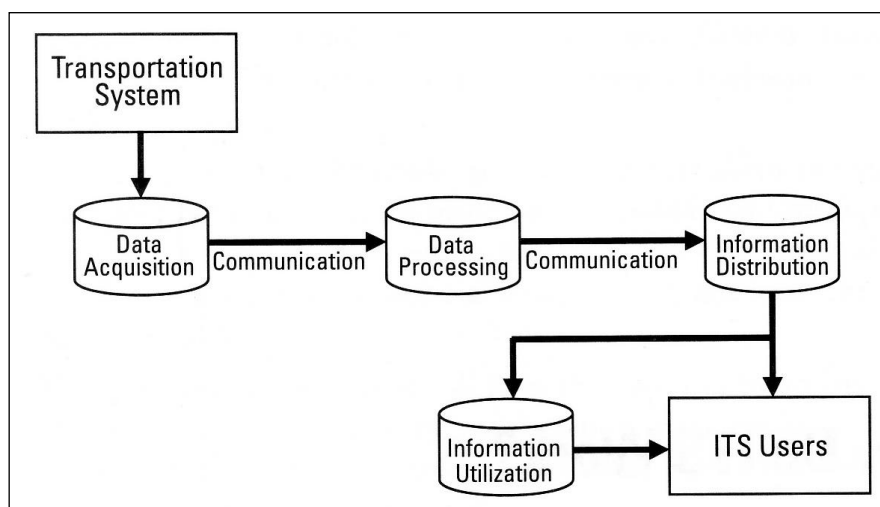


4. TEHNOLOGIJE ZA IZVAJANJE ITS

Za izvajanje koristnih funkcij, človeško telo čuti okolico z očmi in ušesi, informacije procesira v možganih in jih razpošilja navzven z govorom, s pomočjo ust ali pisanjem z rokami in se za prenos informacijskih signalov v telesu opira na živčni sistem. V veliki meri se v ITS sistemih podobno uporablja informacijske tehnologije IT (*Information Technology*) in kontrolne tehnologije CT (*Control Technology*) za nudenje uporabniških storitev s pomočjo informacijske verige (slika 4.1). Ta vključuje zbiranje podatkov od transportnega sistema, (prenos podatkov (komunikacije), procesiranje in shranjevanje podatkov, posredovanje (deseminacija) informacij in koriščenje informacij za odločitve uporabnikov in za kontrolne namene.

Za zbiranje podatkov so potrebni senzori (tipala) za 'videti, slišati, vohati, čutiti'. S komunikacijami je treba podatke 'podati naprej'. Prejete podatke je treba procesirati in shranjevati 'pregledati, predati detajle naprej in/ali shraniti za kasneje'. Del podatkov je treba posredovati uporabnikom, npr. s pomočjo informacijskih displejev ('pokaži mi'). Za uspeh večjega dela ITS aplikacij je osnovnega pomena določevanje lokacije nekega vozila ('kje sem?'). Končno, potrebni so tudi akuatorji, ki dobivajo navodila/ukaze iz nekega drugega dela sistema ali od operaterja (človeka) in izvršijo ('naj se zgodi') določeno dejanje (ali niz dejanj).



Slika 4.1: ITS informacijska veriga

V tabeli 1 so prikazani primeri ITS tehnologij in eden od več možnih načinov njihove kategorizacije. Vrstice predstavljajo pod-funkcije v informacijski verigi, stolpci pa ločevanje tehnologij za infrastrukturno rabo in rabo v vozilu. Ločevanje med temi ni dobesedno, ker je v nekaterih primerih potrebna interakcija med njimi zato, da delujejo učinkovito, npr., elektronsko pobiranje cestnin ETC (*Electronic Toll Collection*). Nadalje, tehnologije, ki jih uporablja potnik (npr., dlančnik, ki prikazuje prometne informacije), so lahko na obeh straneh rabe odvisno od tega ali ga potnik uporablja doma ali v vozilu.

