

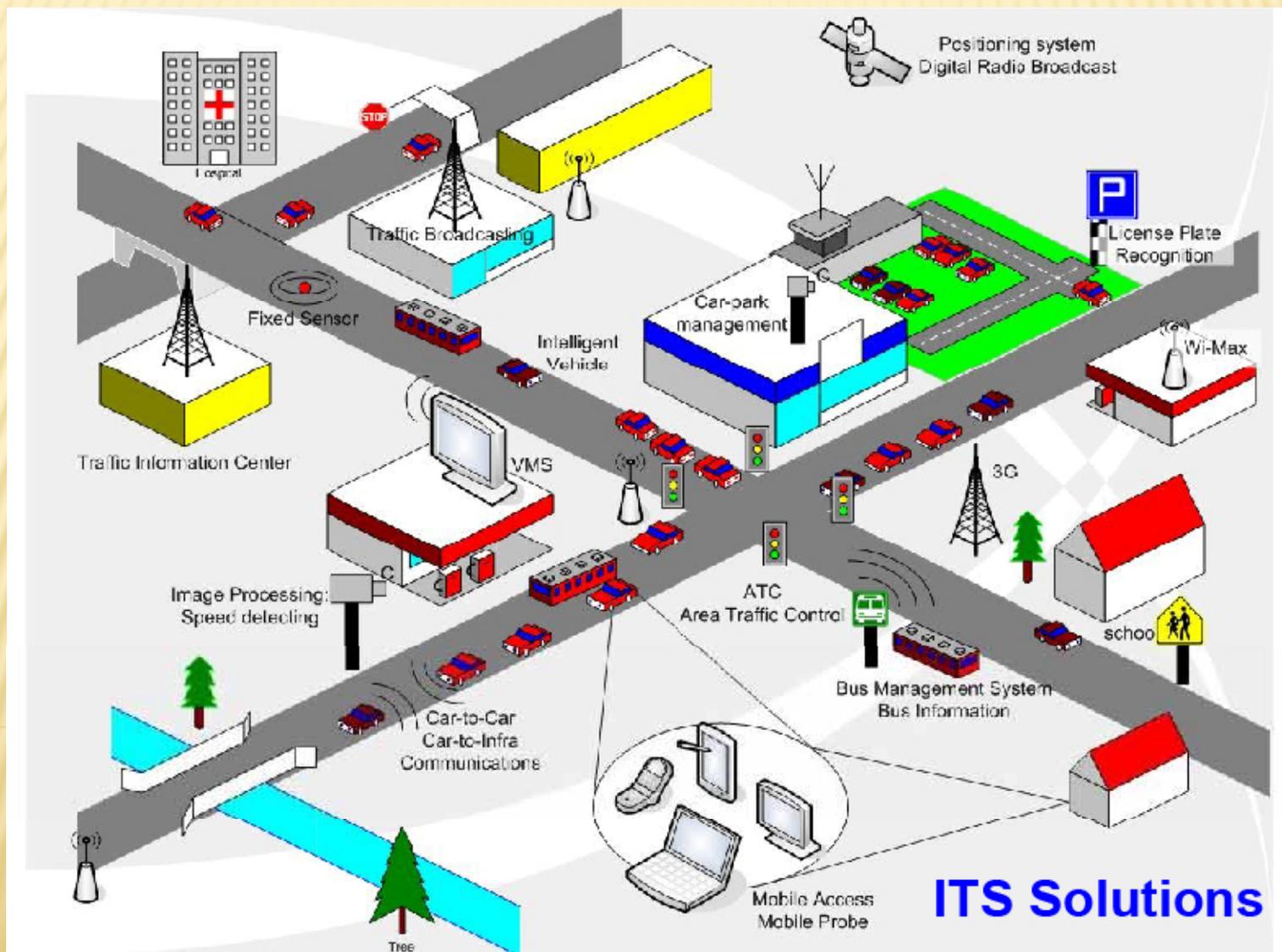
UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

**Bežični komunikacioni sistemi za potrebe ITS -
pregled aktuelnih tehnologija i aplikacija**

Goran Marković, Vladanka Aćimović-Raspopović
Katedra za telekomunikacioni saobraćaj i mreže

TES 2010, Subotica

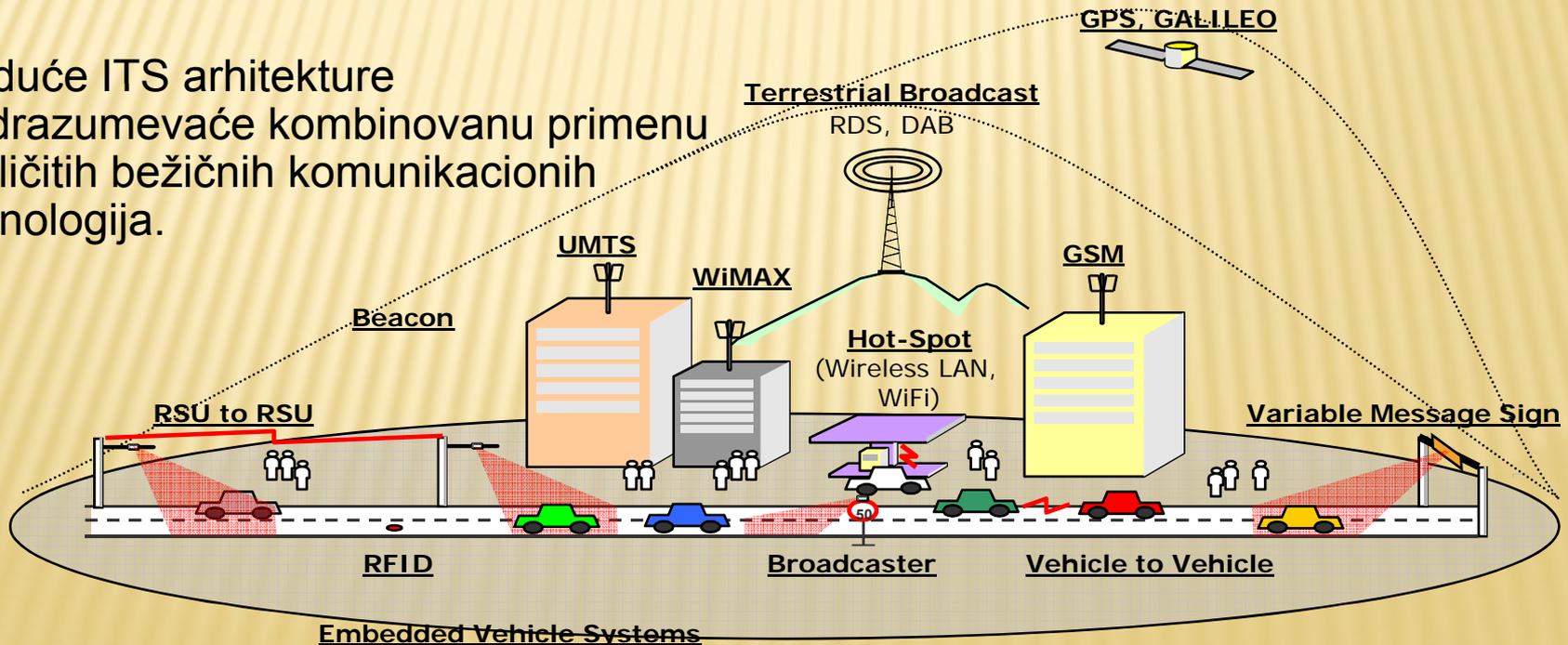
Bežični komunikacioni sistemi u okviru ITS



Bežični komunikacioni sistemi za vozila

- ✘ U zavisnosti od veličine oblasti (zone) pokrivanja, generalno mogu se podeliti na komunikacione sisteme za:
 - velike domete (*long range communications*)
 - kratke domete (*short range communications*)
 - veoma kratke domete (*very short range communications*)

Buduće ITS arhitekture podrazumevaće kombinovanu primenu različitih bežičnih komunikacionih tehnologija.



