V odvisnosti od lokacije

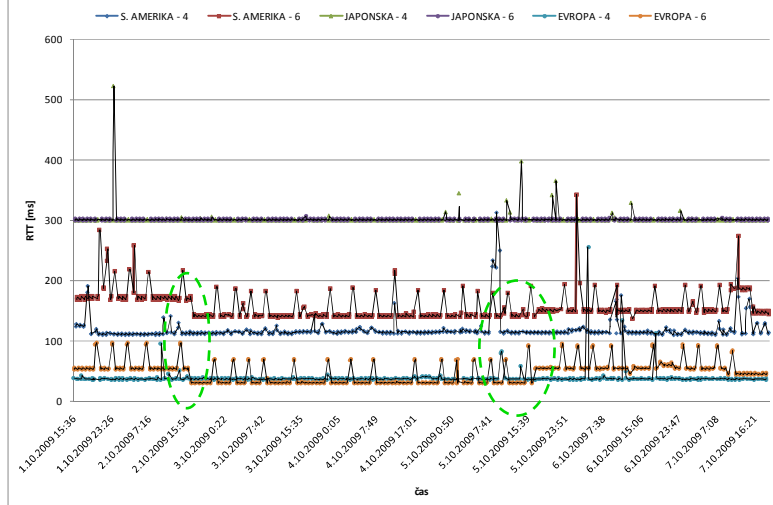


	AFRIKA	S. AMERIKA	SVET	KITAJSKA	JAPONSKA	J. AMERIKA	EVROPA
4	240,8160714	118,2783388	183,7122581	334,3664495	301,8818182	242,9598706	38,15714286
6	240,6369871	153,4766234	28,41806452	226,5685065	301,0448052	217,04	41,62662338



## Hitrost/lokacija [RTT]

PING: čas RTT  
V odvisnosti od lokacije

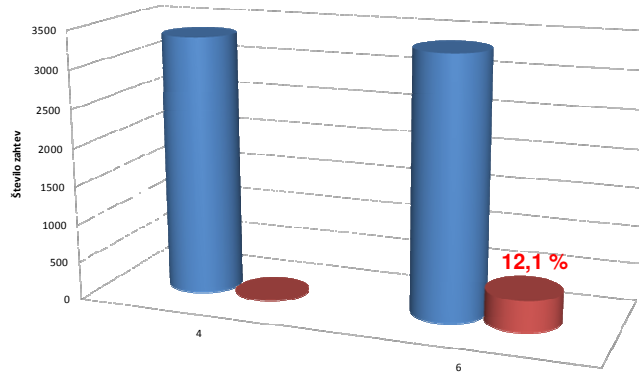




## Razpoložljivost WEB?

WEB: dosegljivost strani  
Primerjava IPv4 - IPv6

■ POSLANE ZAHTEVE ■ NEDOSEGLJIVE STRANI



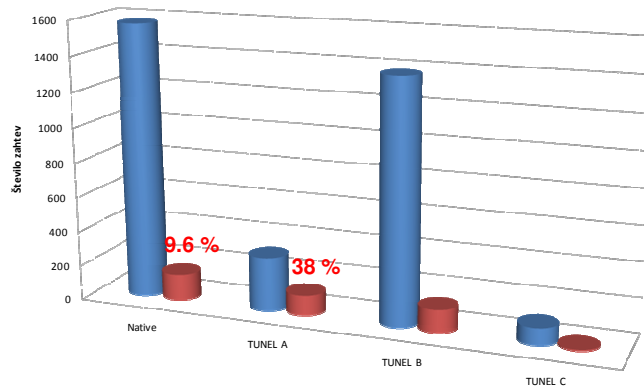
	4	6
■ POSLANE ZAHTEVE	3362	3363
■ NEDOSEGLJIVE STRANI	2	408



