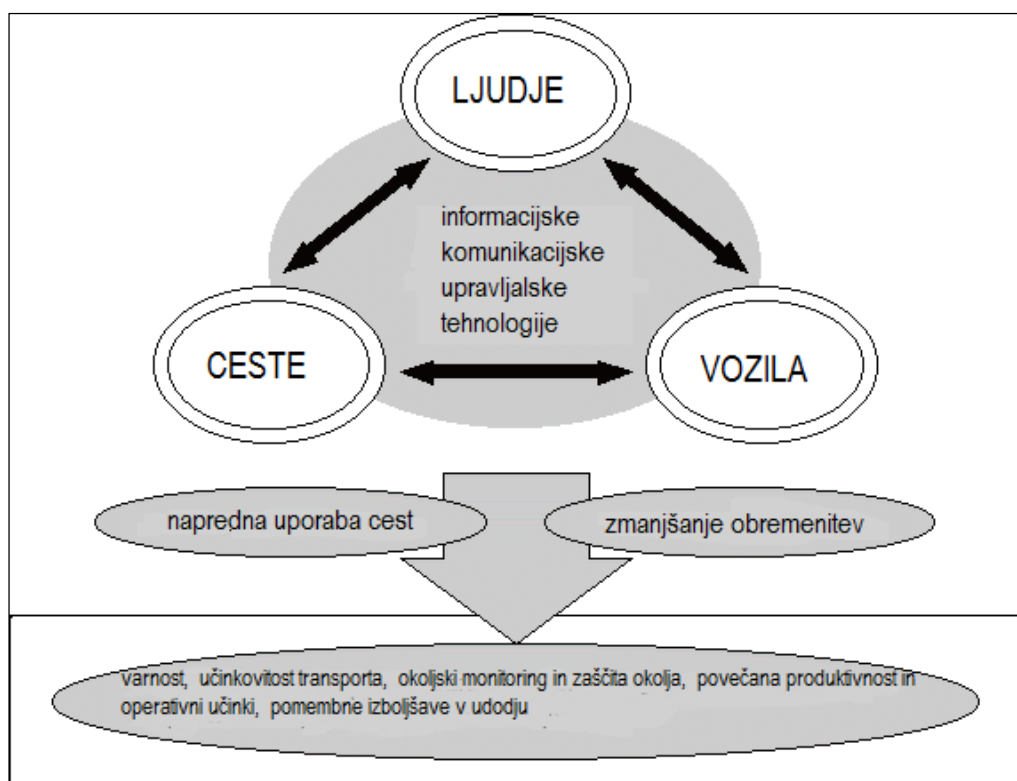


1. ITS KONCEPT

Transport (prevoz ljudi in blaga) je gonilna panoga za ekonomski razvoj in blagostanje ljudi po vsem svetu. Sodobno življenje zahteva večjo mobilnost. Pogosto se ta zagotavlja z vse večjo uporabo privatnih vozil, osebnih in tovornih. Obremenitve transportne infrastrukture, ki je večinoma že itak močno prekoračena, se množijo. Navzlic ogromnim stroškom za novo cestno strukturo, se zastoji v prometu (nasičenost s prometom) še vedno povečujejo, zlasti v urbanih delih in s čemer nastajajo milijardne izgube v denarju in času. Pretekle pridobitve v pogledu prometne varnosti in škodljivih vplivov na okolje se tako zmanjšujejo.

Malo verjetno je, da se navedene probleme lahko preprosto reši zgolj z gradnjo več cest ali s prakticiranjem preteklih (starih) načinov. Očitno, potrebni so inovativni prijemi na celotni fronti. Med te sodi koncept in prakticiranje inteligentnih transportnih sistemov in storitev (ITS – *Intelligent Transport Systems and services*), prej poznan kot transportna telematika (TT – *Transport Telematics*). ITS sistemi ponujajo nove, napredne načine za doseganje večje trajnostne mobilnosti (*sustainable mobility*) v sedanji komunikacijski in informacijski družbi.

Preprosto povedano, ITS sistemi so transportni sistemi in storitve, v katerih so integrirane informacijske, komunikacijske in upravljalne tehnologije z namenom izboljšanja transportnih mrež. Namenjeni so za implementacijo npr., naprednih navigacijskih sistemov, elektronskih sistemov za pobiranje cestnin, sistemov za asistenco varne vožnje, sistemov za optimizacijo vodenja in upravljanja prometa, sistemov za povečanje učinkovitosti transporta in podobno tako, da se formira integriran sistem, ki vključuje ljudi (potnike, voznike), ceste in vozila povezanih med seboj, z uporabo naprednih tehnologij komunikacij preko katerih si izmenjujejo podatke. Ena od različic konceptualnega ITS modela za cestni promet je prikazan na sliki 1.



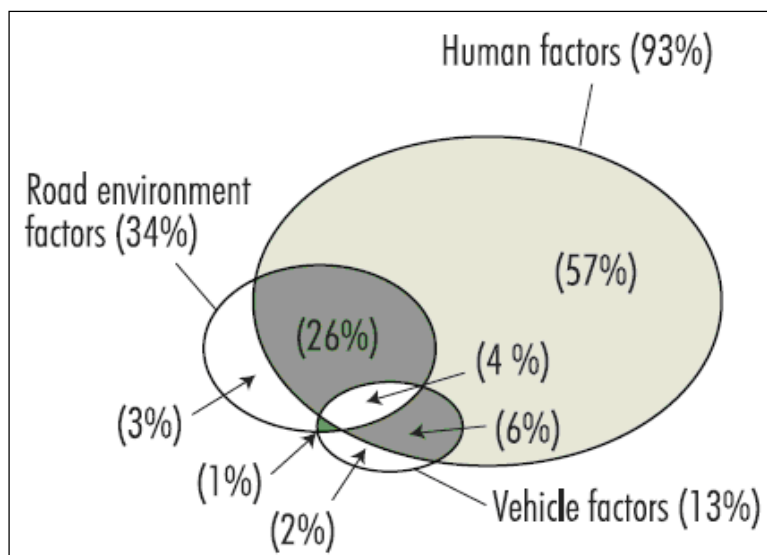
Slika 1: Konceptualni model za ITS

Z integracijo se tako doseže večja izkoriščenost obstoječe cestne mreže, zmanjša se delovne obremenitve in do neke mere rešuje najaktualnejše transportne probleme, ki so:

- varnost;
 - učinkovitost transporta;
 - okoljski monitoring in zaščita okolja;
 - produktivost in operativni učinki;
 - udobnostni faktorji.
- **Varnost:** ITS sistemi in storitve lahko prispevajo k povečanju stopnje varnosti oz. zmanjšanju števila prometnih nesreč, njihovih resnosti in časa, ki ga reševalne ekipe potrebujejo za odziv. Najpomembnejše aplikacije vključujejo upravljanje hitrosti (opozorila, povratna informacija voznikov, kontrola hitrosti) ter detekcija voznikov in vozil. Mnoge aplikacije povečajo varnost ranljivih uporabnikov cest, predvsem otrok, starejših ljudi in invalidov. Nekaj primerov le-teh je:
 - Prilagodljiva kontrola hitrosti;
 - Sistemi za zaznavo incidentov in opozarjanja;
 - Hitrejši odzivni časi za reševalne intervencije;
 - Sistemi kamer za odkrivanje prehitrih voznikov in prevozov skozi rdečo luč;
 - Avtomatska prometna kontrola za pešce in kolesarje;
 - Detekcija vremenskih in mikroklimatskih razmer;
 - Sistemi za preprečevanje trkov;
 - Sistemi za povečanje vidnosti;
 -

Današnji hiter tempo življenja in bitka s časom se odražata tudi na cestah, kjer prihaja do vedno večjega števila prometnih nesreč. Prometna nesreča je nenaden, nepričakovan in nenameren dogodek na cesti, v katerem je bilo udeleženo vsaj eno premikajoče se vozilo in v katerem je v njem ena ali več oseb umrlo, bilo telesno poškodovanih ali je nastala zgolj materialna škoda. Ključen problem cestnega prometa je torej preveliko število prometnih nesreč in temu ustrezno tudi preveliko število smrtnih žrtev na cestah. K vzroku za nastanek prometnih nesreč prispevajo različni dejavniki.

Konceptualno zasnovo za analizo prometnih nesreč, iz katere se lahko pride do faktorjev, ki jih je za izboljšanje varnostne slike treba »obdelovati«, predstavlja sistem **človek–vozilo–cesta**. V tem cestno-varnostnem sistemu nastopajo trije glavni akterji (dejavniki): človek, vozilo in cesta z ambientom (okoljem). Na sliki 2 je prikazan Vennov diagram sistema človek–vozilo–cesta, ki vključuje kvantitativne deleže prispevkov k prometnim nesrečam vseh treh akterjev [1].