Bežični komunikacioni sistemi za vozila

× Vrste radio veza:

+ *Jednosmerne* ka svim korisnicima (*broadcast*, *call* ili *paging*),

+ *Dvosmerne* :

× *Unicast* između samo dva korisnika

× *Multicast* u okviru specificirane grupe korisnika

Frekventni opsezi za ITS bežične komunikacione sisteme

- **ITS-G5A** (European profile) in 5.875 GHz to 5.905 GHz frequency range
- **ITSG5B** (European Profile) in 5.855 GHz to 5.875 GHz
- **ITS-G5C** (European profile) in WLAN 5.4 GHz frequency range
- **ITS-IR** Infrared
- **ITS-G60** 60GHz millimetre wave
- **IMT** Public cellular services such as 2G/3G, IMT
- **Bluetooth** Bluetooth
- **GNSS** (when referring to satellite based positioning information)
- **VHF/UHF** Air interface below 1 GHz based on existing PMR/PAMR regulation & Harmonized Standards

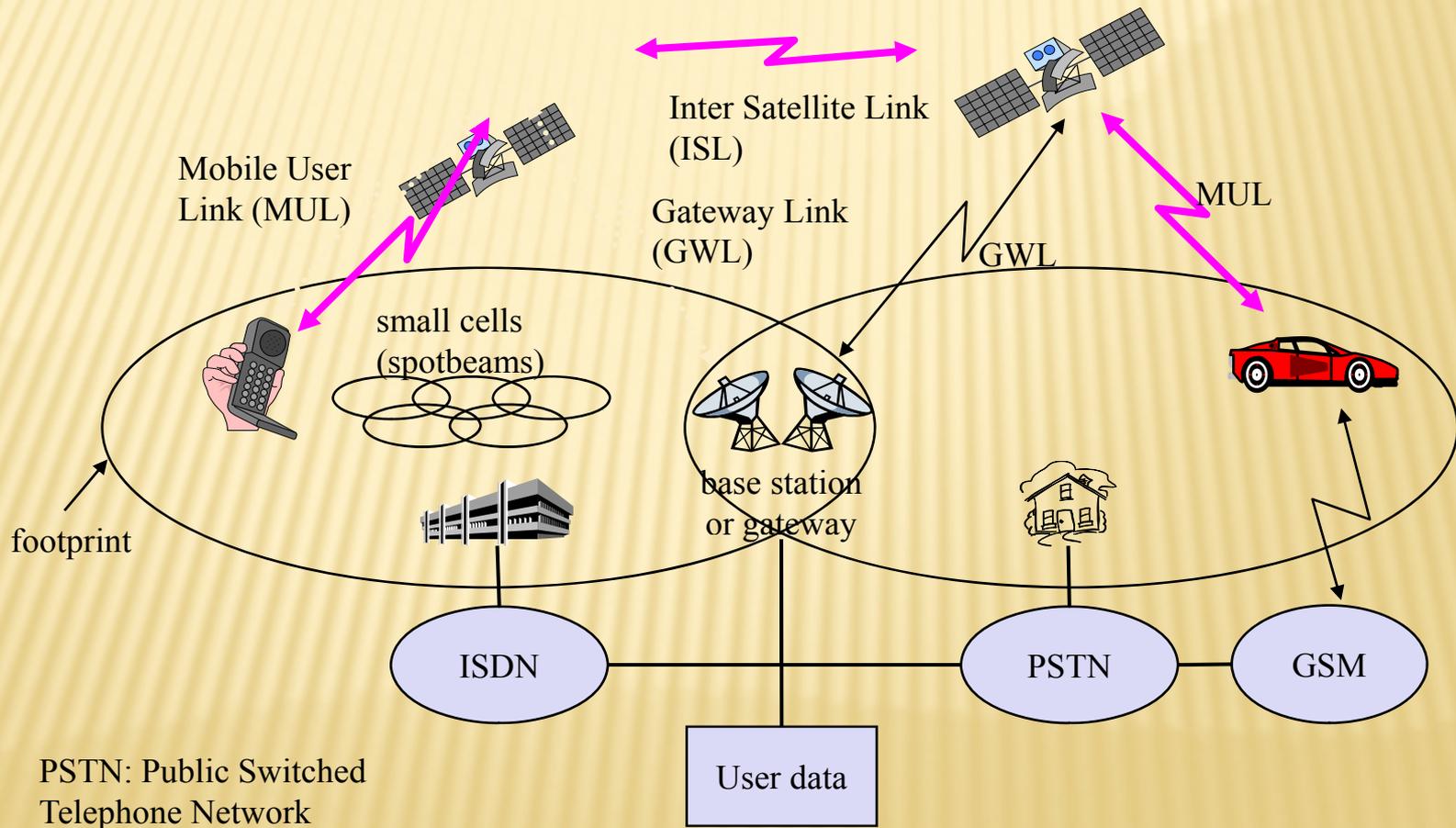
Frequency range	Usage	Regulation	Harmonized standard
5905 MHz - 5925 MHz	Future ITS applications	ECC Decision	ETSI EN 302 571 [1]
5875 MHz - 5905 MHz	ITS road safety	ECC Decision, Commission Decision	
5855 MHz - 5875 MHz	ITS non-safety applications	ECC Recommendation	
5470 MHz - 5725 MHz	RLAN (BRAN, WLAN)	ERC Decision Commission Decisions	ETSI EN 301 893 [2]

Bežični komunikacioni sistemi za vozila

- ✘ U bežične komunikacije **velikog dometa** (*long range*) možemo svrstati:
 - satelitske komunikacione sisteme
 - zemaljske radiodifuzne sisteme: RDS, DAB, DVB, S-DVB, T-DVB
 - mobilne celularne mreže u okviru WWAN (*Wireless Wide Area Networks*): (2G (GSM), 2.5G (HSCSD, GPRS, EDGE), 3G (UMTS), 3.5G (HSDPA), 4G – Sve ove mreže karakteriše velika zona pokrivanja (do 20km), ali male brzine prenosa (max do 2Mb/s upstream)
 - Fiksni i mobilni širokopojasni bežični linkovi u okviru WMAN (*Wireless Metro Area Networks*): (WiMAX – IEEE 802.16)
- ✘ U bežične komunikacije **kratkog dometa** (*short range*) možemo svrstati:
 - Mreže zasnovane na IEEE 802.11 familiji standarda u okviru WLAN (*Wireless Local Area Networks*): Ove mreže karakterišu male zone pokrivanja (približno 250m) ali velike brzine prenosa (do 54 Mb/s). Od posebnog značaja za ITS je standard **IEEE 802.11p** koji se posebno razvija u okviru komunikacionih sistema kratkog dometa (*Dedicated Short Range Communications* – DSRC) kao standard za bežični pristup u vozilima u pokretu. Namena mu je da obezbedi bežičnu vezu između vozila u pokretu i uređaja na putevima. Domet je oko 300m i radi u licenciranom opsegu od 5,96 GHz a brzine je 6 Mb/s. Njegova realizacija je dosta složena pošto se vozila brzo kreću.
- ✘ U bežične komunikacije **veoma kratkog dometa** možemo svrstati :
 - Radio linkove kratkog dometa u okviru WPAN (*Wireless Personal Area Networks*): Bluetooth, ZigBee, UWB-ultrawideband – komunikacije unutar vozila (in-vehicle communications)

Komunikacioni sistemi za velike domete

✘ Satelitski komunikacioni sistemi

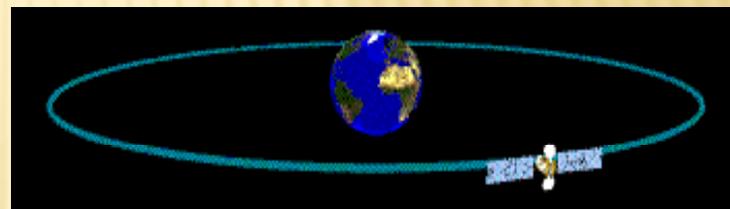


Komunikacioni sistemi za velike domete

✘ Satelitski komunikacioni sistemi

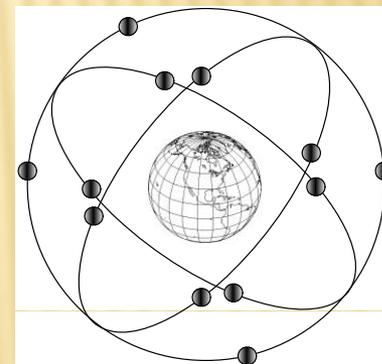
✘ GEO = Geostationary Earth Orbit

- + Geostacionarna (kružna) orbita – na visini od približno 36000km



✘ MEO = Medium-Earth Orbit

- + kružna ili blago eliptična orbita na visinama od 5 000 do 12000 km (ili više) iznad Zemljine površine (između GEO i LEO).



