

DIGITALIZACIJA SLOVENSКИH AVTOCEST – UVAJANJE C-ITS

mag. Zvonko Zavasnik, Branko Nastran, mag. Ulrich Zorin, DARS d.d.

Povzetek

Digitalizacija avtocest je zagotovo prihodnost varne mobilnosti in hkrati velika naloga, ki je pred DARS. Implementacija C-ITS sistemov in interoperabilnih C-ITS storitev v Sloveniji je pomemben korak v smeri digitalizacije slovenskega avtocestnega omrežja, ki ga upravlja družba DARS. DARS, kot upravljavec avtocest in hitrih cest v Sloveniji, upravlja in vzdržuje 623 kilometrov avtocest in hitrih cest, 146 kilometrov priključkov, 22 kilometrov razcepov in 51 kilometrov servisnih poti. Večina tega omrežja je tudi del evropskih transportnih koridorjev, kar pomeni, da imamo opravka z zelo gostim prometom, z velikim deležem tovornega prometa. Prav zato je digitalizacija avtocest še toliko bolj pomembna. Proces digitalizacije se izvaja v okviru projekta C-Roads in sicer na avtocestnem odseku Postojna – Divača, kje v okviru pilota testiramo opremo in komunikacijo vozil z avtocestno opremo.

DIGITALIZATION OF SLOVENIAN HIGHWAYS - INTRODUCING C-ITS

Abstract

Digitization of highways is certainly the future of safe mobility and, at the same time, a big task ahead of DARS. The implementation of C-ITS systems and interoperable C-ITS services in Slovenia is an important step towards the digitization of the Slovenian highway network, which is managed by DARS. DARS, as the operator of motorways and expressways in Slovenia, manages and maintains 623 kilometers of motorways and expressways, 146 kilometers of interchanges, 22 kilometers of junctions and 51 kilometers of service routes. Most of this network is also part of the European transport corridors, which means that we are dealing with very dense traffic, with a large share of freight traffic. This is why the digitization of highways is even more important. The digitization process is carried out within the framework of the C-Roads project, namely on the highway section Postojna - Divača, where, as part of the pilot, we test the equipment and the communication of vehicles with the highway equipment.

1 Uvod

Dars gradi C-ITS v sodelovanju z drugimi državami v okviru evropskih projektov C-Roads. V okviru teh projektov združuje tri ključne sisteme digitalne infrastrukture za posredovanje signalizacije in drugih obvestil voznikom: predorski sistemi, sistemi spremenljive prometne signalizacije s pripadajočimi senzorji, sistem za obveščanje.

Skozi vzpostavljanje celovitega in povezanega sistema vzdrževanja avtocest, vodenja prometa in upravljanja s fizično in digitalno infrastrukturo so se pri preobrazbi v sodobne sisteme kot najbolj pomembne pokazale naslednje predpostavke:

1. Gradnja vsakega podsistema mora zagotoviti največjo možno učinkovitost in strokovnost, neodvisnost ter hkrati povezljivost.
2. Podporne sisteme je potrebno razvijati v obliki, ki bo zagotavljala uporabo vsem sistemom na elementarni ravni.
3. Gradnja enotnega sistema mora biti modularna, s čimer zagotovimo prilagodljivost hitremu razvoju na področju digitalizacije.

Ad 1

Dars poleg fizične signalizacije v okviru upravljanja prometa že dlje časa razvija sisteme, ki jih za nadzor in vodenje prometa (Traffic Management) uporabljajo nadzorni centri, za obveščanje pa Prometnoinformacijski center.

Za vsak predor na slovenskem avtocestnem omrežju je razvit samostojni sistem upravljanja s predorom, ki upošteva posebnosti vsakega od njih, vsi pa so povezani v enoten predorski sistem.

Za vsak avtocestni odsek, kjer je bilo strokovno ocenjeno, da obstaja varnostno tveganje, je bil razvit samostojen sistem za nadzor in vodenje prometa. Vsi so povezani v enoten sistem za nadzor in vodenje prometa, prilagojen potrebam in posebnostim posameznemu regionalnemu nadzornemu centru.

Vsak predorski sistem je na osnovni ravni povezan s sistemom za nadzor in vodenje prometa, da lahko ob dogodkih na avtocesti delujeta usklajeno.