Tabela 1: ITS tehnologije

ITS Enabling Technologies	Infrastructure Side	Vehicle Side
Data acquisition	Traffic detectors Weather monitors	AVI Weigh-in-motion
Data processing	Data fusion AID	GPS Digital map
Data communications	Stationary communications Fiber optics	Mobile comm. DSRC
Information distribution	VMS Internet	HAR RDS/TMC
Information utilization	Ramp metering UTC	Route guidance Crash avoidance
AID = automatic incident detection AVI = automatic vehicle identification DSRC = dedicated short-range communications GPS = global positioning system		HAR = highway advisory radio RDS/TMC = radio data system/traffic message channel UTC = urban traffic control VMS = variable message sign

Obstaja cela paleta informacijskih in komunikacijskih tehnologij (IKT), ki se uporabljajo v kombinacijah s transportnimi problemi. Za te tehnologije se uporablja tudi termin Tehnologije za izvajanje ITS (*ITS Enabling technologies*), na kratko ITS tehnologije, ker njihov obstoj omogoča razvoj ITS. Katere so te tehnologije? To so napredne tehnologije kot optična vlakna (*fiber optics*), CD-ROM-i, elektromagnetni kompasi, globalni pozicionirni sistemi (GPS-i), laserski senzorji, podatkovne baze digitalnih geografskih kart in tehnologije displejev (katodne cevi in LCD zaslone), ki omogočajo ITS aplikacije. In kaj te tehnologije počnejo? ITS tehnologije igrajo dve primarni vlogi: prva, ki omogoča delovanje ITS sistemov s tem, da oskrbujejo funkcionalnost in zmožnost nudenja storitev in druga kot elementi v ITS tržnih paketih (*ITS Market package*) s katerimi se lahko definirajo tržne potrebe in storitvene zahteve.

ITS tehnologij je veliko. Številne so tudi različice. Možno jih je grupirati v širše kategorije na osnovi tega kar počno, s čemer celotna slika postane lažje razumljiva. Namen razglabljanj v nadaljevanju je osredotočen na kakšen način se obravnavane tehnologije uporabljajo v ITS sistemih in ne na to, kako delujejo. Osnovne vede za izvedbo le-teh so:

- fizika (senzorji);
- avtomatika;
- komunikacije;
- informatika (računalništvo);
- sistemski 'engineering' (vodenje in upravljanje);
- ekonomsko-pravna področja.

V tabeli 2 so prikazani primeri prevladujočih tehnologij za izvajanje ITS.

Tabela 2: Prevladujoče tehnologije za izvajanje ITS sistemov

1	Komunikacije	Communications	brežžična	wireless
			žična	wireline
2	Shranjevanje podatkov in procesiranje	Data storage and processing	CD	CD
			magnetno	magnetic
			pametne kartice	Smart cards
3	Sistemi za upravljanje podatkovnih baz	Database management systems	shranjevanje podat.	Data warehousing
			ekspertni sistemi	Ekspert systems
4	Informacijski displeji	Information displays	CRT	CRT
			LCD	LCD
			VMS	VMS (CMS)
5	Lokacija	Location		Dead reckoning*
				Map matching
			GPS	GPS
				Beacon-based vehicle location
6	Senzorji	Sensors	induktivne zanke	Inductive loops
			IR žarki	IR beams
			mikrovalovni (radar)	Radar
			LIDAR	LIDAR*
			senzorji osnovani na vidu	Vision-based sensors
			akustični	Acoustic
			skenirni laserji	Scanning lasers
7	Aktuatorji	Actuators	zapornice in displeji	Gates and displays

LIDAR - Light Detection And Ranging; * približna ocena dolžine poti (iz pomorstva)

4.1 SENZORJI ('VIDETI, SLIŠATI, VOHATI, ČUTITI')

V prvi vrsti potreben pogoj za mnoge od ITS storitev je zbiranje pravočasnih in točnih informacij o prometu in pogojih na cestah. To se doseže s tehnologijami, ki omogočajo zaznavanje in merjenje tekoče stanje prometa na avtocesti in status transportnega sistema kot celota. S temi tehnologijami lahko zaznamo prisotnost vozil, jih tehtamo, merimo, določamo kako hitro vozijo, kontroliramo nivoje emisij in celo štejemo število potnikov v vozilu. Nekaj primerov tehnologij, ki sodijo v to skupino, je obravnavanih v naslednjem.