Slika 2: Faktorji v prometnih nesrečah [1]

Konkretna raziskava kaže na prevladujočo vlogo človeške komponente v nesrečah: 57 % kot »solo« nastopajoča komponenta in, v kombinacijah z ostalima dvema dejavnikoma, kar nastopa kar v 93 % primerov. Najpogostejši človeški faktorji, ki se navajajo, so: neprilagojena hitrost, nepravilna stran ali smer vožnje, neupoštevanje pravil prednosti, neustrezna varnostna razdalja, nepravilno prehitevanje, nepravilni premiki z vozilom, nepravilnosti pešca in drugi. Primarni vzroki (povodi) za navedena dejanja so največkrat psihofizična stanja voznikov kot na primer: alkoholiziranost, nepazljivost, raztresenost, napačna presoja ali odločitev, omamljenost, utrujenost, nepremišljenost. Seveda dejstvo, da so človeški faktorji vpleteni v večini nesreč, ne pomeni, da je v iskanju boljših rešitev potrebno vzeti pod drobnogled samo to komponento sistema. Vedenjske spremembe so namreč zelo počasne in progresivne. Nasprotno, cestna okolja se lahko hitro spreminjajo s takojšnjimi rezultati (posledicami).

Za pridobitev predloga nekih učinkovitih ukrepov za povečanje cestne prometne varnosti je potrebno najprej razumeti vzroke, zakaj se te nesreče dogajajo. Probleme cestne varnosti je potrebno reševati z izvajanjem integriranih akcij, ki upoštevajo vsako od treh glavnih komponent cestno-varnostnega sistema. Iz slike 2 se na primer vidi, da se v pogledu varnosti lahko veliko pridobi s preučevanjem faktorjev v preseku komponent »človek–cesta«, kjer je procent skupnih faktorjev kar 26 %. Za izboljšanje stanja varnosti se neprestano razvijajo in uvajajo klasični ukrepi (npr. novi cestno-prometni predpisi, izboljšanje infrastrukture, ipd.), ki pa imajo svojo mejo in ceno. Do nedavnega obstoječe tehnologije niso omogočale velike izbire izboljšav varnosti na področjih, kjer je krivec ali sokrivec prometnih nesreč voznik. Večina novosti so bili avtonomni sistemi v vozilih, npr. antiblokirni zavorni sistem in tempomat. V zadnjih 10-tih letih pa na dan prihajajo naprednejše, inteligentne metode, ki jih je omogočil hiter razvoj senzorjev, komunikacij, računalništva in integracija teh tehnologij v sisteme koristnih, tudi za implementacijo v prometu in transportu. V prakso prihajajo samostojni in integrirani inteligentni transportni sistemi ITS, s katerimi je mogoče delno izboljšati statistiko na sliki 2 in v veliki meri zmanjšati število prometnih nesreč, kar je pomembno.

- **Učinkovitost transporta:** Zastoji so eden od glavnih problemov za vse udeležence v prometu in povečanje učinkovitosti obstoječih transportnih sistemov je glavni cilj vseh ITS programov po svetu. Zastoj se lahko zmanjša npr., z upravljanjem povpraševanja po prevozih, s povečanjem učinkovitosti transportne mreže in preusmerjanjem potovanj z osebniimi vozili na druge načine (modalni transport). ITS sistemov in storitev za pomoč pri reševanju zastojev je veliko. Navedenih je nekaj primerov vezano za:
 - Upravljanje prometa na osnovi povpraševanja (*demand management*);
 - elektronsko plačevanje;
 - kontrola dostopa.
 - Učinkovitost transportne mreže;
 - kontrola (nadzor in upravljanje) prometa na širšem območju (*area-wide*);
 - kontrola hitrosti;
 - doziranje prometa;
 - zaznava (detekcija) in upravljanje z incidenti;
 - nudenje informacij voznikom.
 - Vzpodbujevanje modalnega prevoza;
 - planiranje pred potovanjem;
 - informiranje potnikov;
 - prioritete vožnje z avobusi.
- **Okoljski monitoring in zaščita okolja:** Trajnostno mobilnost je potrebno doseči z zaščito pred pretiranimi vplivi prometa na okolje. V številnih mestih uvajajo ITS sisteme za reševanje problema onesnaževanja zraka, zlasti v mestnih jedrih (npr. *Congestion charging* v Londonu, par ne par v Trstu). Onesnaževanja zraka je večje v pogojih nasičenega prometa tako, da vsi ITS prijemi, ki izboljšujejo učinkovitejše gibanje prometa, zmanjšujejo tudi onesnaženost zraka. Druge, bolj specifične storitve v te namene so:
 - Detekcija (*monitoring*) onesnaževanja;
 - Posredovanje informacij o kvaliteti zraka;
 - Strategije upravljanja prometa na osnovi povpraševanja;
 - Kontrola dostopa do območij z veliko onesnaženostjo.
- **Produktivnost in operativni učinki:** Z implementacijo ITS sistemov in storitev se pogosto da zmanjšati operativne stroške in izboljšati produktivnost. Medtem ko je zmanjšanje stroškov v interesu vseh udeležencev v prometu, se s tem povezane koristi najbolj tičejo operaterjev s flotami vozil in operaterjev avtocestne infrastrukture. ITS opcije vključujejo:
 - Avtomatsko lokacijo vozil (*AVL- Automatic Vehicle Location*);
 - Avtomatsko sledenje tovoru;
 - Računalniško podprto načrtovanje poti in razpošiljanje (*Computer-aided routing & dispatching*);
 - Upravljanje flote vozil;
 - Detekcija voznika (zmanjšanje škode);
 - Elektronsko cestninjenje.
- **Udobnostni faktorji:** Pomembno je, da se uporabniki prometnega sistema počutijo udobno, zaupno in varno na relaciji, ki so jo izbrali. Z ITS storitvami uporabniki lahko pridejo do boljših informacij o pogojih potovanja že pred potovanjem, vključno z 'do

minute' točnimi napovedmi o prometnih zastojih in o vremenu, kar posredno zmanjša stresni učinek na voznika. Za uporabnike javnega transporta ITS prijemi nudijo zgodnja opozorila za zamude avtobusov in informacije v realnem času o alternativnih poti, s čemer potniki lahko nadaljujejo svoje potovanje z minimalnimi motnjami in neprijetnostmi. Relevantne storitve vključujejo:

- Prometne informacije v realnem času;
- Dinamično vodenje na poti;
- Sledenje vozil (npr., zaradi varnosti ali reševanja v nujnih primerih);
- Informacije v realnem času v javnem transportu;
- Plačevanje s pametnimi karticami v javnem transportu.

V končni fazi ITS sistemi in storitve so v pomoč voznikom, potnikom in operaterjem flot transportnih vozil, da se bolje in koordinirano odločajo. Z operativnimi izboljšavami se z ITS prijemi (storitvami) privarčuje čas, reši marsikatero življenje, poveča kvaliteta življenja ter okolja in nenazadnje izboljša produktivnost komercialnih aktivnosti. Navedeni cilji so skupni po vseh regijah v svetu s pripombo, da se prioritete v posameznih regijah lahko do neke mere medsebojno razlikujejo.

Kot že povedano, tisti, ki jim ITS prijemi lahko koristijo, rangirajo od lastnikov in operaterjev cestnih in železniških mrež, preko uporabnikov vozil in drugih potnikov, in nenezadnje do tistih, ki se preživljajo na račun prometa vzdolž prometnic, pač vsak z različnimi potrebami in zahtevami. V splošnem obstajajo štiri glavne skupine deležnikov (*stakeholders*) v ITS sistemih:

- Lastniki in upravitelji transportnih mrež (operaterji transportnih mrež);
- Vozniki in operaterji prevoznih flot, ki uporabljajo transportne mreže;
- Potniki, špediterji in drugi 'potrošniki' transporta;
- Mestni planerji in regionalne oblasti (v pomoč pri implementaciji politike in ukrepov potrebnih za trajnosten transportni sistem za naslednja desetletja).

ITS storitve ponujajo veliko vsem uporabnikom, toda trg se skuša osredotočiti na razvoj proizvodov in storitev za voznike, za operaterje prevoznih podjetij in za druge transportne 'potrošnike', ki v končni fazi te proizvode kupijo ali nameravajo kupiti. Temu ustrezno morajo operaterji transportnih verig, mestni planerji, regionalni in državni oblastniki zavzeti bolj proaktiven pristop za koriščenje ITS sistemov. Nenazadnje, dejanske koristi (vrednote), ki jih ITS aplikacije lahko doprinesejo k pomembnim rešitvam transportnih problemov, je potrebno predstaviti in prikazati tudi javnosti in predvsem čim večjem številu uporabnikov in deležnikov (primer BicikeLJ).