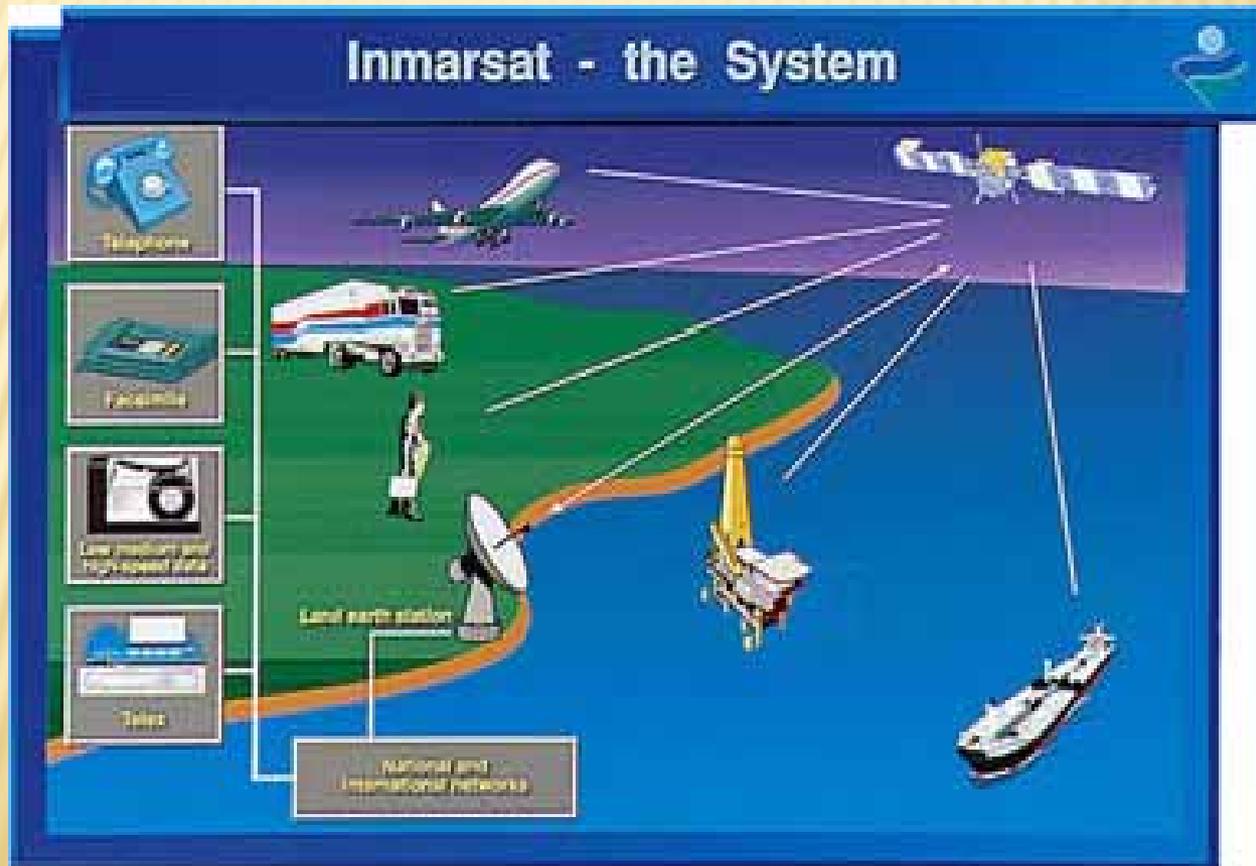
✘ LEO = Low-Earth Orbit

- + kružna ili blago eliptična orbita na visinama od 500 do 1500 km iznad Zemljine površine



Komunikacioni sistemi za velike domete

✘ Satelitski komunikacioni sistemi



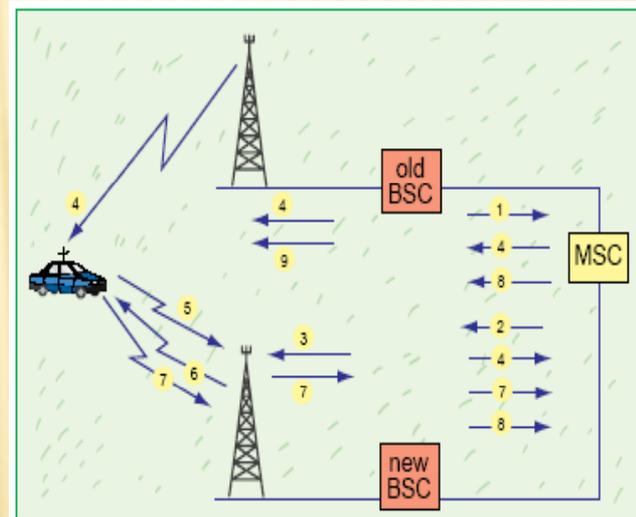
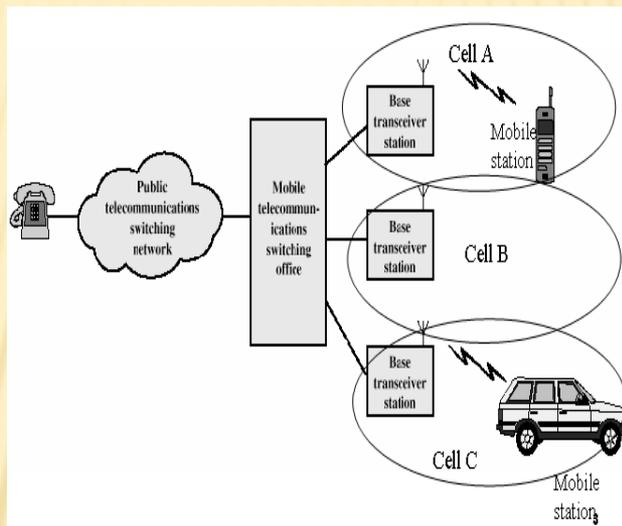
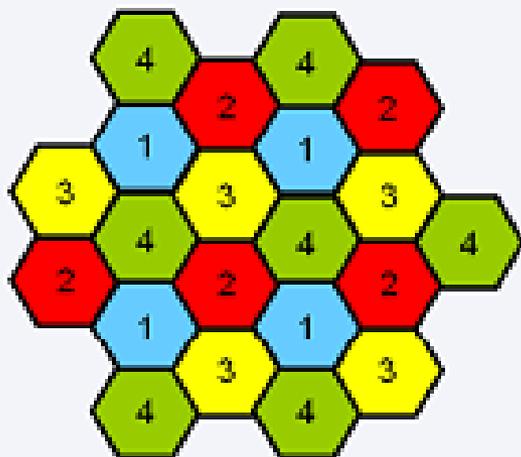
Komunikacioni sistemi za velike domete

Zemaljski radiodifuzni sistemi

- ✘ Prenos podataka: *FM-RDS (Radio Data System)* RDS signal se prenosi zajedno sa audio signalom u UKT FM području (88-108MHz). Brzina prenosa informacija je oko 1kbps (730 bps, što je skoro 100 karaktera u sekundi).
- ✘ Prenos audio signala: DAB-T (*Digital Audio Broadcasting - Terrestrial*) – frekvencija za T-DAB je 174-240 MHz; razmatra se i viši frekvencijski opseg od 1452 – 1492 MHz. Brzina prenosa podataka za kompletan DAB signal je 2.4Mb/s.
- ✘ Prenos video signala: DVB-T (*Digital video Broadcast-Terrestrial*) - evropski standard za digitalnu TV posredstvom zemaljskih radiodifuznih predajnika (VHF/UHF).
- ✘ Do juna 2015 switch-off analogne TV.

Komunikacioni sistemi za velike domete

Javne celularne mreže za mobilne komunikacije



1G: analogni prenos govora

2G: digitalni prenos govora + podaci malim brzinama (9.6kb/s)

2.5G: GPRS (max do 172,2kb/s), EDGE (do 384kb/s)

3G: UMTS (max do 2Mb/s)

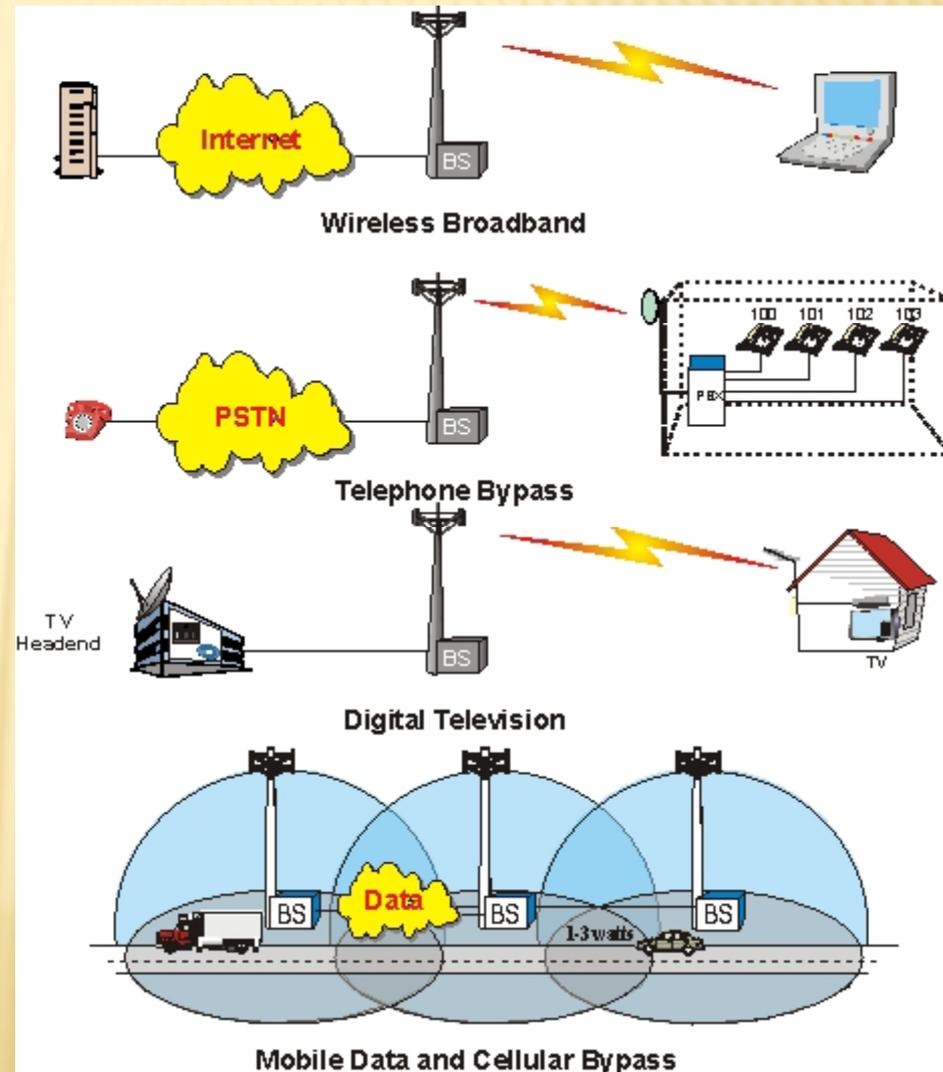
3.5G: HSDPA (do 10Mb/s) **video streaming, širokopojasni prenos podataka**