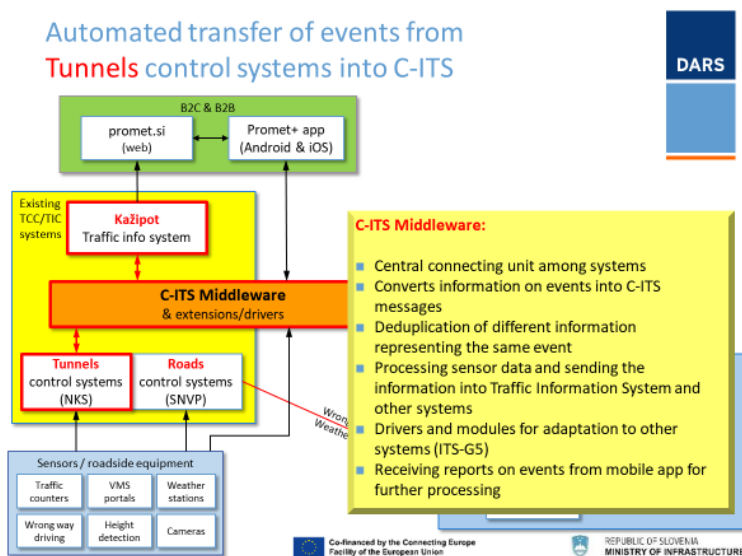
Iz obeh sistemov in drugih virov prejema informacije sistem za prometne informacije, ki na ravni komuniciranja z vozniki obdeluje prejete informacije in jih prek različnih orodij (e-pošta, web services, sms obvestila, app za pametne telefone, internet, Datex servisi itd.) posreduje voznikom.

Ad 2.

Vsi trije omenjeni sistemi, vsak za svoje potrebe, črpajo podatke iz cestnih in občestnih naprav (npr. vremenskih postaj, kamer, števecv prometa ter drugih senzorjev in naprav). Vsaka je postavljena tako, da omogoča zajem vseh podatkov v standardiziranih oblikah, ki jih potem posamezni sistemi obdelajo in uporabijo za svoje potrebe.

Ad 3.

Tri omenjene sisteme smo tudi definirali kot ključne pri nadaljnjem razvoju in pred začetkom vzpostavljanja C-ITS. To nam je omogočilo gradnjo enovitega sistema in hkratno pilotno testiranje različnih komunikacijskih tehnologij (mikrovalovne G5 in mobilne 3g/4g/LTE). Obe komunikacijski tehnologiji sta bili med drugim hkrati preizkušeni na avtocestnih odsekih, kjer se v zimskem času največkrat pojavlja močno sneženje, ki ga spremljata močan veter in hitre spremembe temperature.



Slika 1: Avtomatski prenos dogodkov iz tunelskih sistemov v C-ITS sistem

2 Pilotna implementacija C-ITS prek mikrovalovne komunikacije G5

Z namenom izboljšanja prometne varnosti, pretočnosti prometa in posredovanja prometnih informacij v realnem času je potrebno neposredno vzajemno delovanje vozil in cestne infrastrukture. Tovrstno vzajemno delovanje spada na področje kooperativnih inteligentnih transportnih sistemov (Cooperative Intelligent Transport Systems – C-ITS), ki bodo udeležencem v cestnem prometu in upravljavcem prometa omogočili izmenjavo informacij ter usklajevanje ukrepov. To predstavlja skupek tehnologij, ki omogočajo vozilom, da se povežejo med seboj direktno ali preko infrastrukture z namenom zaznavanja, deljenja in prejemanja prometnih podatkov. Komunikacija med vozili, infrastrukturo in ostalimi uporabniki cestne infrastrukture je bistvena za povečanje prometne varnosti še zlasti za prihajajoča vozila z avtonomno vožnjo in njihovo integracijo v transportne sisteme. Republika Slovenija je članica EU iniciative C-Roads (www.c-roads.eu), ki pripravlja podlage za testiranje in implementacijo C-ITS storitev s poudarkom na meddržavni harmonizaciji in interoperabilnosti, kar je podlaga za implementacijo avtonomne vožnje.