4.1.1 Induktivne zanke

4.1.2 Video detekcija (z vidno in/ali IR svetlobo)

Medtem ko senzorji prometa oskrbujejo z mnogimi atributi prometnega toka, neposredno ali posredno, v pomoč operaterjem prometnega centra za 'monitoring' kompliciranih prometnih situacij in izdelave ustreznih odločitev ni boljšega načina od živih video slik.

Senzorji osnovani na vidu so kamere v kombinaciji s procesiranjem video slike. Z njimi se vozila lahko detektira in klasificira. V teh napravah se video slika iz kamere procesira s posebnim hardverom in softverom, ki zaznava že zelo majhne spremembe v nivojih svetlobe

na milijonih točk oz. elementov iz katerih se vsaka slika sestoji. Spremembe se primerjajo od enega slikovnega okvirja do naslednjega in evaluirajo za detekcijo vozil. Tehnika se v glavnem uporablja za štetje vozil in klasifikacijo. Zelo primerna je za detekcijo ustavljenih in parkiranih vozil na cestni sceni in zaznavanja pešcev na križiščih.

4.1.3 Mikrovalovi (RADAR)

Uporaba v kontekstu transporta; zaznavanje prisotnosti vozil, merjenje hitrosti vozil, zadnje čase za določevanje razdalje med vozili.

4.1.4 LASER

Uporaba v kontekstu transporta; zaznavanje prisotnosti vozil, merjenje hitrosti vozil in klasifikacija. Lahko se uporablja tudi za merjenje emisij vozil ko zapeljejo mimo senzorja.

Skenirni laserji:

4.1.5 Akustični senzorji

Nekateri senzorji na trgu 'poslušajo' mimoidoči promet, primerjajo profil hrupa s podatkovno bazo profilov hrupa in nato določijo tip vozila, ki je tisti trenutek peljalo mimo. Ultrazvočni senzorji so že dolgo in številčno uporabljajo na Japonskem.

4.1.6 Tehtanje vozil me dvožnjo

S stališča vzdrževanja cest je pomemben nadzor teže vozil. Ocenjeno je, da ena preobremenjena os povzroči več škode kot pol milijona osebnih vozil. V zadnjih letih, nadzor nad težami komercialnih vozil se izvaja s tehtanjem vozil v gibanju WIM (*Wigh-In-Motion*). Ta ITS tehnologija, osnovana na senzorjih za merjenje bremen (load cells), upogibnih ploščah, PZE materialih, merilnih trakovih in podobnih principih in namenejna, da se identificira preobremenjene tovornjake brez ustavljanja vseh tovornjakov. Rezultat so precejšnje koristi v obliki privarčevanja časa in to obema, voznikom tovornjakov in cestnim direkcijam. (Cestel d.o.o. in SiWIM sistem).

4.1.7 Merjenje dimenzij

Merjenje dimenzij vozil z ITS tehnologijami je tudi potrebno za izvajanje nekaterih funkcij v upravljanju prometa. Kot primer, detektorji prevelikih višin vozil (osnovani na principu prekinitve snopa svetlobe) lahko voznika opozorijo na previsoke tovornjake, ko se približujejo predorom. Drugi tak primer so ti. detektorji avtobusov. Detekcija avtobusov se lahko izvede z detektorji dolžin vozil ali s tehniko avtomatske klasifikacije vozil AVC (*Automatic Vehicle Classification*). Kombinacija avtomatske identifikacije vozila AVI (*Automatic Vehicle Identification*) in AVC je potrebna za brezgotovinsko pobiranje cestnin.