4G: potpuna IP bazirna mreža (do 100Mb/s)

Komunikacioni sistemi za velike domete

Mobilni Wi-Max (IEEE 802.16e)
Worldwide Interoperability for Microwave Access

- ✘ Pojavom standarda IEEE 802.16 WiMAX (2005) ostvarena je prava revolucija na polju bežičnih širokopoljnih tehnologija.
- ✘ Wi-Max sistemi omogućavaju širokopoljni prenos podataka uz potpunu mobilnost korisnika uključujući i handover, sa zadovoljavajućim QoS, pri brzinama kretanja vozila većim od 70km/h
- ✘ Za mobilne korisnike očekuje se kapacitet do 15Mb/s unutar oblasti do oko 1-3 km u prečniku.

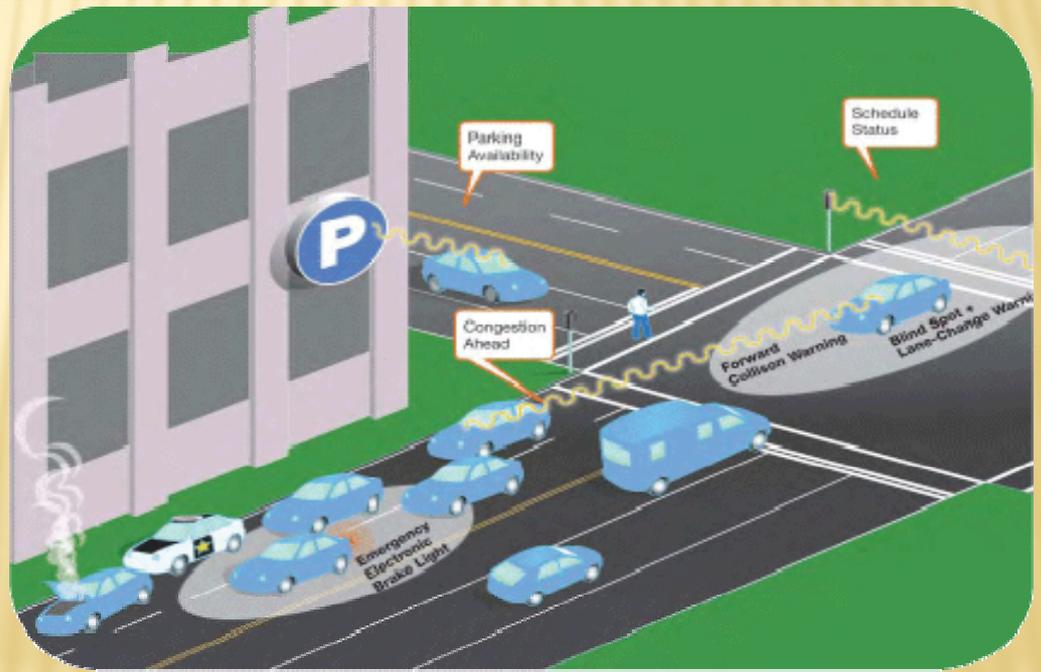
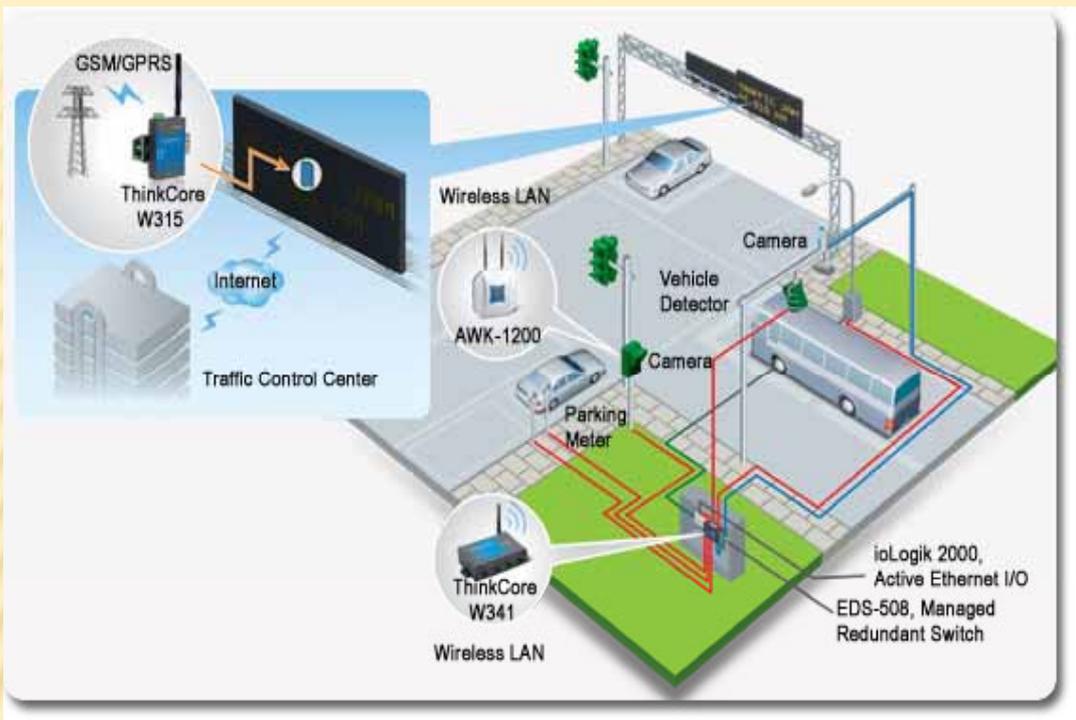


Bežične komunikacije za kratke domete (WLAN, wireless local area networks)

- ✘ Najšire prihvaćen standard za bežični LAN je IEEE 802.11 (Wi-Fi)
- ✘ Domet do 150m unutar objekta, i do 300m na otvorenom
- ✘ Radiokomunikacija kod WLAN-ova se obavlja u tzv. ISM (Industrial, Scientific & Medical) opsegu frekvencija koji je svuda u svetu prihvaćen kao opseg za čije korišćenje nije potrebna licenca - takozvani FTA (Free to air) spektar.
- ✘ Nelicencirani opseg (ISM-Industrial, Scientific, Medical): bez garancija kvaliteta servisa, ali prednost je u velikim brzinama prenosa, niskoj ceni, jednostavnosti implementacije.
- ✘ ISM čine tri opsega frekvencija:
 - ✘ 902 - 928 MHz,
 - ✘ 2400 - 2483,5 MHz i
 - ✘ 5728 - 5750 MHz.
- ✘ WLAN-ovi koriste Spread Spectrum - tehnika prenosa proširenim spektrom.

IEEE 802.11 familija standarda

protokol	Godina donosenja	Frekv. opseg [GHz]	Srednji protok [Mb/s]	Maksim. protok [Mb/s]	Modulacija	Domet (unutar objekta)	Domet (izvan objekta)
osnovni	1997	2.4	0.9	2		~20m	~100m
802.11a	1999	5	23	54	OFDM	~35m	~120m
802.11b	1999	2.4	4.3	11	DSSS	~38m	~140m
802.11g	2003	2.4	19	54	OFDM	~38m	~140m
802.11n	jun 2009	2.4 5	74	248		~70m	~250m
802.11y	Jun 2008	3.7	23	54		~50m	~5000m