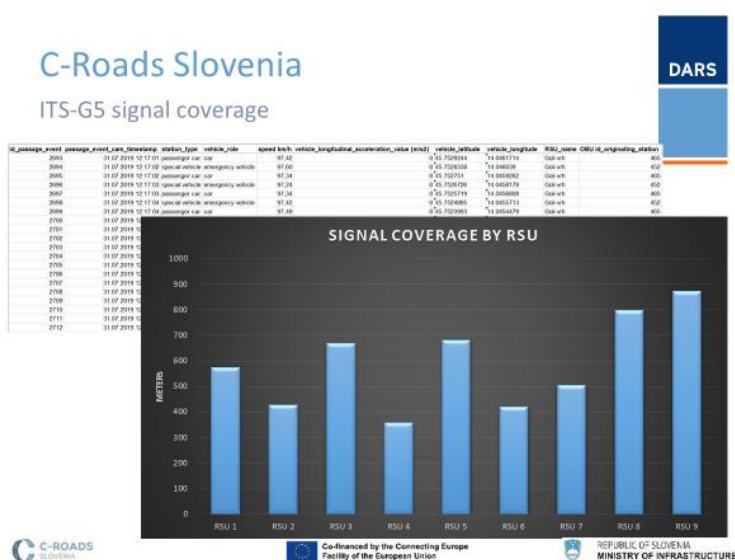
Pilotni projekt za implementacijo C-ITS storitev v Sloveniji se izvaja na avtocestnem odseku Postojna – Divača (zahodni del Slovenije). Odsek je bil izbran za testiranje zaradi tamkajšnjih pojavov ekstremnih vremenskih razmer (megla, močan veter, sneg), ki so že privedle do nekaterih hudih prometnih nesreč. V sklopu projekta je izvedena postavitve devetih fiksnih in ene mobilne občestne enote (RSU), ki prenašajo informacije med vozili in infrastrukturo preko mikrovalovne tehnologije ITS G5. Na ta način prejema vozniki informacije iz nabora naslednjih storitev:

- dela na cesti: zapora voznega pasu ali posameznih voznih pasov, obveščanje o predvidenih zaporah ceste,
- obveščanje o nevarnih lokacijah: prometna nesreča, vožnja v nasprotni smeri, prometni zastoj, stoječe vozilo, zmanjšana vidljivost, opozorilo o slabih vremenskih pogojih, spolzko cestišče, oseba ali žival na cestišču, ovira na cestišču,
- prenos prometne signalizacije v vozilo: informacije o dinamičnih omejitvah hitrosti, prikaz besedila z VMS portalov (besedilna sporočila), ostale znakovne informacije, nasveti glede prehitevanja, uporabe določenih voznih pasov.



Slika 2: Potrebna oprema pred izvozom Razdrto

V okviru postavitve sistema je bila izvedena tudi evalvacija dosega mikrovalovne komunikacije s posamezne občestne naprave.



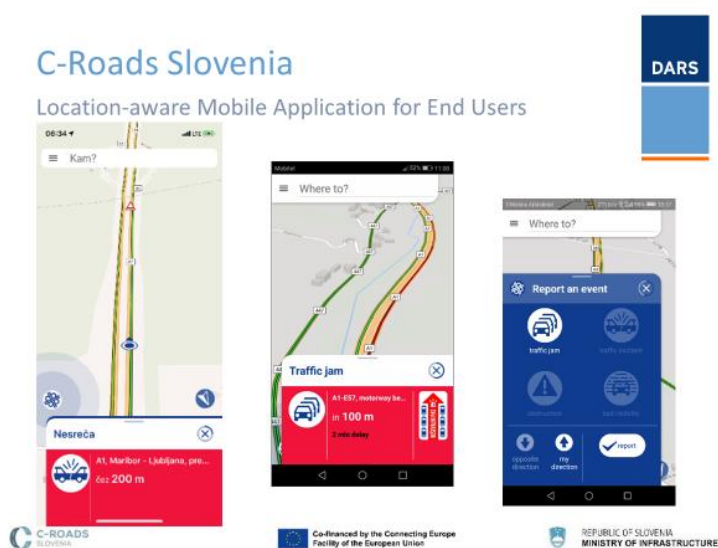
Slika 3: Rezultati sodega mikrovalovne komunikacije za posamezne občestne naprave

3 Mobilna komunikacija

Za testiranje komuniciranja sistemov upravljavca avtoceste z vozili prek obstoječe komunikacijske mreže mobilnih operaterjev smo uporabili sistem za prometne informacije in obstoječo aplikacijo za mobilne naprave.