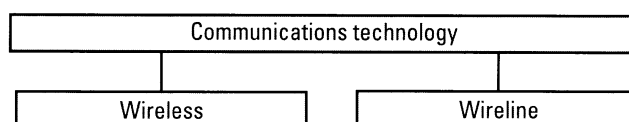
4.1.8 Drugi viri informacij

Drugi viri informacij za vodenje prometa so lahko tudi podatki s strani policijskih patrolj, služb cestnega vzdrževanja, urada za vremenoslovje, ali celo telefonski klici voznikov na cesti

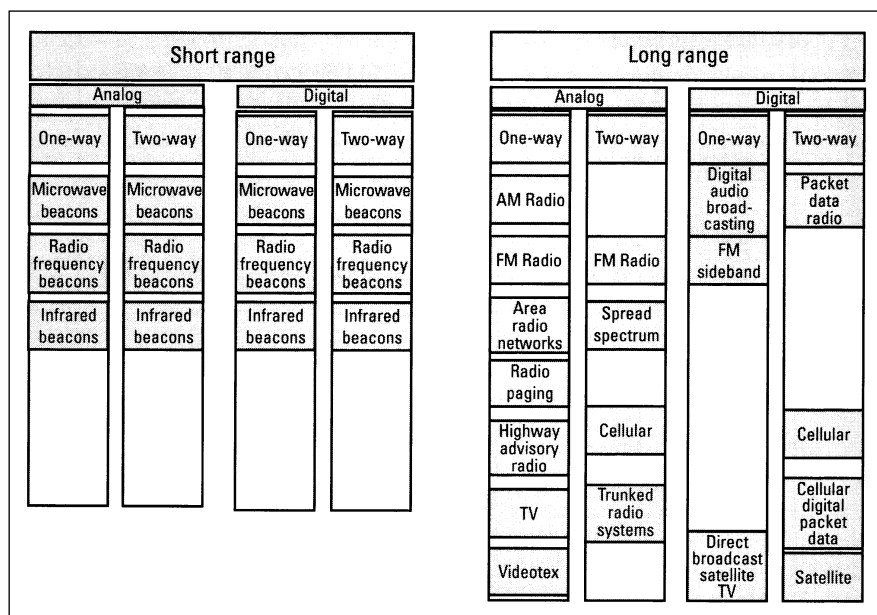
Na strani vozil s podatki o stanju vozila, npr. hitrost vozila, nivo goriva, tlak olja, temperatura motorja, ipd., so voznikom domači. Pridobivanje teh podatkov s pomočjo senzorjev v vozilu je pomembno za delovanje in vzdrževanje vozila.

4.2 KOMUNIKACIJE ('PODAJ NAPREJ')

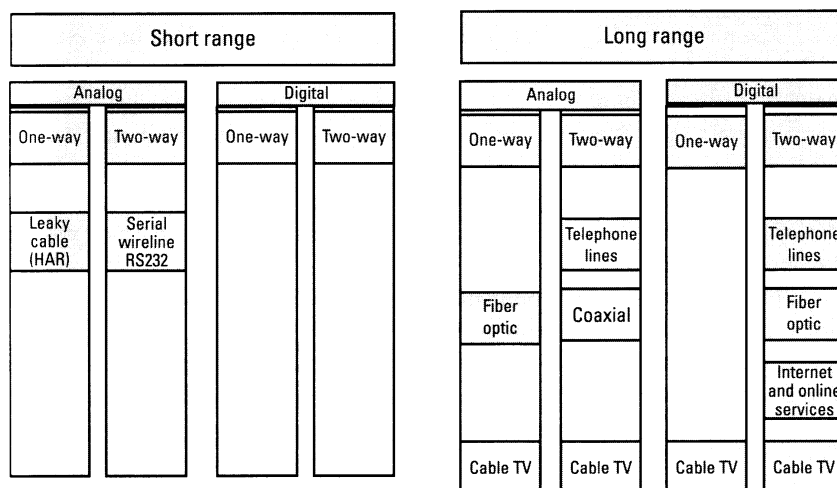
Na slikah 4.2 do 4.4 je prikazan spekter razpoložljivih komunikacijskih tehnologij v obliki drevesa (*family tree*). Znotraj vsake posamezne veje obstajajo tudi različice tehnologij. Na primer, kot brezžično digitalno tehnologijo se lahko uporabi mobilna telefonska ali radijska tehnologija, kot žično pa koaksialni kabel ali optična vlakna.