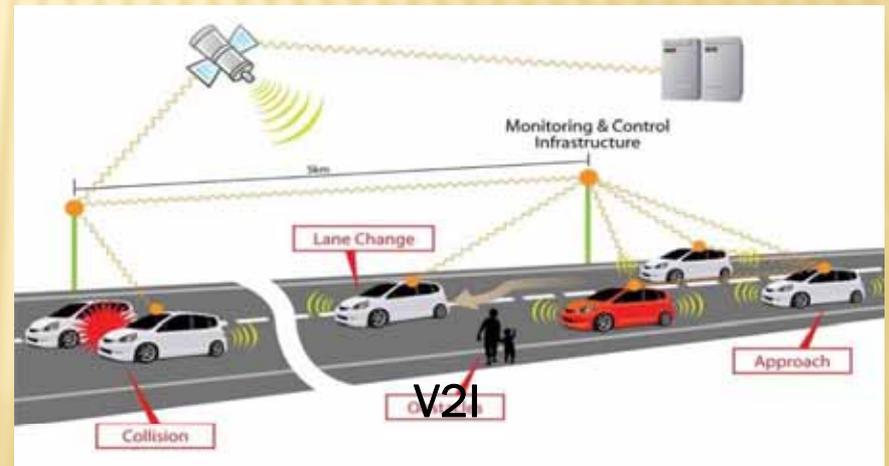
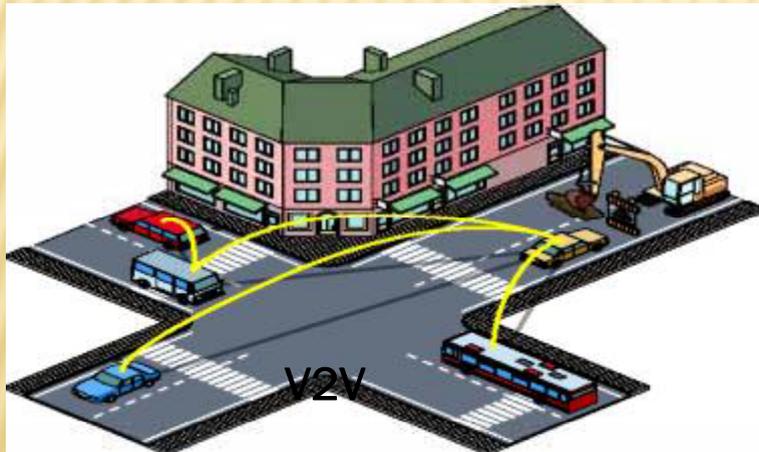
Namenske komunikacije kratkog dometa

Dedicated Short Range Communications (DSRC)

IEEE 802.11.p

U osnovi, DSCR komunikacioni sistemi za vozila sastoje se iz dve grupe komunikacionih tačaka. Jednu grupu čine vozila a drugu grupu čini oprema duž puta. Shodno tome, moguća su dva tipa komunikacija:

- ✘ Komunikacija vozilo-vozilo (V2V), (*Vehicle to Vehicle Communication*)
- ✘ Komunikacija vozilo-putna infrastruktura (V2I), (*Vehicle to Infrastructure Communication*)



DSRC komunikacioni sistem za vozila

- ✘ V2V i V2I su tipično komunikacioni sistemi kratkog dometa (*DSRC Dedicated Short Range Communications*) bazirani na tehnologijama bežičnih lokalnih mreža (*WLAN – Wireless Local Area Network*).
- ✘ Najnoviji standard (april 2009): IEEE 802.11p (WAVE – Wireless Access in Vehicular Environments)
- ✘ Frekvencijski opseg za DSRC
 - + SAD: opseg širine 75MHz u frekvencijskom području 5.9GHz ,
 - + Evropa: opseg širine 20 MHz u području 5.8GHz i
 - + Japan: opseg širine 80MHz u području 5.8GHz

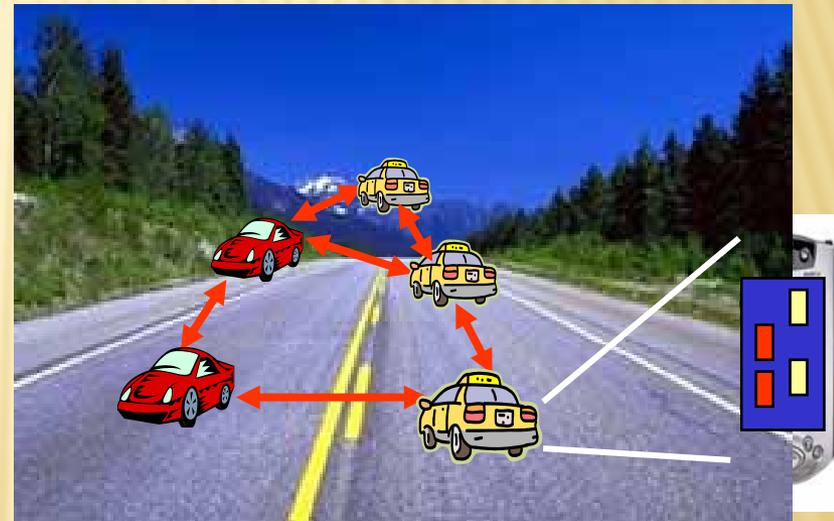


Dedicated Short Range Communications (DSRC) - SAD

- ✘ Licencirani ITS opseg od 5.850-5.925 GHz
- ✘ V2V i V2I komunikacije
- ✘ IEEE 802.11p standard, izveden iz 802.11a
- ✘ Broj kanala: 7
- ✘ Širina kanala: 10MHz
- ✘ Protok: 6 - 27 Mb/s
- ✘ Domet: do 1000 m (LOS- line of sight)
- ✘ Brzine kretanja vozila: do 160km/h
- ✘ Malo kašnjenje: 50ms
- ✘ Modulacija: OFDM
- ✘ Višestruki pristup/dupleks: TDMA/FDD
- ✘ Maksimalna snaga:
 - + RSU jedinice: 300mW
 - + mobilne jedinice: 10mW

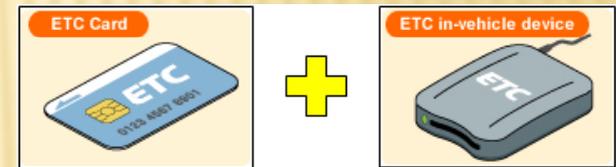
Aplikacije V2V i V2I komunikacija

- ✗ Davanje upozorenja za izbegavanje sudara
 - + Slabo vidljiva vozila
 - + Približavanje zaustavljenoj koloni vozila / mestu saobraćajne nezgode
 - + Otkrivanje prepreke na putu
 - + Promena saobraćajne trake pri kretanju
- ✗ Nadgledanje saobraćaja i stanja na putu i upravljanje saobraćajem
 - + Promenljiva saobraćajna signalizacija
 - + Promena ograničenja brzine kretanja
- ✗ Pomoć vozačima
 - + Parkiranje vozila, ACC(adaptive cruise control), kretanje u traci
- ✗ Plaćanje putarine/parkinga
- ✗ Optimizacija ruta
- ✗ Pristup Internetu
- ✗ Pružanje raznih informacija putnicima / turistima
- ✗ Zabavni sadržaji



RFID – radio frequency identification

- RFID - identifikacija pomoću radio talasa (2,4GHz , 5.8GHz ili drugi).
- RFID je savremena tehnologija koja se zasniva na daljinskom slanju i prijemu podataka brzinama od 9.6 do 115kbit/s pomoću primopredajnika (RFID tag-ova) na malim udaljenostima (od nekoliko cm do nekoliko metara),
- Moguće brzine kretanja vozila do 300km/h