Pri razvoju in planiranju transporta na celotnem območju, npr., neke države, je za vključevanje ITS sistemov v transportna omrežja potrebno upoštevati sinergijske učinke celotnega transportnega sistema. Celovit transportni sistem sestavljajo cestni, pomorski in rečni (Nizozemska, Nemčija), zračni in železniški transport (slika 3). Letalski, železniški in rečni transport potekajo po koridorjih, železnici in reki. Uporaba teh transportnih poti je vnaprej načrtovana. Ta oblika transporta je deterministična, zato se ga lahko načrtuje in napoveduje. Do precejšnje mere velja to tudi za pomorski transport. V cestnem prometu, ki obsega največ vsakodnevnih udeležencev, pa nastopa precej stohastičnosti in je zato najbolj problematičen.



Slika 3: Prometni sistem in področja uporabe ITS [2]

ITS sistemi in storitve v prometnem sistemu, kot že povdarjeno, so namenjeni:

- Učinkoviti rabi transportnih poti (cesta, železnica, voda, zrak) in transportnih sredstev;
- Učinkovitejšemu upravljanju mirujočega prometa (na parkiriščih, letališčih, pristaniščih);
- Večji varnosti transporta in dejavnosti, ki potekajo v fazi transporta (storitve za potnike, spremljanje blaga, ...).

–

1.1 ZGODOVINA Z IZBRANIMI PRIMERI ITS APLIKACIJ

ITS sistemi niso nekaj povsem čisto novega; postopoma so se 'plazili' v naša življenja kar nekaj desetletij. Dejansko, če se vzame električne prometno-signalne naprave (semaforje) kot ITS sistem, potem so ITS sistemi prisotni že skoraj stoletje. Prvi električni prometni semaforji so bili instalirani v Cleveland-u (USA) v 1930-ih [3,4]. Po mnenju nekaterih strokovnjakov se jih lahko upravičeno smatra tudi kot prve ITS sisteme.

Zgodovina prometne signalizacije je kar zanimiva. Menda je na vsem svetu prva prometno-signalna naprava bila instalirana na hišah okoli britanskega parlamenta pozno v 1800-tih [5]. Izdelana je bil kot konzola na kateri se je 'prometni signal (znak)' osvetljeval s plinsko svetilko. Na nesrečo je 'sistem' eksplodiral kmalu po namestitvi, pri tem pa poškodoval policaja. Britanci so tako opustili idejo o prometno signalnih napravah za več desetletij.

Zanimivo je, da je bila neuspešna instalacija v Londonu izvedena na pomembni ('*high level*') lokaciji in imela tako porazen učinek, katere rezultat je ustvaril splošno nezanimanje za podobne tehnologije in to za zelo dolgo obdobje. Iz tega sledi nauk za razvijalce ITS sistemov, da je potrebno začetne poskuse z ne-testiranimi napravami (pilotske projekte!) izpeljati v manj pomembnem ('*low level*') okolju.

Razen prometnih signalov obstaja še mnogo drugih ITS sistemov okrog nas, naprimer:

- Pametne avtoceste;
- Pametni avtomobili;
- Pametni avtobusi;
- Pametna tovorna vozila;
- Pametni potniki;

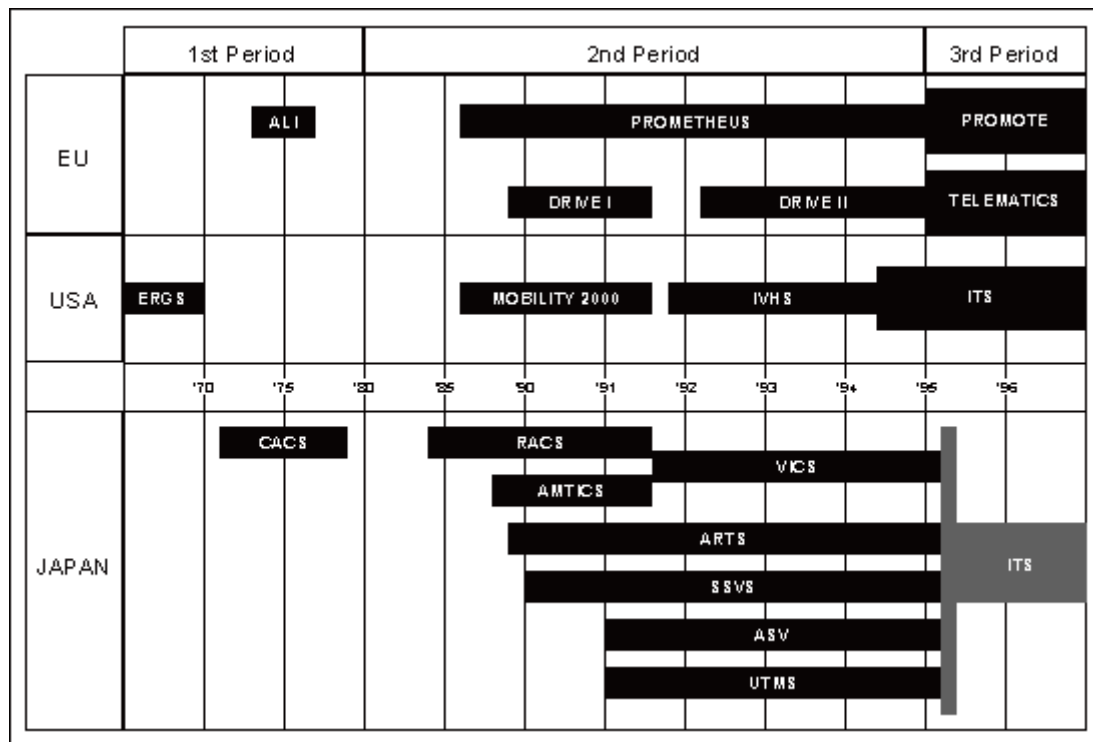
Pametne avtoceste: So avtoceste, ki so tehnično opremljene z možnostjo:

- komuniciranja voznikov s kontrolnim centrom, z obcestnimi napravami in z drugimi vozniki;
- informiranja voznikov s strani upravljalcev cest o prometnih pogojih, nevarnih cestnih pogojih in obvozih.

Razlikuje se pametne in pametnejše avtoceste. Pametne obstajajo že danes. Te niso samo asfalt, beton in jeklo ampak tudi komunikacijske naprave z ustreznimi senzorji, prikazovalniki in procesne naprave. Detektorji različnih vrst se uporabljajo za določanje podatkov o trenutnih prometnih tokovih. Komunikacijski sistemi se uporabljajo za posredovanje teh podatkov v nek nadzorni center. Prikazovalniki s spremenljivo vsebino se uporabljajo za obveščanje, svetovanje in vodenje voznikov. Takih primerov je danes že veliko v ZDA, EU in na Japonskem in seveda tudi v Sloveniji. Veliko ljudi ima od tega precejšnje koristi v smislu izogibanja zastojem in ravnanja v incidentnih situacijah.

Detektorji prometa so omejeni v tem, da potnikom in voznikom posredujejo isto informacijo, ki jo ne morejo prikrojiti potrebam posameznikov. Na tem mestu vstopajo pametnejše ceste. Te obsegajo še dodatno infrastrukturo, ki omogoča eno- ali dvo- smerno komunikacijo med vozili (V2V – *Vehicle to Vehicle*) in obcestnimi napravami (V2I – *Vehicle to Infrastructure*). Na ta način je možno posredovati informacije voznikom na prikazovalniku v vozilu in jih prikrojiti ustreznim definiranim zahtevam. Take avtoceste bodo opremljene tudi s posebno komunikacijsko povezavo, ki bo identificirala vozila (brez identitete voznika) na ključnih mestih vzdolž avtocest z namenom merjenja povprečnih hitrosti, potovalnih časov in štetju vozil. Dejansko se to že izvaja v praksi, npr. Traffic Assist v Kaliforniji [6] in več drugih mestih. Iste komunikacije se lahko uporabljajo tudi za pobiranje cestnin z učinkom izogibanju upočasnitvam ali ustavljanju na cestninskih postajah ter olajšanju denarnih transakcij za operaterje.

1.2 KRONOLOŠKI RAZVOJ



Slika 4: Zgodnji kronološki razvoj ITS v ZDA, na Japonskem in v Evropi [7]
(Opomba: ITS-EU se pojavi na začetku 2000)

- ALI: Autofahrer Leit und Informations System
- PROMETHEUS: Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety
- DRIVE: Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe
- PROMOTE: Programme for Mobility in Transportation in Europe
- CEN: Comité Européen de Normalisation / TC278
- ISO: International Organization for Standardization / TC (Technical Committee) 204.
- ERGS: Electronic Route Guidance Systems,
- IVHS America: Intelligent Vehicle Highway Society of America
- AHS: Automated Highway System
- ITI: Intelligent Transportation Infrastructure
- CACS: Comprehensive Automobile Traffic Control System
- RACS: Road/Automobile Communication System
- AMTICS: Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems
- VICS: Vehicle Information and Communication System
- ARTS: Advanced Road Transportation Systems
- SSVS: Super Smart Vehicle System
- ASV: Advanced Safety Vehicle
- UTMS: Universal Traffic Management System

Organizacije, ki skrbijo za promoviranje ITS aplikacij v ZDA, na Japonskem, EU in Sloveniji so:

- ITS-A: Intelligent Transportation Society of America;
- VERTIS: **V**ehicle, **R**oad, and **T**raffic Intelligence Society;
- ERTICO: **E**uropean **R**oad **T**ransport **T**elematics **I**mplementation **C**oordination **O**rganization;
- S-ITS: Slovensko društvo za **ITS** sisteme in storitve.