## Razpoložljivost WEBv6/dostop

WEB: dosegljivost strani  
V odvisnosti od tipa dostopa

■ POSLANE ZAHTEVE ■ NEDOSEGLJIVE STRANI

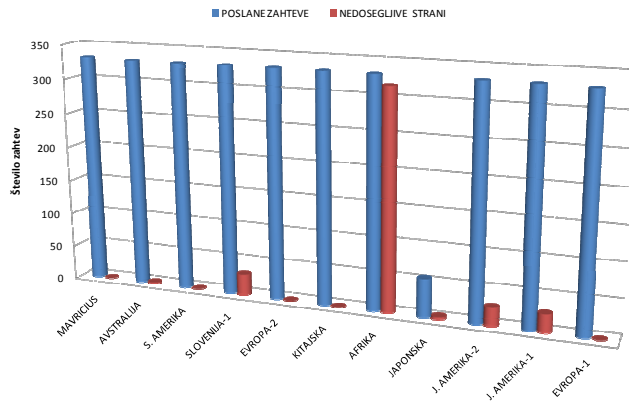


	Native	TUNEL A	TUNEL B	TUNEL C
■ POSLANE ZAHTEVE	1573	311	1380	99
■ NEDOSEGLJIVE STRANI	151	118	130	9



## Razpoložljivost WEBv6/lokacija

WEB: dosegljivost strani  
V odvisnosti od lokacije

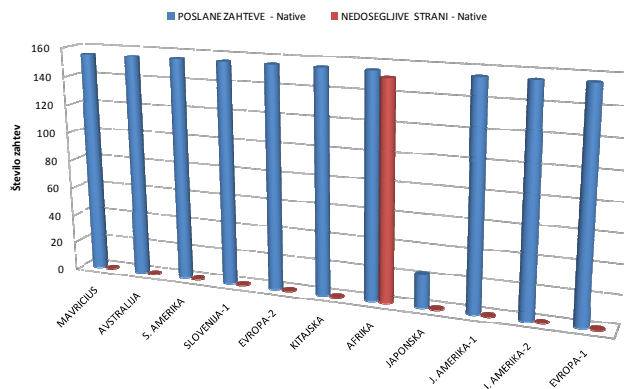


	MAVRICIUS	AVSTRALIJA	S. AMERIKA	SLOVENIJA-1	EVROPA-2	KITAJSKA	AFRIKA	JAPONSKA	J. AMERIKA-2	J. AMERIKA-1	EVROPA-1
POSLANE ZAHTEVE	331	330	330	331	331	331	331	56	331	331	330
NEDOSEGLJIVE STRANI	0	2	0	31	0	0	317	4	27	27	0



## Razpoložljivost WEBv6/native

WEB: dosegljivost strani  
V odvisnosti od lokacije - native dostop

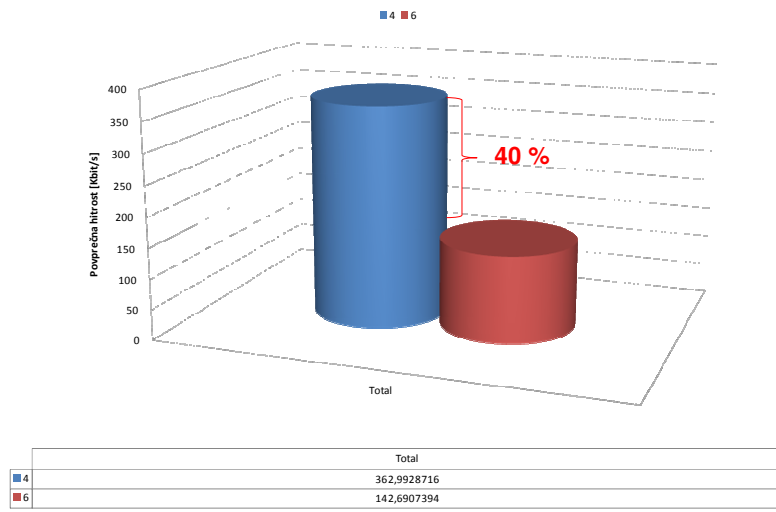


	MAVRICIUS	AVSTRALIJA	S. AMERIKA	SLOVENIJA-1	EVROPA-2	KITAJSKA	AFRIKA	JAPONSKA	J. AMERIKA-1	J. AMERIKA-2	EVROPA-1
POSLANE ZAHTEVE - Native	155	155	155	155	155	155	155	23	155	155	155
NEDOSEGLJIVE STRANI - Native	0	0	0	0	0	0	151	0	0	0	0



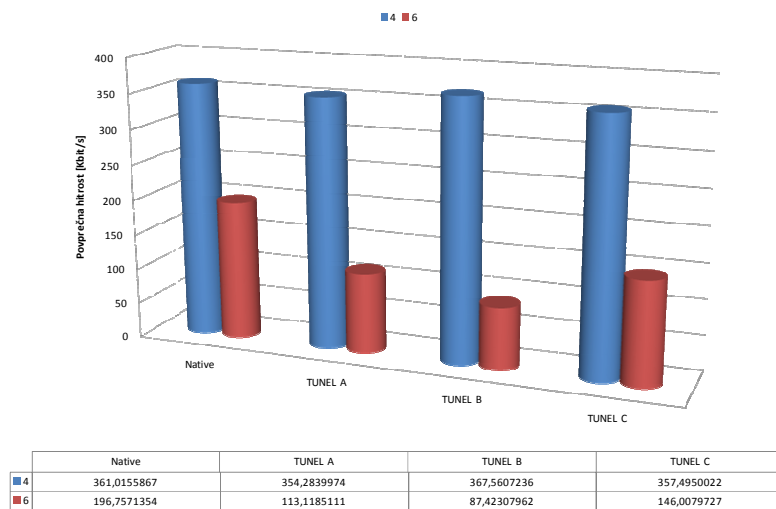
## Hitrost WEB?