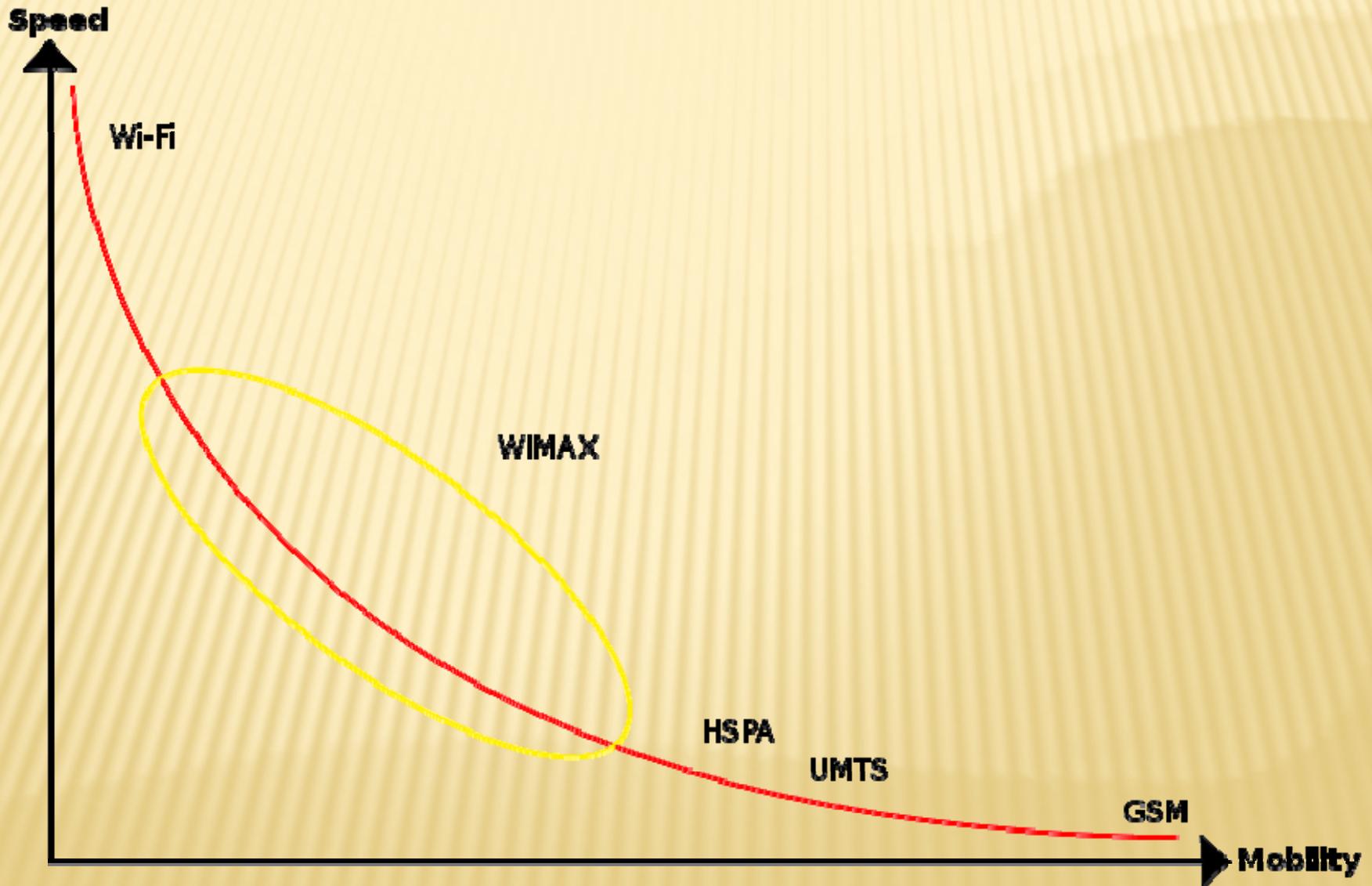


✘ Uporedni prikaz različitih bežičnih tehnologija

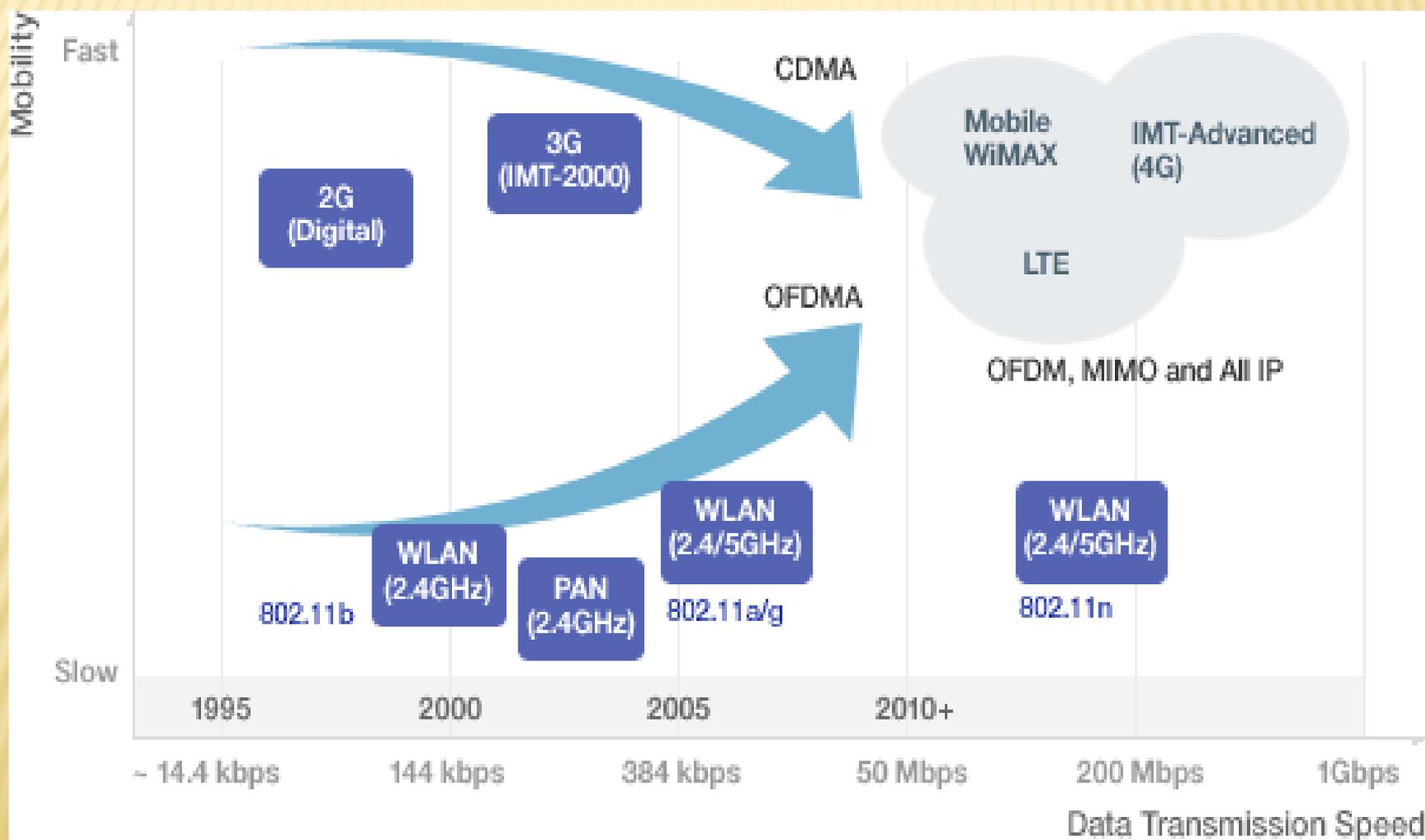
Karakteristike bežičnog linka	Tehnologija			
	802.11p WAVE	Wi-Fi	Cellular	Infrared
Protok	3-27 Mb/s	6-54 Mb/s	< 2 Mb/s	< 1 Mb/s < 2 Mb/s
Komunikacioni domet *	< 1000 m	< 100 m	< 15 km	< 100 m
Prenosna snaga u pokretu (max)	760 mW (US) 2 W EIRP (EU)	100 mW	2000 mW (GSM) 380 Mw (UMTS)	12800 W/Sr pulse peak
Širina kanala	10 MHz 20 MHz	1 - 40 MHz	25 MHz (GSM) 60 MHz (UMTS)	N/A (optički nosilac)
Dodeljeni opseg	75 MHz (US) 30 MHz (EU)	50 MHz @ 2.5 GHz 300 MHz @ 5 GHz	(zavisi od operatora)	N/A (optički nosilac)
Prilagodljivost pri kretanju	Visoka	Niska	Visoka	Srednja
Opseg frekvencija	5.86 – 5.92 GHz	2.4 GHz, 5.2 GHz	800 MHz, 900 MHz 1800 MHz 1900 MHz	835 – 1035 nm
Standardizacija	IEEE, ISO, ETSI	IEEE	ETSI, 3GPP	ISO

*Komunikacioni domet zavisi od potrebnog protoka, snage, opsega, topografije terena

Poređenje brzina prenosa vs. mobilnosti korisnika u pojedinim bežičnim komunikacionim sistemima

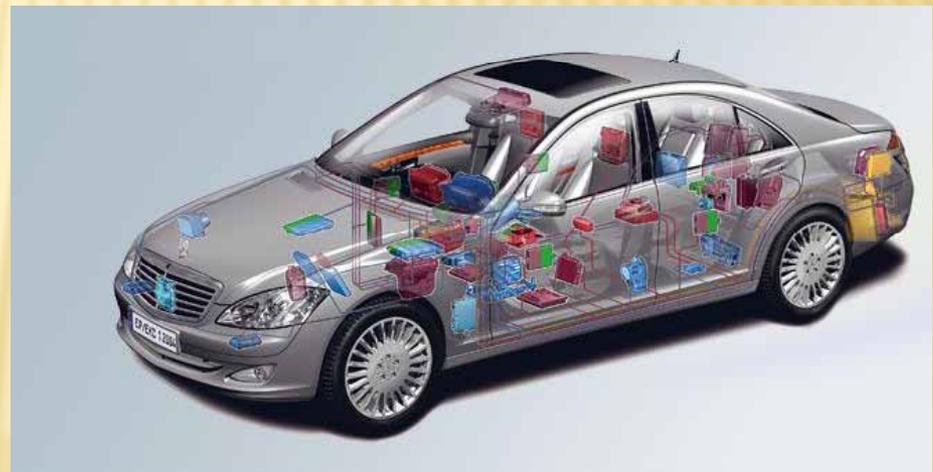
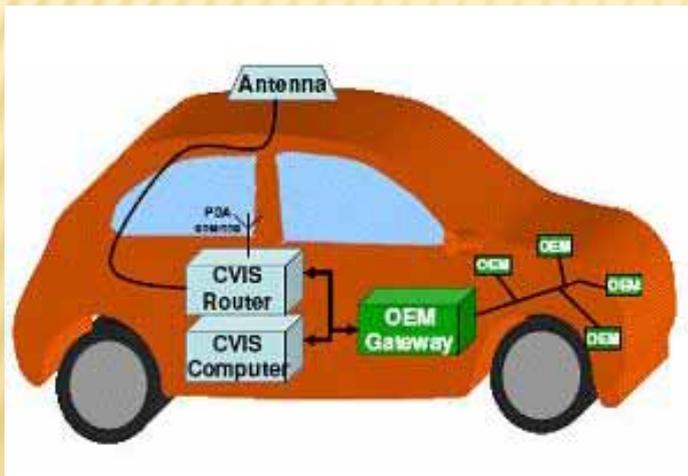