1.3 IZBRANI PRETEKLI PRIMERI

Zgoraj navedeni primeri ITS aplikacij so opisani precej splošno. Obstaja pa tudi kopica konkretnih primerov, ki jih je vredno na tem mestu opisati ali omeniti. Ti primeri so že v zgodnjim fazi razvoja demonstrirali tedanje 'up-to-date' zmožnosti aplikacij ITS tehnologij v kombinacijah, razvitih za rešitev specifičnih transportnih problemov in potreb, na primer:

1. Atlanta projekt (Olimpijske igre 1996);
2. Traffic Assist (prvotno *LA Traffic Assist*);
3. Seul: Olimpijska cesta (Olimpijske igre 1988);
4. Trafficmaster, UK

1. Atlanta projekt

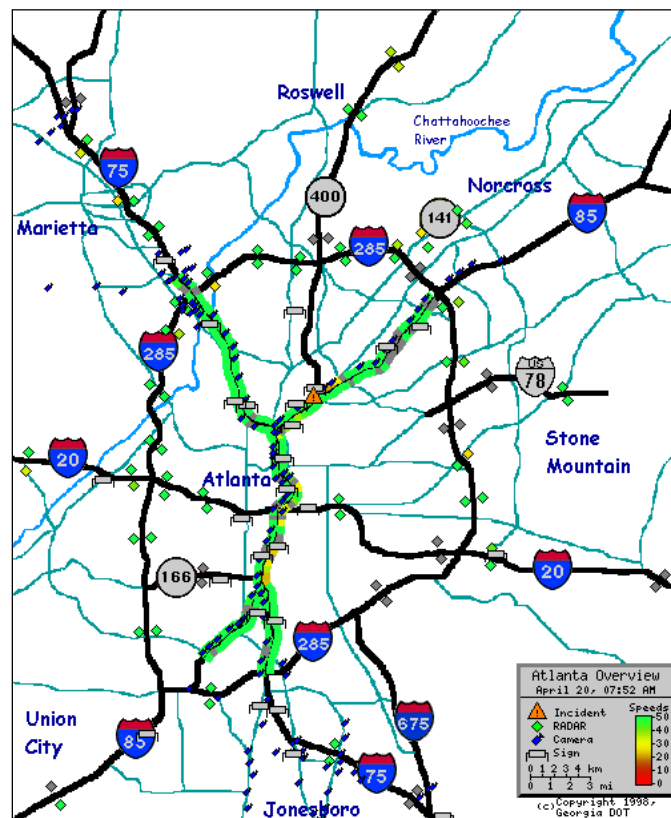
V Atlanti (Georgia, ZDA), obstaja eden od največjih inštaliranih sodobnih sistemov prometne tehnologije na svetu, imenovan *Advanced Traffic Management System (ATMS)*. (*Opomba: v času olimpijskih iger v Atlanti je dejansko tudi bil!*). ATMS sistem je takrat integral vrsto tehnologij. Pokrival je več kot 90 km avtocest z več kot 300 kamerami in obsegal več kot 160 km optičnih kablov za omogočanje komunikacij, CMS oglasne panoje s spremenljivo vsebino, avtomatske radio oddajnike, informacijske kioske, Internet dostop in avtomatski nadzor incidentov, ki je sposoben opozorjati osebje v centralnem prometnem centru v določenih časovnih intervalih. Elektronski nadzor s tem pripomore k učinkovitejšemu vodenju prometa in boljšo kontrolo v mestu in njeni okolici.

Sponzorji projekta so bili Oddelek za transport države Georgia (GDOT - *Department Of Transportation*), Zvezna uprava za ceste (FHWA - *Federal Highway Administration*), Zvezna uprava za tranzit (FTA - *Federal Transit Administration*), Uprava za hiter tranzit metropole Atlanta (MARTA - *Metropolitan Atlanta Rapid Transit Administration*), mesto Atlanta in pet sosednjih regij (*county*). Namen projekta ni bil zgolj povečanje prepustnosti prometa ampak tudi prikaz oziroma združitve inteligentnih tehnologij v transportu v ZDA.

Najvažnejši del, srce ATMS sistema, je centralni prometni center (TMC - *Traffic Management Center*). Podatki pritekajo v center, kjer se obdelajo v informacije, ki se jih pošilja ustreznim agencijam in so v primerni obliki tudi javno dostopne. Elementi inteligentne transportne infrastrukture (ITI - *Intelligent Transportation Infrastructure*) so: sistem za upravljanje avtocest, sistem za odkrivanje incidentov in informacijski sistem za potnike. Ti sistemi omogočajo hitrejši in varnejši pretok prometa ter oskrbo uporabnikov s potrebnimi prometnimi informacijami v širšem območju Atlante.

V tem projektu je ITI obsegala sklop optičnih kablov vzdolž ene strani meddržavnih avtocest I 75 in I 85 (*I – Interstate*) prikazanih na sliki 5. Video kamere za detekcijo (pametne kamere) in kamere za nadzor (*surveillance*) nameščene pogostoma, na enako dolgih odsekih vzdolž obeh strani avtoceste, ki pošiljajo video posnetke po optičnih kablju v vozlišča (omarice), v katerih je nameščeno od 4 do 10 MVP slikovnih procesorjev, kjer se avtomatsko krmili del avtomatskih naprav v prometu. Od tam se podatki posredujejo v TMC center. Tehnologija optičnih vlaken (*fiber-optics technology*) omogoča prenos podatkov in video slike od številnih kamer do MVP slikovnih procesorjev in od tu v TMC center. Nobena druga tehnologija ne zmore tako kvalitetnega in učinkovitega prenosa tolikšnih podatkov in video slik v živo. Na

mestih kjer fiber-optična povezava ni bila mogoča, je bila inštalirana kratka radijska povezava (za okrog 30 % kamer) čez avtocesto do najbližje lokacije glavnega optičnega kabla.



Slika 5: ATMS sistem v Atlanti z okolico

GDOT se je takrat odločil za široko pasovni video detekcijski sistem (WADS - *Wide Area Video Detection System*) iz več razlogov vključno z minimalnimi zapori cestnih pasov pri montaži in kasnejših vzdrževalnih delih. Inteligentni video sistem (*Autoscope*) meri povprečne hitrosti, volumen, zasedenost in detektira ustavljenih vozila. Vsakih 20 sekund komunikacijski server (*Autoscope Scopeserver*) zbira podatke iz vseh 57-ih *Autoscope MVP* slikovnih procesorjev s katerimi je povezan, skupno torej iz približno 5000 detektorjev. Namensko programsko orodje (programski paket) prenaša podatke v posebno podatkovno bazo CDAS (*Count Station Data Acquisition System*). Ta baza predstavlja dostop do podatkov o prometu v realnem času vsem ATMS aplikacijam kot na primer detekcija incidentov in informacije na zaslonih (displejih) za voznike. Takoj ko CDAS podatke sprejme, jih avtomatsko 'pregleda' tako, da v na novo prispelih prometnih podatkih 'išče' spremembe, ki indicirajo eventuelne incidente in zastoje. Če jih sistem ugotovi, ustrezen program takoj obvesti o njih operaterje v TMC-ju. Tamkajšnji operater lahko priključijo najbližjo nadzorno (*surveillance*) kamero, ugotovi stanje in ustrezno ukrepa tudi tako, da na mesto pošlje potrebno reševalno ekipo. Poleg obveščanja policije in drugih reševalnih agencij operaterji v TMC-ju lahko ročno ali avtomatsko razpošljejo sporočila v javnost preko CMS panojev s spremenljivo vsebino, radija (HAR - *Highway Advisory Radio*) in Internet-a. Spletna (internet) stran Atlante je zelo zanimiv način za obveščanje javnosti o stanju na prometnicah. Vsakdo z dostopom do Internet-a lahko 'naloži' barvno kodirani zemljevid, ki med drugim kaže povprečne hitrosti na avtocestah v širšem območju Atlante. CDAS avtomatsko posreduje sveže podatke spletni strani vsakih nekaj minut [x1].