Slika 4.2: Drevo komunikacijskih tehnologij, nivo 1



Slika 4-3: Drevo brezžična komunikacijskih tehnologij, nivo 2.1



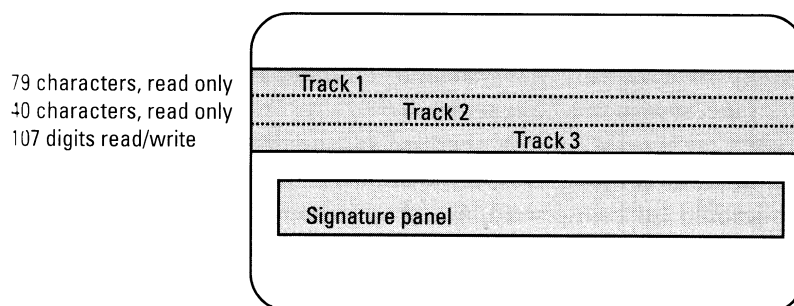
Slika 4-4: Drevo žičnih komunikacijskih tehnologij, nivo 2.2

4.3 PROCESIRANJE IN SHRANJEVANJE PODATKOV (PREGLEJ DETAJLE IN SHRANI ZA KASNEJE)

Tehnologije za procesiranje in shranjevanje podatkov, ki se razvijajo v zadnjih dveh desetletjih, so centralnega pomena za evolucijo informacijske tehnologije z že velikim vplivom na skoraj vsak aspekt našega življenja. Zmožnost shranjevanja ogromnega števila podatkov, njihovo hitro procesiranje in učinkovito izcejanje zelenih informacij, so bistvene pridobitve za ITS aplikacije. Primeri tehnologij shranjevanja, ki se danes uporabljajo za ITS, so:

4.3.1 CD tehnologija (CD, CD-ROM, CD-R, CD-RW in DVD)

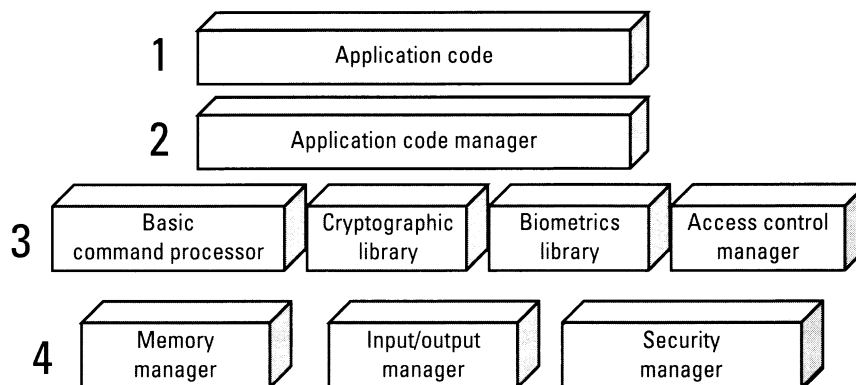
4.3.2 Magnetna tehnologija za shranjevanje (*storage*) in ponovni priklic (*retrieval*) podatkov: kartice z magnetnim zapisom (*magnetic stripe cards*, slika 4.5), trdi (*hard disk*) in gibki (*floppy disk*) diski, kasete (*data cartridge*, npr. QIC (*quater-inch cartridge*)); drugi primeri: video kasete, kasete z glazbo, posebni mag. trakovi, kreditne kartice, plačilne kartice na plastičnem ali papirnatem substratu.



Slika 4.5: Anatomija kartice z magnetnim trakom

4.3.3 Pametne kartice (*smart cards*). Te kartice postajajo, od vseh informacijskih in komunikacijskih tehnologij, najbolj pogosto prisotne v transportnih sistemih. Čeprav so tukaj nanizane kot naprave za shranjevanje podatkov, te kartice so sposobne tudi njihovega procesiranja. V bistvu je ta miniaturni računalnik velikosti kreditne kartice. V razliko z magnetnimi karticami, pametne kartice imajo spominske in procesne sposobnosti, ki se jih lahko uporablja za shranjevanje in manipuliranje uporabniških podatkov, ponujajo možnost uporabe varnostnih ključev in algoritmov za legalizacijo (npr., dokaz prisotnosti), ki so nedosegljivi za uporabnika. Pametne kartice lahko izvajajo transakcije s pomočjo *'host'* sistema in uporabo ustreznega čitalca. Kartico se lahko kreditira z neko vrednostjo ali naloži s podatki, ki se kasneje lahko prenašajo ali zmanjšujejo (dekrementira) na ustrezen način. Tipična pametna kartica lahko shrani približno 2-3 Kbyt-ov podatkov.