V okviru sistema za prometne informacije smo razvili vmesnik, kot prvo stopnjo hibridne rešitve. To nam je omogočilo nadaljnji usklajen razvoj C-ITS s kasnejšim dodajanjem IP BI in Central C-ITS Station.

Nadgradnjo aplikacije, ki je delovala kot OBU (On Board Unit) v C-ITS sistemu smo izvedli na podlagi testiranja uporabniške izkušnje in učinkovitosti delovanja na simulatorju vožnje.

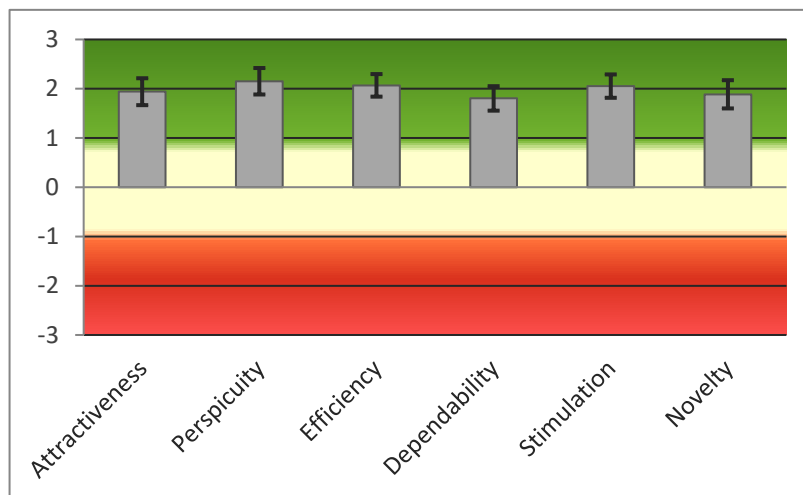


Slika 4: Prikaz informacij na mobilni aplikaciji Promet+

Po prenovi smo naredili novo preverjanje in analiza podatkov podaja pozitivne ocene prenovljene mobilne aplikacije Promet+. Uporabniška izkušnja mobilne aplikacije je dobra. Uporabniško izkušnjo z vidika uporabe interaktivnega produkta razlagamo kot kakšen občutek podaja produkt ob držanju v roki, kako uporabniki razumejo njegovo delovanje, kakšne občutke vzbuja uporaba produkta, kako dobro služi svojemu namenu oz. kontekst uporabe produkta. Za merjenje uporabniške izkušnje smo uporabili standardizirani vprašalnik User Experience Questionnaire (v nadaljevanju UEQ) vprašalnik), ki omogoča preprosto podajanje občutkov, vtisov in mnenj o uporabi produktov. Vprašalnik je sestavljen iz 26 nasprotujočih besednih parov, povezanih s sedem stopenjsko Likertovo lestvico. Vprašalnik na eni strani obravnava klasične vidike uporabnosti (npr. učinkovitost, jasnost, zanesljivost), na drugi pa vidike uporabniške izkušnje (npr. izvirnost, stimulacija). Rezultati so za vse voznike (N=33) prikazani v obliki šestih skal na spodnji tabeli.

UEQ skale	1. vožnja		2. vožnja		3. vožnja		4 vožnja	
	Pov. vr	SD	Pov. vr	SD	Pov. vr	SD	Pov. vr	SD
Privlačnost (ang. Attractiveness)	1,667	0,886	1,747	0,999	1,879	0,875	1,939	0,801
Razumljivost (ang. Perspicuity)	2,038	0,825	1,788	0,984	2,121	0,742	2,152	0,788
Učinkovitost (ang. Efficiency)	1,636	0,758	1,674	0,840	1,917	0,765	2,068	0,671
Zanesljivost (ang. Dependability)	1,144	0,988	1,197	1,011	1,462	0,778	1,803	0,728
Stimulativnost (ang. Stimulation)	1,833	0,672	1,841	0,958	1,917	0,757	2,053	0,695
Nôvost (ang. Novelty)	1,947	0,854	1,864	1,010	1,879	0,707	1,886	0,841