V povzetku, ATMS sistem za vodenje prometa na odsekih avtocest I-75 in I-85 v širšem območju Atlante (slika 3) in v skupni dolžini 100 km je prvotno zajemal:

- 5000 virtualnih detektorjev;
- 316 kamer za detekcijo (črno-bele);
- 57 Autoscope 2004 MVP-jev;
- 60 CCTV nadzornih (*surveillance*) barvnih kamer;
- 1 helikopter opremljen z nadzorno kamero;
- 41 panojev z znaki spremenljive vsebine (CMS);
- 12 avtocestnih radijskih oddajnikov za nasvete voznikom;
- 107 radijskih povezav (link-ov) za video prenos in
- več kot 160 km optičnih kablov za prenos video slike in podatkov.

Opomba: Mini izvedba Atlante je bila izdelana tudi v okviru magistrske naloge na UL FGG PTI [x2].

x1. <http://www.georgia-navigator.com/traffic/>;

x2. Rijavec R.: Inteligentna video detekcija v cestnem prometu, magistrska naloga, PTI, UL FGG, Ljubljana 2000.

2. TA-Traffic Assist

Traffic Assist (TA) metoda je zbiranje informacij o prometnih tokovih v realnem času s pomočjo 'cestnih' senzorjev v centralni računalniški strežnik, ki modelira dejanske prometne pogoje [x3]. Po vnosi podatkov o izhodiščni točki O (*Origin*) in končni točki D (*Destination*) za posamezna potovanja računalnik v 2/10 s izračuna najkrajši čas poti LTR (*Least Time Required*) za dotično potovanje osnovano na dejanskih, trenutnih pogojih prometa. LTR podatek se odpošlje vozniku v obliki ocene potovalnega časa in razdalje za to pot. Začetna testiranja učinkovitosti TA sistema v južni Kaliforniji s klienti so pokazala, da ta LTR usluga prihrani v povprečju 15 % potovalnega časa z vodenjem okrog mest z zastoji na ceste z najhitrejšo odvijajočim prometom. Dodatno, TA strežnik sledi progres potovanja in pošlje korigiran ali posodobljen potovalni načrt osnovan na bolj trenutnih informacijah, če so se pogoji med potovanjem spremenili.

TRAFFIC ASSIST® je naročniško osnovana storitev temelječi na ideji, ki jo je razvil in patentiral prvotni TA izumitelj Thomas Peterson. Ideja je bila zasnovana v letu 1987. V l. 1996 ji je bil dodeljen patent, ki je bil obnovljen s ponovno, širšo verzijo patenta leta 2005.

[x3] <http://www.trafficassist.com/>

3. Seul: Olimpijska cesta

Seulska "olimpijska avtocesta", ki poteka iz centra Seula vzporedno z reko Han, je bila v času olimpijskih iger močno prometna cesta. Igre so povzročale natrpanosti in nesreče po celotnem območju mesta, zlasti se je povečalo število vozil, ki so potovala proti centru mesta. Tudi sicer se je število vozil od leta 1990 na seulskih cestah povečalo na 2,2 milijona. V boju proti prenatrpanosti in naraščanju prometa, so se v Koreji, zlasti pa v samem Seul-u, pristojni uradi in agencije odločili za nadzor in vodenje prometa z ITS sistemi. Kljub ekonomskim problemom, se je marsikateri ITS projekt udeležil, veliko se jih še uresničuje ali pa so planirani za odprte avtoceste ceste po državi. Konkretno, v samem Seul-u je s kompleksnim

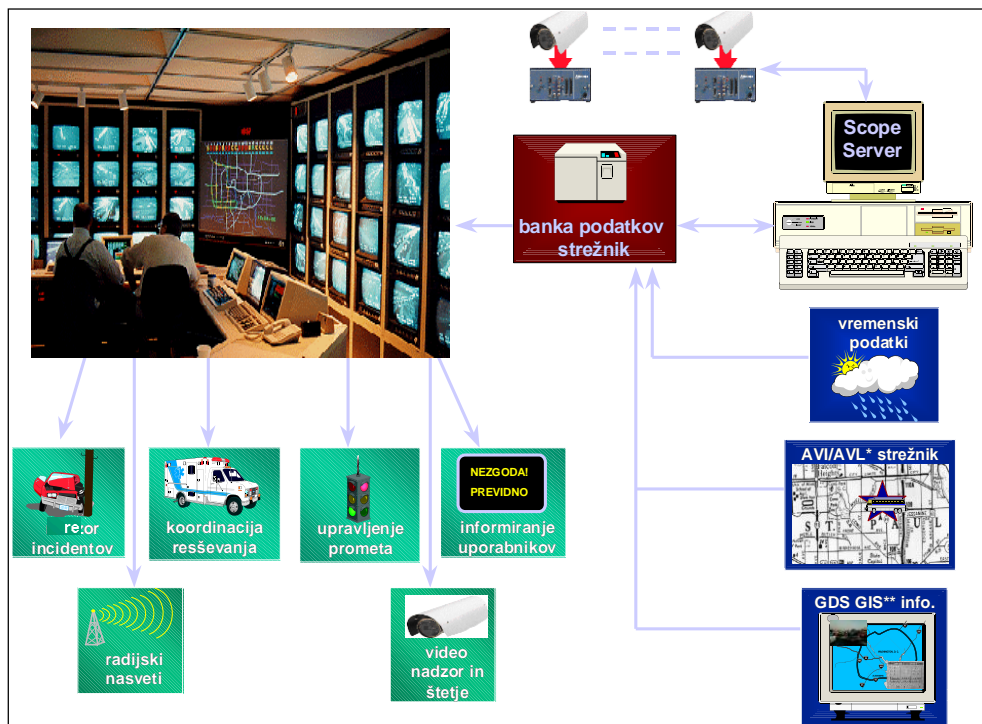
Autoscope video sistemom za nadzor in vodenje prometa pokrit del avtoceste v dolžini 18 km od skupno 42 km osem pasovne "olimpijske ceste" od letališča do centra mesta. Mestna uprava se je odločila za Autoscope inteligentni video nadzor iz več razlogov, med drugim zaradi hitre inštalacije brez posegov v cestišče in ne prezahtevnega vzdrževanja. To je še posebno pomembno za olimpijsko cesto, ki ima minimalno utrjena pasova ob cesti oziroma obrežju. Nenazadnje, odločitev za Autoscope je temeljila tudi na ceni in kvaliteti. V centralnem prometnem centru se dnevni promet vodi in nadzira preko obsežnega video nadzornega sistema. V svojem segmentu Autoscope sistem omogoča pridobivanje različnih prometnih podatkov, kot so: podatki o povprečni hitrosti vozil, podatki o obsegu in zasedenosti, itd. Uspešno se uporablja tudi sistem zaznavanja incidentnih situacij na tej avtocesti. Podatki in dejanski video posnetki se posredujejo preko optičnih kablov v centralni prometni center. Autoscope MVP slikovni procesor vsake 30 s pošilja sporočila oziroma podatke strežniku preko Autoscope komunikacijskega serverja (t.i. *ScopeServer-ja*). ScopeServer dopolnjuje prometne podatke iz vseh 34 kamer v dveh do treh sekundah. Iz posredovanih podatkov v centru določijo oceno potovalnih časov, informacija o teh pa se posreduje voznikom preko spremenljive vertikalne signalizacije.

Prvotna razvojna faza projekta je predvidela 34 Autoscope 2004 sistemov z eno kamero in 17 sistemov z dvema kamerama s skupno skoraj 1700 virtualnimi detektorji. S podjetjem KIA informacijski sistemi, ki je distributer Autoscope sistema v Koreji, je bila podpisana pogodba decembra l. 1996 s pričetkom veljave v začetku l. 1997. Korejski predstavniki so obiskali tudi Atlanto v zvezni državi Georgia v Ameriki, saj je njihov prometni sistem, glede prometne tehnologije, svetovno eden od najboljše podprtih inštalacijskih sistemov, s projektom Seuolske olimpijske ceste pa imata veliko skupnega.

Celotna Autoscope oprema je bila inštalirana v mesecu maju. Kasneje sta se podjetje KIA in mesto Seul dogovorila še za inštalacijo dodatnih 57 MVP krmilnikov in 316 kamer. Od leta 1995 so v Koreji za inteligentno transportno tehnologijo investirali okoli 720 milijonov ameriških dolarjev.