Poređenje brzina prenosa vs. mobilnosti korisnika u pojedinim bežičnim komunikacionim sistemima



Komunikacioni sistemi za veoma male domete (PAN, Personal Area Networks)

- ✘ Vozila su već opremljena velikim brojem procesora i mikrokontrolera koji upravljaju različitim procesima na vozilu kao što je ubrizgavanje goriva, kočenje, promena stepena prenosa ili punjenje akumulatora. Primenom VC platforme predviđeno je da obrada podataka bude funkcionalno nezavisna i usmerena isključivo na protokole i aplikacije namenjene za komunikacije vozilo-vozilo (V2V) ili vozilo-infrastruktura (V2I).
- ✘ Standardi: Bluetooth, Ultra Wide Band (UWB), ZigBee



Standard	Binarni protok	domet	Približna cena [\$]	Trajanje baterije
UWB	>100Mb/s	5-10m	5-10	Više časova do nekoliko dana
Bluetooth	700kb/s	10m	3	Više časova
Zigbee	128kb/s	30m	1	Više nedelja/meseci
RFID	10-115kb/s	0.1-10m	0.05-1	Više nedelja/neograničeno

Aplikacije

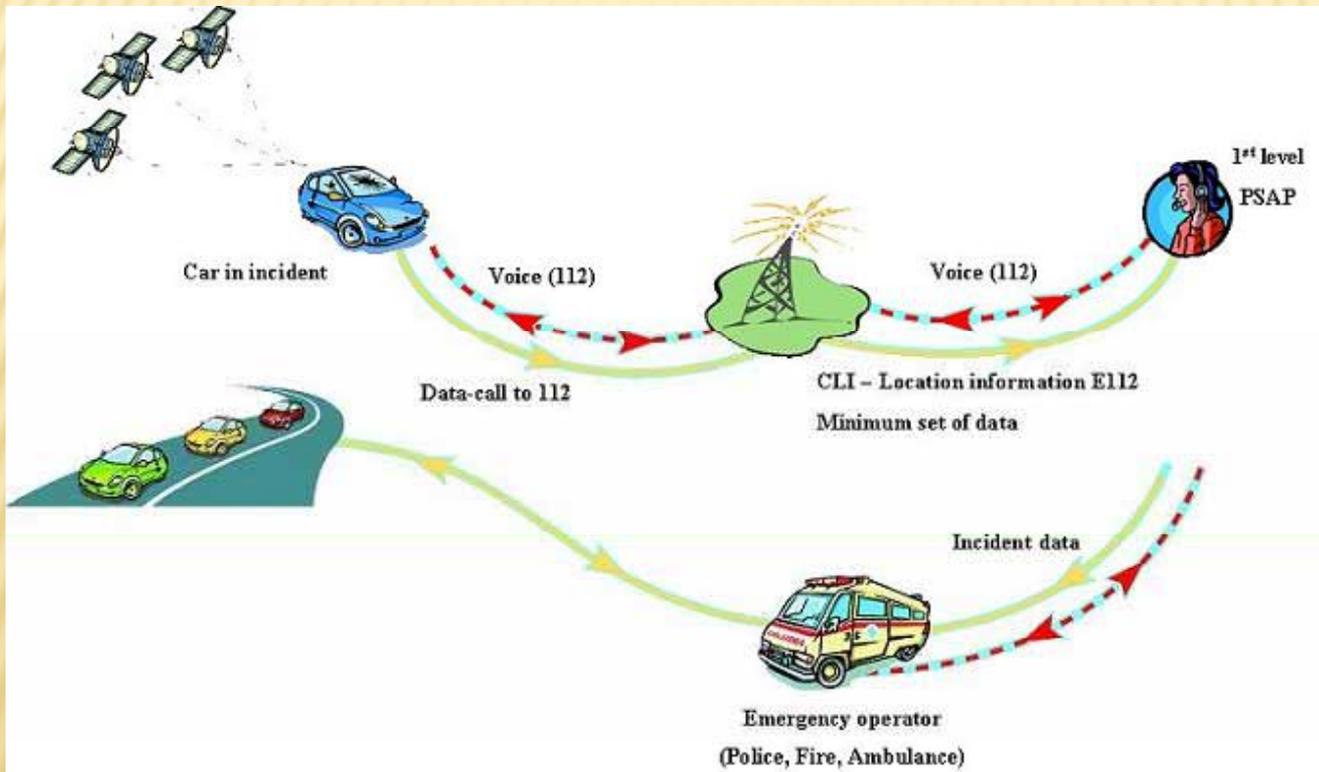
- ✘ Elektronska naplata putarine
- ✘ Sistem poziva za hitne slučajeve (eCall)
- ✘ Ograničene saobraćajne zone sa naplatom korišćenja
- ✘ Sistem za automatsku detekciju registarskih tablica
- ✘ Sistem za automatsko sankcionisanje prekršaja
- ✘ Dinamičko upravljanje svetlosnom signalizacijom
- ✘ Inteligentni sistemi za praćenje tokova saobraćaja
- ✘

✘ Elektronska naplata putarine

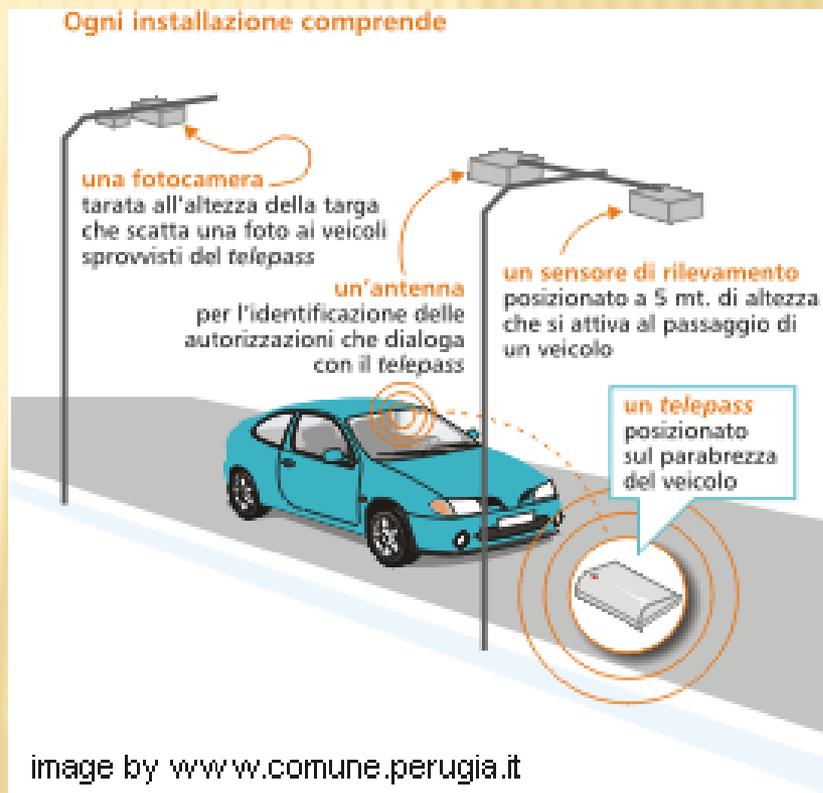
Većina ovih sistema se zasniva na korišćenju RFID tag uređaja.