WEB: povprečna hitrost  
Primerjava IPv4 - IPv6



## Hitrost WEBv6/dostop

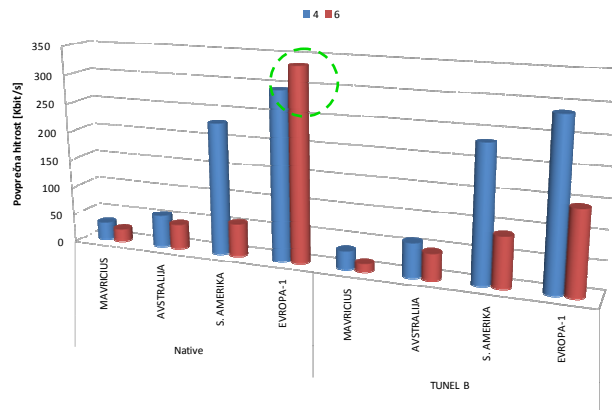
WEB: povprečna hitrost  
V odvisnosti od tipa dostopa





## Hitrost WEBv6/lokacije

WEB: povprečna hitrost  
V odvisnosti od lokacije/tipa dostopa

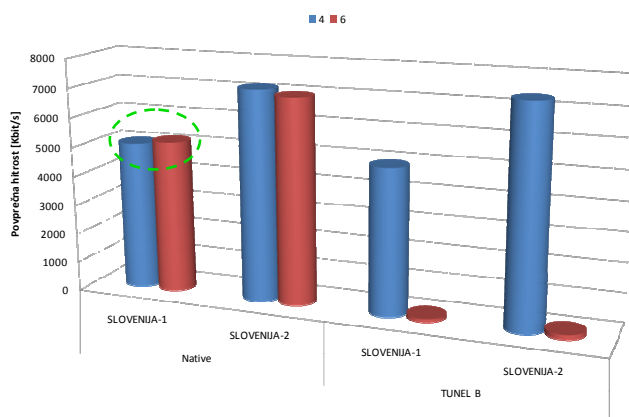


	Native				TUNEL B			
	MAVRICIUS	AVSTRALIJA	S. AMERIKA	EVROPA-1	MAVRICIUS	AVSTRALIJA	S. AMERIKA	EVROPA-1
■ 4	32,23149032	56,68825455	229,9789116	294,5734774	32,67798603	59,49289407	234,2976794	287,9438022
■ 6	23,29164613	43,84929355	57,20401677	336,0637594	14,124115	45,93737279	88,30078309	145



## Hitrost WEBv6/lokacije SI

WEB: povprečna hitrost - SLOVENIJA  
V odvisnosti od lokacije/tipa dostopa

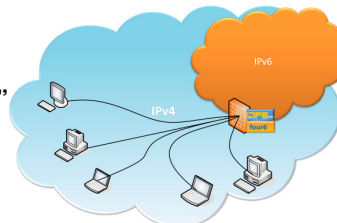


	Native		TUNEL B	
	SLOVENIJA-1	SLOVENIJA-2	SLOVENIJA-1	SLOVENIJA-2
■ 4	5051,241871	7152,095075	4952,720463	7366,380728
■ 6	5185,326071	6980,279677	117,3052066	167,5821029



## Sklep

- **QoE**
  - uporabniška sprejemljivost storitve/aplikacije, kot jo “subjektivno” dojema končni uporabnik
  
- **Orodje za avtomatske meritve QoE**
  - IPv4 ok
  - IPv6 v razvoju “IPv6 Weather Report”
  
- **Kdo želi aktivno sodelovati ...**
  
- **LTFEfour6 – [www.ltfe.org](http://www.ltfe.org)**
  - brezplačen Slovenski “IPv6 Tunnel Broker”
  - “wire speed” rešitev
  - namenjen študentom in širši raziskovalni skupnosti



## Hvala za pozornost!

dr. Andrej Kos  
[andrej.kos@fe.uni-lj.si](mailto:andrej.kos@fe.uni-lj.si)