1.4 DODATNI (NOVEJŠI) IZBRANI PRIMERI

1.4.1 Nadzorni prometni centri



Slika 6: Primer prometnega nadzornega centra (nekoč – nedavno)

AVI/AVL: *Automatic Vehicle Detection* (avtomatska detekcija vozil)

GDS GIS Info: *Graphic Data System Geographic Information Systems* (interaktivni grafični GIS sistemi)



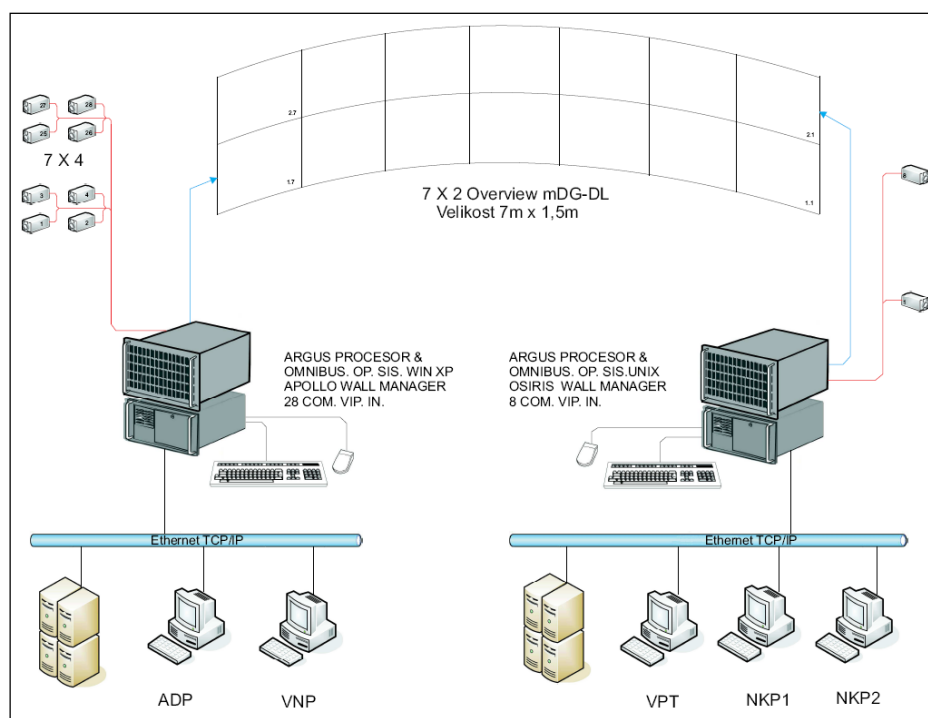
Slika 7: Stenski prikazovalnik Barco (spodaj), SCADA (sredina) in analogni monitorji (zgoraj) v NC Vransko (danes)

SCADA: *Supervisory Control And Data Acquisition*

Slika 7 prikazuje pogled na prikazovalnike s strani operaterja v nadzornem centru Vransko, ki je del sistema za vodenje prometa na AC odseku Blagovica-Vransko, ti. sistem TPV (Trojane–Podmilj–Vransko). Zgoraj so analogni monitorji za prikaz alarmov. V normalnem stanju alarmni monitor ne prikazuje ničesar (črna slika), ko pa se sproži alarm, začne prikazovati sliko ustrezne kamere. Pod njimi se nahaja stenski prikazovalnik: v zgornjem delu je aplikacija za upravljanje s pametno cesto, pod njo pa prikaz 28 slik iz sistema.

Sistem TPV je bil za promet odprt v drugi polovici l. 2005. Po otvoritvi je bila s tem odsekom sklenjena AC povezava Maribor - Ljubljana - Koper. V sistem sta vključena predora Trojane in Podmilj ter nadzorni center Vransko. Oba predora sta dvocevna dvopasovna. Predor Trojane je najdaljši dvocevni predor v Sloveniji z dolžino leve cevi 2840 m in desne cevi 2931 m. Predor Podmilj je precej krajši, cevi sta dolgi 613 m in 622 m. Predora imata pred vhodi postavljene pogonske centrale: Trojane na obeh straneh (vzhodni in zahodni), Podmilj pa samo na zahodni strani.

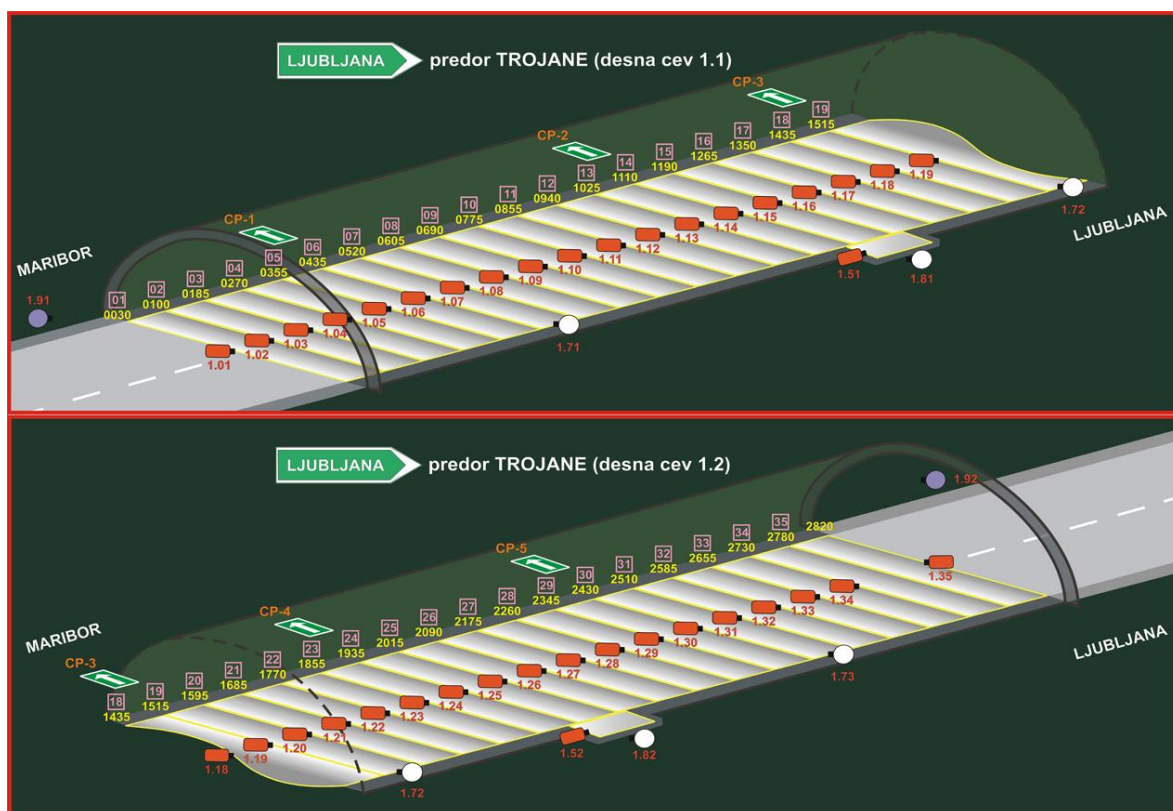
Shema celotnega stenskega prikazovalnika v NC Vransko je prikazana na sliki 8. Spodnja polovica celotnega zaslona je namenjena prikazu slik, zgornja polovica pa aplikaciji za upravljanje pametne ceste. Tako se namreč imenuje ta odsek ceste, saj je opremljen z video-nadzornimi kamerami in informacijskimi portali za obveščanje voznikov. Na vsakem modulu so prikazane 4 slike, vseh skupaj je tako 28. Za prikaz alarmov so namenjeni dodatni analogni monitorji, ki so nameščeni nad stenskim prikazovalnikom.



Slika 8: Shema sistema stenskega prikaza v NC centru Vransko

Sistem TPV zajema 111 kamer iz predorov in 22 vrtljivih kamer z avtoceste. V predoru Trojane je skupno 75 kamer za detekcijo, od teh 71 nad cestiščem, 4 pa v odstavnihih nišah. Desna cev ima zaradi krajše dolžine eno kamero manj. Poleg teh kamer je v vsaki cevi še pet vrtljivih kamer za pregled prečnikov. Za nadzor vhodov v cevi sta na vsaki strani vhodov v cevi še dve vrtljivi kameri. Predor Podmilj ima 16 detekcijskih kamer, ki se nahajajo nad cestiščem. V vsaki cevi je še ena vrtljiva za nadzor prečnika. Pred predorom sta na vsaki

strani še dve vrtljivi kameri za nadzor vhodov v cevi. Na sliki 9 je prikazan razpored kamer v desni cevi trojanskega predora. Z rdečo barvo so označene kamere za avtomatsko detekcijo prometa. Z belo barvo so označene notranje vrtljive kamere, z vijoličasto pa zunanje vrtljive kamere.



Slika 9: Razpored kamer v desni cevi trojanskega predora.

V sistem TPV sodita tudi predora, Ločica in Jasovnik, ki sta odprta že od l. 2002. Podsystem video-nadzora LVJ (Ločica-Jasovnik-Vransko) je v celoti analogen z TPV, kar pomeni, da se slike od kamer prenašajo po optičnih vlaknih do pogonskih central in naprej do nadzornega centra Vransko. V nadzornem centru se nahajajo matrice za preklapljanje slik na analognih monitorjih. Tudi snemalniki se nahajajo v nadzornem centru in snemajo analogne slike na trde diske, od koder jih je možno predvajati na nadzornem računalniku.