Tabela 1: Rezultati skal UEQ vprašalnika voženj v simulatorju vožnje



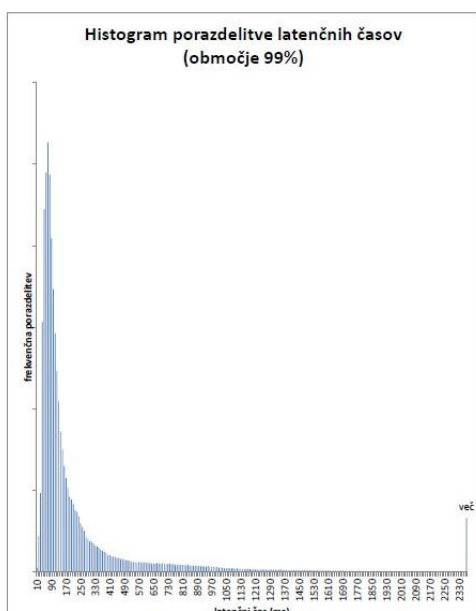
Graf 1: Graf skal UEQ vprašalnika četrte vožnje na simulatorju

V tabeli rezultatov UEQ skal opazimo, da se je privlačnost voženj večala s številom opravljenih voženj, najvišje vrednosti pa je dosegla prav pri vožnjah, v katerih so uporabniki uporabljali tudi mobilno aplikacijo Promet+. Torej v tretji in četrti vožnji. Najvišjo oceno je prejela četrta vožnja, ki je vsebovala največjo mero interakcije voznika z aplikacijo. Podoben trend rezultatov opazimo za skali razumljivosti in učinkovitosti, ki sta prav tako dosegli najvišjo vrednost v četrti vožnji ob največji interakciji voznika z aplikacijo. Posledično to pomeni, da z večkratno uporabo mobilne aplikacije Promet+, le ta postaja vedno bolj razumljiva in deluje po pričakovanih uporabnika. Kar vsekakor nakazuje dobro uporabniško izkušnjo in omogoča hitro učenje uporabe aplikacije. Iz skale zanesljivosti opažamo, da so imeli vozniki večji občutek varnosti in so svojo izkušnjo vožnje ocenili boljše, če so pri vožnji uporabljali aplikacijo Promet+. Obraten trend vrednosti skale pa opažamo pri skali novosti, ki nakazuje, da je največjo novost za uporabnike predstavljal sam simulator vožnje, katerega so večino uporabljali prvič. Dodatna uporaba mobilne aplikacije pa je ponovno povečala vrednost skale novosti.

Večina udeležencev se je opredelila za to, da imajo prikazana obvestila v aplikaciji tudi zvočno opozorilo, a količina zvočnih opozoril ne sme postati preveč številčna. Prevelika količina zvočnih opozoril namreč postane preveč moteč faktor pri vožnji. Pozitivno je bilo sprejeto govorno opozorilo na dogodke, kjer so izpostavili, da vidijo najbolj primerno uporabo govornega sporočila pri dogodkih, ko je voznik opozorjen na voznika v napačni smeri vožnje na avtocesti in za vzpostavitev reševalnega pasu v primeru nesreče.

Izvedena je bila tudi tehnična analiza zanesljivosti in hitrosti oz. t. i. latenc prenosa informacij prek obstoječih omrežij 3g/4g/LTE.

V nadaljevanju je prikaz histograma frekvenčne porazdelitve (navpična os) sporočenih latenčnih časov (vodoravna os – podatki so navedeni v milisekundah). Prikazano je območje, znotraj katerega se nahaja 99% vrednosti. 1% izmerjenih časov presega prikazano območje in je zajet v stolpcu »več«.