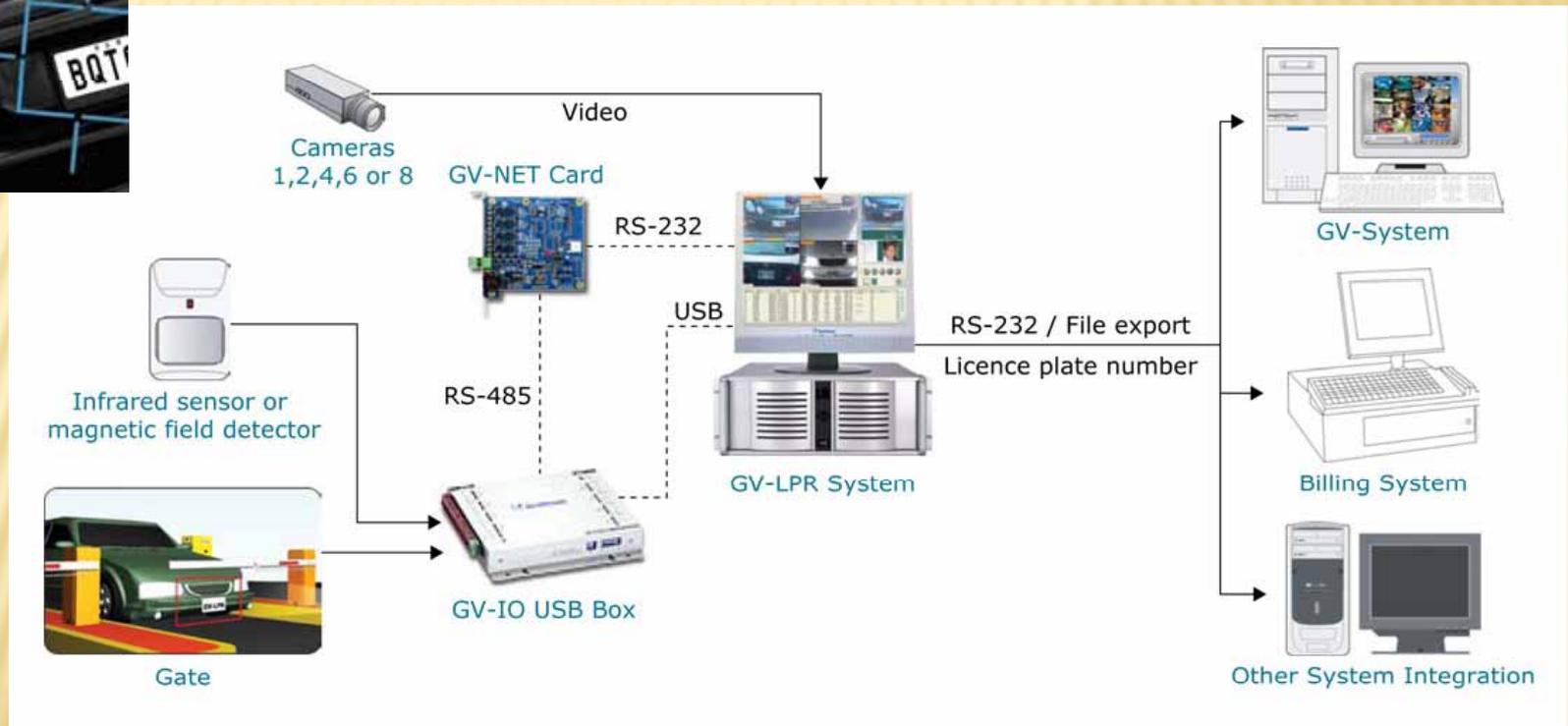
✘ Sistem poziva za hitne slučajeve (eCall)



✘ Ograničene saobraćajne zone sa naplatom korišćenja

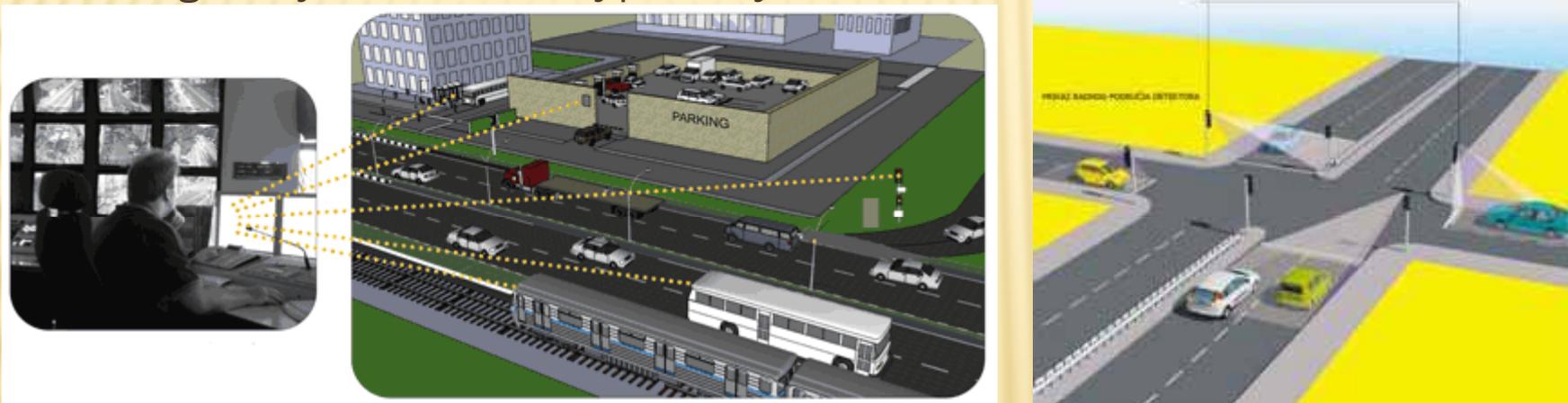


✘ Sistem za automatsku detekciju registarskih tablica



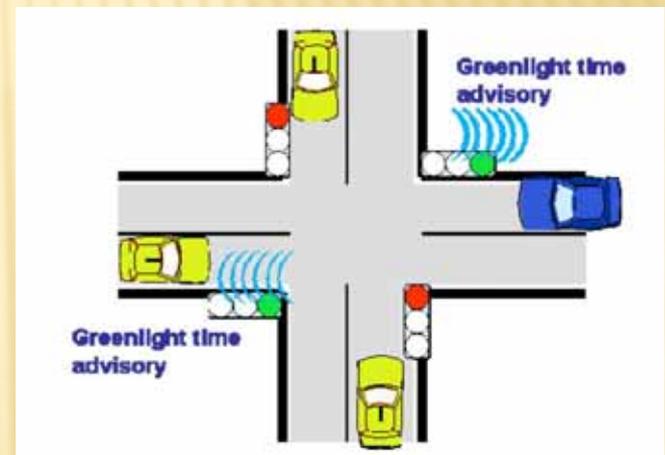
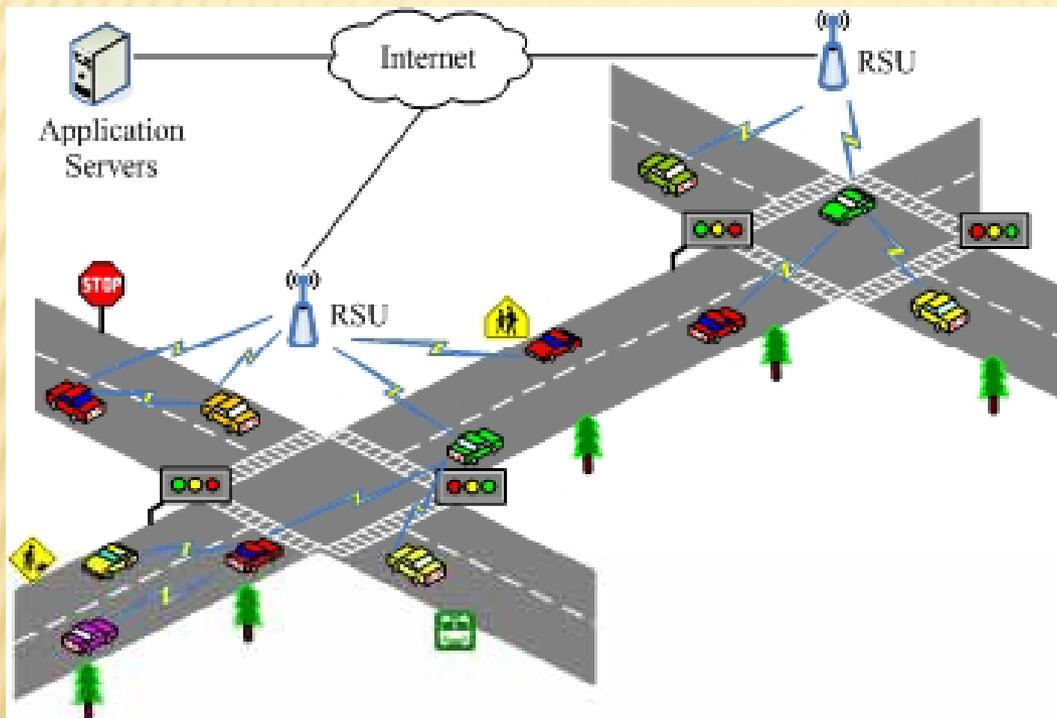
✘ Sistem za automatsko sankcionisanje prekršaja

Sistem kamera za praćenje saobraćaja se koristi za nadgledanje ponašanja svih učesnika u saobraćaju. Glavni cilj ovog sistema je da uoči vozila koja čine prekršaje kao što su prekoračenje brzine ili neko drugo odstupanje od saobraćajnih propisa, da automatski identifikuje prekršioca na osnovu njegove registarske tablice i da mu uruči odgovarajuću kaznu za taj prekršaj.



Sve kamere su povezane sa centralnim sistemom za nadzor gde posebno obučeni operatori ili specijalno dizajniran softver na osnovu prikupljenih podataka registruju prekršaje i na osnovu baze podataka o vozilima prosleđuju odgovarajuće kazne za učinjene prekršaje.

✘ Dinamičko upravljanje svetlosnom signalizacijom



- ✘ sistemi za praćenje tokova saobraćaja
- ✘ Korišćenjem sistema video nadzora - (Merenje saobraćajnog toka i automatska detekcija nepoželjnih situacija može se ostvariti korišćenjem mreže video kamera koje nadziru ponašanje učesnika u saobraćaju)