Poleg predorskega dela se v nadzornem centru Vransko nadzira tudi del trase avtoceste med cestninskima postajama Vransko in Kompolje. V tem delu je postavljenih 22 vrtljivih PTZ kamer. Kamere pokrivajo 360° v vodoravni smeri in 180° v navpični smeri, poleg tega kamera omogoča tudi 22-kratno povečavo.

Na sliki 10 so prikazane slike iz vrtljivih kamer centra vodenja Vransko: na levi sliki je pogled na zahodni portal, na desni pa na vzhodni portal predora Trojane.



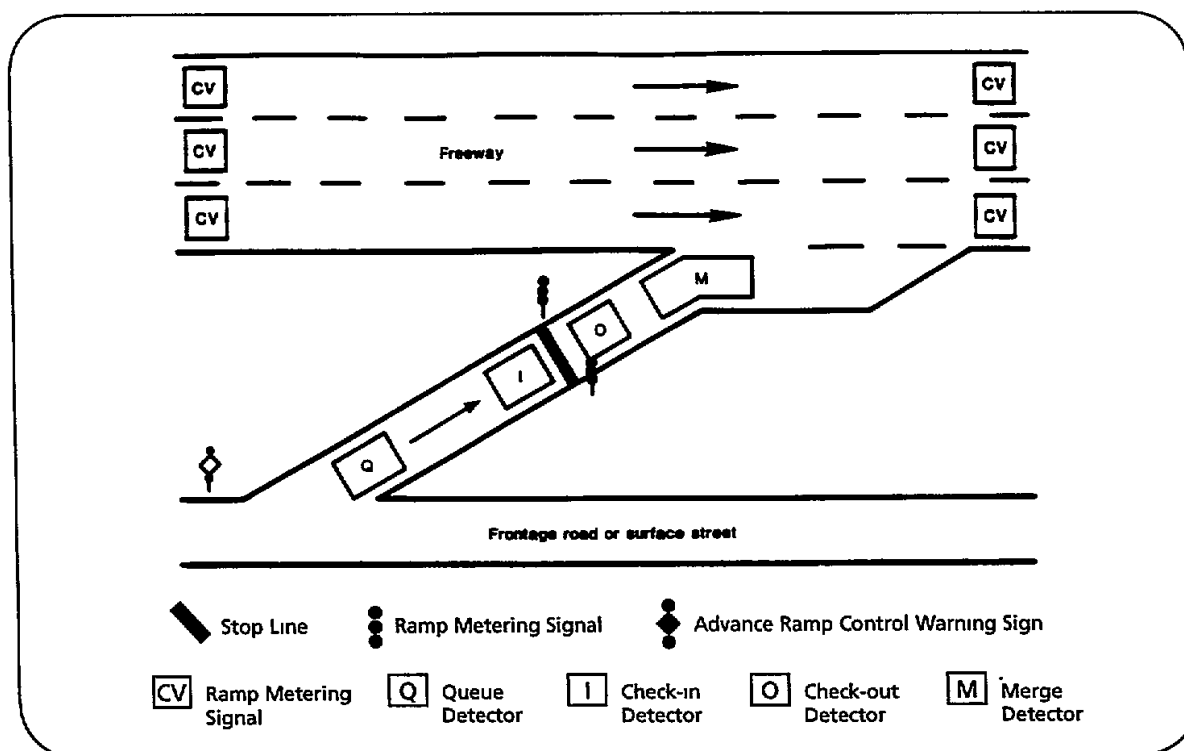
Slika 10: Slike iz vrtljivih kamer; levo zahodni portal, desno vzhodni portal predora Trojane

Strojna oprema:

- Strežniki: komunikacijski strežnik za video-detekcijo, strežnik za izdelavo sporočil, aplikativni strežnik npr., SCADA, podatkovni strežnik, ki omogočajo:
 - zajem in obdelavo podatkov;
 - vzdrževanje baze podatkov;
 - varnost podatkov;
 - zaščito pred izgubo podatkov;
 - namestitvev, testiranje, zagon in nadgradnjo računalniške aplikacije;
 - komunikacijo z ostalimi komponentami znotraj in zunaj NC centra.
- Delovne postaje: namenjene delu operaterjev v NC centru.
- Monitorji: za prikaz video slik za video nadzor.
- Veliki programabilni zaslon: omogoča prikaz grafičnega vmesnika, preko katerega je omogočen enostaven nadzor in upravljanje s sistemom. Omogoča prikaz več oken hkrati. Veliki programabilni zaslon omogoča prikaz signalov iz različnih virov: grafičnih in video (video kamera, TV signal, video rekorder, ipd.) z možnostjo spremembe njihovega položaja in velikosti. Stenski prikazovalnik zagotavlja prikaz vhodnih signalov v realnem času, v enaki ali boljši ločljivosti (resoluciji) od originalnega signala in odličen prikaz slik na zaslonu pri normalni osvetlitvi prostora.
- Lokalno komunikacijsko omrežje: omogoča komunikacijo med posameznimi komponentami oz. napravami znotraj NC centra.
- Periferna računalniška oprema (tiskalniki, modemi, itd.).

1.4.2 Doziranje prometa (*Ramp metering*)

Ideja in princip doziranja prometa je prikazan na sliki 11.



Slika 11: Primer sistema za doziranje (ramp metering)

1.4.2.1 Motivacija in potencialne koristi doziranja prometa

Kot v vseh drugih tehnologijah obstaja med metodološkim napredkom in implementacijami v prakso v primeru doziranja prometa določena vrzel. Ta vrzel ima tendenco, da se povečuje ko metode postajajo bolj sofisticirane, toda tudi bolj učinkovite. Evropa ima vodilno vlogo v smislu metodoloških napredkov, toda število operativnih dozirnih sistemov (manj kot 100 v celoti) je precej manjše kot v ZDA (približno 2500, od tega ~ 800 v Los Angeles-u in ~ 400 v Minneapolis-u) [19]. Velika večina instalacij v svetu uporablja lokalne strategije. Drugo področje velike praktične relevantnosti je povezava doziranja s signalizacijo na urbani cestni mreži v soseski. Dozirni sistemi so običajno koncipirani tako, da lahko zadržijo zadostno veliko število vozil, s čemer se kolonam na uvoznici prepreči 'razlitje' vozil nazaj urbana križišča. Težave nastopajo pri izvozih iz avtoceste. Zaradi pomanjkljivih (ali neobstoječih) povezav (koordinacije) s signalizacijo v urbanih križiščih niže v prometnem toku, zelo pogosto pride do izliva kolone iz izvoznice nazaj na avtocesto, ob znatnih negativnih učinkih na prometno varnost in dosežen nivo uslug ceste (predvsem prepustnost ceste in povprečno potovalno hitrost vozil).

1.4.2.2 Strategije doziranja in algoritmi

Lokalne dozirne strategije temeljijo na merjenju prometa v realnem času v bližini avtocest (in hitrih cest) za izračun primernih tokov na uvozu ali izvozu. Te strategije se aktivirajo v

vsakem časovnem intervalu T , katerih vrednosti se tipično izbira v obsegu 20 do 60 s. Bolj specifično, ob zaključku vsake tekoče periode T , časovno povprečene meritve prometnega toka in zasedenosti ali hitrosti iz končane periode, se uporabljajo za izračun (s pomočjo ustrezne strategije) pretoka na uvoznici, ki se uporabi v periodi, ki sledi. Najbolj priljubljene lokalne strategije so: strategija zahteva (povpraševanje)-kapaciteta (DC - demand-capacity), strategija zasedenosti (OCC - *occupancy strategy*), RWS strategija, ALINEA in njene izpeljanke. Drugi pristopi so osnovani na nevronskih mrežah in mehki logiki (FUZZY strategy).