Tehnologija, ki se uporablja za pametne kartice, je v bistvu mikročip vtisnjen v standardno bančno kartico. Shranjevanje podatkov se izvede s pomočjo elektronsko zbrisljivega programabilnega *'read only'* spomina (*EEPROM – Electronically Erasable Programmable Read Only Memory*). Ta tehnologija omogoča, da se lahko prebere (in vpiše) vse spominske lokacije pod kontrolo v kartici zapisanega operacijskega sistema. Na sliki 4.6 je prikazana shema tipičnega operacijskega sistema pametne kartice. Iz nepojasnjene vzroka, prodajalci temu večkrat pravijo *'maska'*.



Slika 4.6: Primer operacijskega sistema pametne kartice

Prvotno je bil potreben fizični kontakt kartice s čitalcem, ki je bil v obliki držala kartice. Danes je v uporabi brezkontaktno čitanja s pomočjo komunikacijskega linka, ki se vzpostavi, ko se kartica približa na par cm. Ugodno za javni transport, ker je to bolj varno proti vandalizmu in poveča hitrost *'boardinga'* vozil.

.....

Combi card – Omogoča dotično in brezdotično uporabo z isto kartico in tako podpira interoperabilnost med dotičnim in brezdotičnim pristopom v isti regiji. Npr., če je podjetje za tranzitni transport izbralo brez-kontaktni pristop, lokalna banka pa dotični, combi kartica njenemu imetniku omogoča storitve obeh organizacij.

Kaj zmorejo pametne kartice? Nekatere od njenih funkcij so:

- shranjevanje kredita;
- avtomatsko zajemanje informacij o potniku in vzorcih potovanj (trip patterns); Kartice se lahko sprašuje (*interrogate*), na primer po dobro-imetju, lahko shranjuje kopije transakcij za lastne ali poslovne namene;
- večnamenska uporaba; kartica se lahko 'parcelira' v 15 diskretnih območij zaščitenih z operacijskim sistemom (npr. javni prevoz z dvema različnima podjetjema; neprevozne storitve, npr. nakupi v neki trgovini).

.....

4.3.4 Sistemi za upravljanje podatkovnih baz

Če nadaljujemo z obravnavo tehnik procesiranja podatkov, shranjevanje velike množice podatkov brez možnosti učinkovitega procesiranja in ponovnega priklica podatkov ne koristi prav veliko. Na tem mestu vstopajo tehnologije upravljanja s podatki (*data management*) in procesiranja podatkov (*data processing*). Te omogočajo strukturiranje in organiziranje podatkov tako, da se jih lahko na zahtevo prikliče iz spomina in brska po njih, dokler se ne najde kar se želi in 'izvleče' iskana informacij. Omogočajo tudi, da se pridobi vzorce in trende v podatkih, izdelava poročila, tabele, grafe in povzetke. Vse to skupaj uporabnike oskrbuje z informacijami na osnovi katerih se lahko potegne dobre odločitve glede planiranja in upravljanja transporta (*transportation planning and management*).

.....

4.4 INFORMACIJSKI DISPLEJI ('POKAŽI MI')

Eden od najvažnejših načinov s katerim sistemi vzpostavijo odnose z uporabniki je uporaba vizualnih vmesnikov ali displejev. Obstaja več tehnologij informacijskih displejev, ki se jih lahko koristi za ITS.

4.4.1 Katodni zaslon CRT (Cathode ray tube)

Princip

V kontekstu tehnologije transporta se CRT oziroma TV tehnologija uporablja za prikaz informacij operaterjem in potnikom v konfiguraciji enega ali več zaslonov (*single- or multi-screen display*). Več zasloni displeji so popularni v centrih za nadzor prometa TMC (*Traffic control center*), kjer jim včasih rečejo kar video stene (*video wall*).