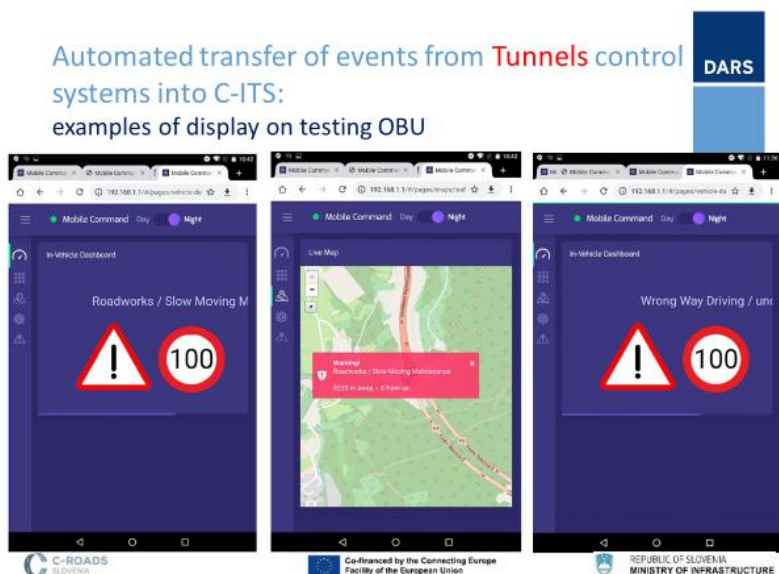
Graf 2: Frekvenčne porazdelitve sporočenih latenčnih časov

Integracija predorskih sistemov v C-ITS

Ker so na območju pogostega sneženja in močnega vetra prisotni tudi predori, smo v celotni sistem vključili tudi predore, in sicer na dva načina:

- Pred predore smo postavili občestne C-ITS naprave, ki izbrane informacije iz predorskega sistema pošljejo prek mikrovalovne zveze v avto.
- Informacije iz predorskih sistemov smo usposobili za uporabo v sistemu za obveščanje, ki jih prek enotnega C-ITS vmesnika (hibrida) pošilja v avtomobile prek 3g/4g/LTE komunikacije.

Tako signalizacija na portalih predorov in v predorih ni vidna samo fizično na avtocesti, temveč tudi virtualno v sodobnih avtomobilih oz. napravah v njih. Avtomobili, ki pa še niso opremljeni s takimi napravami, pa imajo enakovredno informacijo z uporabo naše app Promet+.



Slika 5: Prikaz informacij na mobilni aplikaciji Promet+ z vključitvijo predorskih sistemov

Predori predstavljajo pomemben gradnik prometne infrastrukture. Zaradi svoje specifikne predstavljajo tudi

potencialna mesta z visokim tveganjem za nastanek hudih prometnih nesreč, zlasti, če se tam pojavi požar. Iz teh razlogov je nujno izvajanje stalnega nadzora nad dogajanjem v predorih in hitro obveščanje voznikov o nevarnih situacijah. DARS ima v predorih vgrajene nadzorno krmilne sisteme, ki krmilijo podsisteme za zagotavljanje varnosti in pridobivajo informacije o dogodkih v predoru. Te informacije se prenašajo v nadzorni center, kjer jih nadzorniki posredujejo voznikom.

Osrednje orodje nadzornikov prometa za obveščanje o prometnih dogodkih je informacijski sistem za obveščanje, imenovan Kažipot kot napredna aplikacija, v katero nadzorniki vnašajo podatke o dogodkih na avtocestah, hitrih cestah in v predorih. Takoj po vnosu v Kažipot se informacije samodejno objavijo na mnogih lastnih tradicionalnih in sodobnih orodjih (na spletni strani www.promet.si, teletekstu RTV Slovenija, telefonskem odzivniku, na mobilni aplikaciji Promet+, naročnikom po e-pošti). Preko samodejne elektronske pošte in t.i. web servisov jih prejme Policija - Operativni komunikacijski centri, Radio Slovenija ter več kot 40 drugih radijskih postaj, Direkcija RS za ceste in druge spletne strani.

Z namenom hitrega in točnega obveščanja o nevarnih dogodkih je bil v letu 2020 na območju nadzornega centra Kozina izveden prvi del projekta za avtomatski prenos dogodkov iz predorskih nadzorno krmilnih sistemov v sistem Kažipot in v sistem C-ITS. Avtomatski vpis dogodkov v Kažipot omogoča hitrejše in bolj ažurno obveščanje udeležencev v prometu, po drugi strani pa omogoča nadzornikom, da se lahko bolj posvetijo reševanju kritičnih situacij v predoru v trenutku, ko je to najbolj potrebno. Vse to pomembno prispeva k povečanju varnosti in pretočnosti prometa.