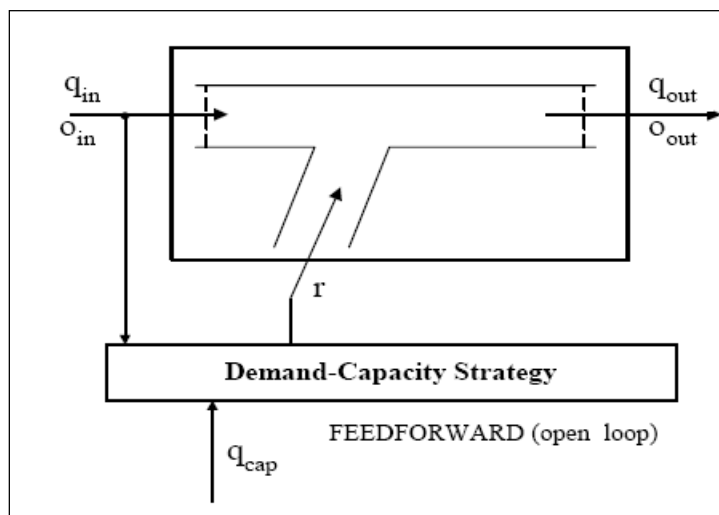
1.4.2.3 Strategija zahteva-kapaciteta

DC (*demand-capacity*) strategija je formulirana z naslednjima enačbama:

$$r(k) = \begin{cases} q_{cap} - q_{in}(k-1) & \text{če } o_{in}(k) \leq o_{cr} \\ r_{min} & \text{sicer} \end{cases},$$

kjer je (slika 6):

- $k = 1, 2, \dots$ diskretni časovni indeks;
- $r(k)$ pretok na uvozu (v voz/h), ki naj bi se uporabil v času naslednje (nove) periode k ;
- $q_{in}(k-1)$ zadnji merjeni pretok merjen na lokaciji niže od rampe gledano v smeri (upstream) prihajajočega toka vozil (v voz/h) in vključuje vse vozne pasove;
- $o_{in}(k-1)$ zadnja 'upstream' merjena zasedenost (v %), povprečje vseh voznih pasov;
- q_{cap} je kapaciteta avtoceste naprej ('downstream') od priključka;
- r_{min} je minimalni sprejemljiv pretok na uvoznici;
- o_{cr} je kritična 'downstream' zasedenost (kjer postane pretok maksimalen).



Slika 12: Lokalna DC strategija doziranja

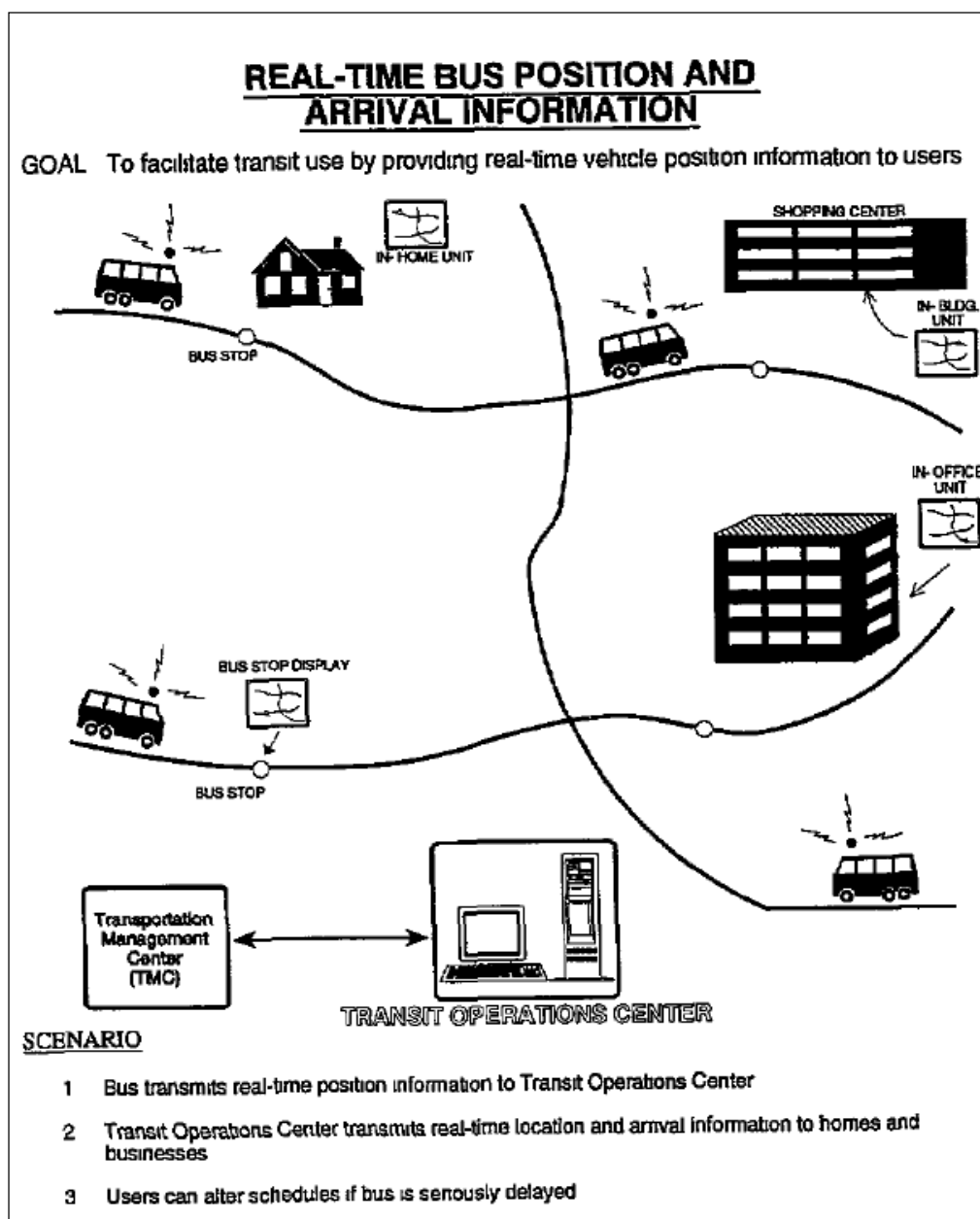
DC strategija poskuša dodati 'upstream' pretoku $q_{in}(k-1)$ toliko pretoka $r(k)$ iz uvoza kot je potrebno, da se še ne doseže znana 'downstream' kapaciteta avtoceste (slika 12). Če pa se zadnja 'upstream' zasedenost $o_{in}(k-1)$, iz katerega koli vzroka, poveča nad kritično (tj., ko avtocesta postane prenatrpana), se pretok $r(k)$ na uvozu zniža na minimalen pretok r_{min} , s čemer se izogne nastanku prometnega zastoja ali odpravi očitni prometni zamašek. Končno,

da ne bi prišlo do zaprtja dozirnega sistema, se pretok $r(k)$ v gornjih enačbah preseka, če je manjši od r_{min} .

Kar se dejansko želi kontrolirati so prometni pogoji na avtocesti naprej (downstream) od uvoza. To pomeni, da se mora, za pravo strategijo s povratno zanko (feedback control), vključiti meritve prometnih pogojev pod nadzorom, sicer je strategija neobčutljiva kar se tiče kontrole izhoda. Ker so gornje enačbe osnovane na merjenju 'upstream' pretoka $q_{in}(k-1)$, DC strategija ni zaprto-zančna ampak odprto-zančna shema odpravljanja motenj, ki je znano precej občutljiva na različne druge nemerljive motnje (npr., počasno vozilo, povratni udarni val, težave pri zlivanju, ipd.)

- 1) Ramp Management and Control Handbook, US DoT, FHWA, januar 2006;
- 2) Glej www.euramp.org za prostodostopne dokumente;
- 3) Valič M.I., Dimc F., Jenček P., Bezek V., Dornič P., Middelham F.: *Doziran dostop tovornega prometa na koprski obvoznici*, raziskovalni projekt MZP sofinanciran s strani EU, odg. vodja Valič M.I., končno poročilo, 2007, št. str. 60;
- 4) Valič M.I., Dimc F., Jenček P., Bezek V., Dornič P., Middelham F.: *Doziran dostop tovornega prometa na koprski obvoznici*, 15-th International Symposium on Electronics in Traffic, ISEP 2007, Applications of intelligent transport systems, Proceedings, Ljubljana 2007, št. str. 6;

1.4.3 Lokacija in prihodi avtobusov v realnem času



Slika 13: Aplikacija informacijskega sistema v urbanem območju

1. Smith H.R., Hemilly B., Ivanovic M.: Transit signal priority (TSP): A planning and Implementation Handbook, USA DoT (May 2005);
2. Dion F., Rakha H.: Integration of transit signal priority within adaptive traffic signal control systems, TRB, CD-ROM, Washington, D.C., January 2005;
3. Liao, C.-F., Davi G.A, Iyer I.: A Bus Signal Priority System Using Automatic Vehicle Location / Global Position Systems and Wireless Communication Systems, Final report, Report CTS 08-18, ITS Institute, Center for Transportation Studies, University of Minnesota (Dec., 2008);
4. Žagar S., Pavlič A.: Implementation status report on the equipment of 210 buses and 15 intersections with ZigBee (DSRC), CIVITAS Elan Deliverable 8.1- D1, (12/10/2012);
5. Dimc F., Pečar M., Žagar Š., Dornič P., Valič M.I.: An evaluation of bus priority pilot application for efficient bus service in Ljubljana, 21-st International Symposium on Electronics in Traffic, ISEP 2013, Applications of intelligent transport systems, Proceedings, Ljubljana 2013, št. str. 9;

1.4.4 Integralni informacijski sistem v vozilu



Slika 14: Integralni informacijski sistem v vozilu naslednje generacije