4.4.2 LCD prikazovalniki

.....

4.4.3 Panoji s spremenljivo vsebino

Obstaja niz tehnologij, ki omogočajo, da se sporočila na prometnem znaku spremeni. To so mehanske rolete, rotirajoči panoji, rotirajoče prizme, magnetne plošče (*magnetic flip disc*) in matrice žarnic ali LED diod. Slednji tip se uporablja zlasti na avtocestnih VMS (*Variable message sign*) tablah, ker omogočajo največjo fleksibilnost za prikaz sporočil. Žarnice in LED se lahko osvetli v različnih kombinacijah, kar omogoča prikaz skoraj vseh tekstovnih znakov ali sporočil. Najnovejši razvoj so tudi prikazi barvnih grafičnih slik.

4.5 LOKACIJA ('KJE SEM?')

To je eno od najvažnejših področij ITS tehnologije. Določevanje položaja nekega vozila je osnovnega pomena za uspeh ITS aplikacij. Na srečo obstaja več tehnologij, ki to omogočajo.

4.5.1 Približna določitev položaja

Najenostavnejša metoda je ti. približna določitev razdalje (*dead reckoning* – izraz se uporablja v pomorstvu). To je stara metoda, ki pa se danes izvaja s pomočjo kompasa (za smer) in rotacije koles (za razdaljo).

4.5.2 Primerjave z zemljevidi

Metoda primerjave z zemljepisnimi kartami (*map matching*) močno poveča natančnost in zanesljivost gornje metode. Osnova je korelacija izračunane poti vozila z digitalno karto znane avtocestne mreže (najbolj pogosto shranjene na CD-ROM-u). S tem se zmanjša tudi kumulativna napaka prejšnje metode.

4.5.3 Globalno pozicionirni sistem (GPS)

.....

4.5.4 Lokacija vozil na signalni osnovi

Tehnologijo (*beacon-based vehicle location*) uporabljajo komercialna in tranzitna vozila, zlasti tistih podjetij, ki se ukvarjajo s prevozi vrednostnih pošilk in nevarnih tovorov. Obstajata dva primarna pristopa z dolgoročnim ali kratkoročnim dometom. Pri dolgoročnem načinu sistem za sledenje izračuna trenutno lokacijo vozila s pomočjo mreže signalnih naprav na kopnem, običajno z nizko-frekevenčnimi LF radijskimi oddajniki-sprejemniki TRX (*transceiver*). Vsako vozilo je opremljeno z radijsko TRX napravo. Položaj se izračuna z metodo triangulacije po kateri se izračuna razdalja od katerih koli treh signalnih oddajnikov in primerja. Z uporabo signalno-oddajnih naprav kratkega dosega se vsako vozilo identificira, ko zapelje mimo DSRC (*Dedicated short range communication*) TRX naprav ob cesti. Ker je točna geografska lokacija cestne infrastrukture znana, je na ta način možno določiti položaj vozila. Preciznost se lahko še poveča z uporabo algoritmov, ki določijo položaj, ko vozilo zapusti komunikacijsko območje. Na ta način se dobi položaj vozila v konkretnem trenutku.

4.6 AKTUATORJI ('NAJ SE ZGODI')

To so dodatki k senzorjem, ki stvari realizirajo, ne pa zgolj čutijo kar se je zgodilo. Aktuatorji dobijo navodila iz nekega drugega dela Sistema ali od operaterja (človeka) in izvršijo določeno dejanje ali niz (sekvenco) dejanj. Aktuatorje se dobi v zelo različnih izvedbah:

- servo-motorji za odpiranje in zapiranje zapornic in prepek na cestninskih postajah in parkiriščih;
- mehanizmi, ki kontrolirajo zavorne in pospeševalne funkcije v avtomobilih s tempomati (*cruise control*) in drugi kot npr. tisti, ki odpirajo in zapirajo vrata na avtobusih. Sem sodijo tudi mehanizmi, ki spremenijo sporočilo na VMS panojih na robu ceste.