Opisane izkušnje in sistematično testiranje povezljivosti in učinkovitosti obstoječih in novih sistemov nam je omogočilo pripravo enake povezave sistemov za nadzor in vodenje prometa oz. spremenljive prometne signalizacije v C-ITS. Vključno z mobilno signalizacijo na vzdrževalnih vozilih in vozilih cestninskega nadzora. S to izvedbo bomo dejansko omogočili t. i. virtualno spremenljivo prometno signalizacijo v vozilu.

4 Virtualna signalizacija

Sistem za nadzor in vodenje prometa, ki ga upravljajo nadzorniki prometa v nadzornih centrih, prejema različne podatke od naprav na avtocesti. Te podatke pretvarja v prometne vsebine in signalizacijo, ki se prikazuje na avtocestnih portalih.

V pripravi je prenos vsebine na avtocestnih portalih prek C-ITS neposredno v naprave v sodobnih vozilih, hkrati pa tudi prek sistemov v nadzornih centrih in v Prometnoinformacijskem centru v sodobne aplikacije za obveščanje voznikov. Prenos se bo, tako kot pri predorskih sistemih, izvedel na dva načina:

- S postavitvijo obcestnih C ITS naprav, ki izbrane informacije s spremenljive signalizacije pošljejo prek mikrovalovne zveze v avto.
- Informacije s spremenljive signalizacije bomo usposobili za uporabo v sistemu Kažipot, ki jih prek enotnega C ITS vmesnika (hibrida) pošilja v avtomobile prek 3g/4g/LTE komunikacije.

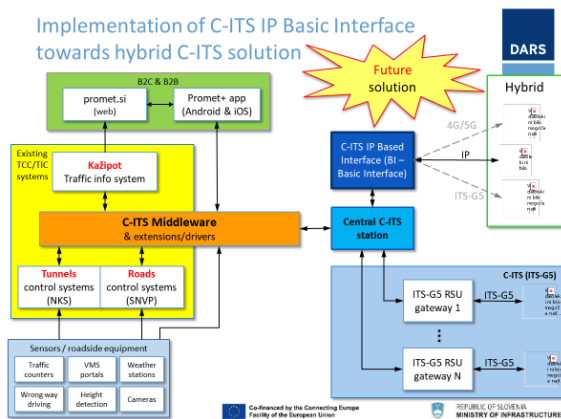
Na enak način je v načrtu tudi prenos vsebin iz premične signalizacije, ki jo prikazujejo vzdrževalna ali druga vozila na cesti.

Gre seveda za vzpostavitev t. i. virtualne signalizacije, ki doseže avto oz. voznika tudi v primeru, ko fizična signalizacija zaradi različnih razlogov (npr. zaradi zasneženosti, slabe vidljivosti) na cesti ni vidna.

S stališča Darsa so najpomembnejši dejavniki pri načrtovanju in implementaciji takega sistema:

- Modularna gradnja, kjer se pri vsakem elementu spremembe načrtujejo in izvajajo na nivoju, ki je najbolj optimalen za učinkovito uporabo in hkrati omogoča fleksibilnost sistema.

- Interoperabilnost, ki jo dosegamo z vključevanjem v skupne evropske projekte. V tem primeru v projekt C-Roads, kjer skupaj z drugimi evropskimi državami sooblikujemo mednarodne standarde, kar omogoča čezmejno usklajenost sistemov.
- Ohranjanje funkcij tradicionalnih ITS s povezovanjem v C-ITS, kjer ohranjamo maksimalni doseg in možnosti vodenja prometa v prihajajočem mešanem prometu, kjer bodo na cestah prisotna sodobna (avtonomna) vozila in starejša vozila, ki jih prek lastnih aplikacij lahko vključimo v t. i. povezano vožnjo.



Slika 6: Pretok informacij s hibridno C-ITS rešitvijo

5 Zaključek

Z nadaljnjim razvojem zgoraj opisanega sistema pričakujemo postopno vzporedno uvajanje avtonomnih vozil v »klasičen« prometni tok. Na ta način bo vozilom omogočena komunikacija v vseh vremenskih razmerah, tudi ekstremnih zimskih razmerah, kar bi moralo, vsaj po teoriji povečati prometno varnost in zmanjšati zaštoje. Kljub vsemu pa bo določena odgovornost še vedno ostala voznikova, predvsem kar se tiče opreme vozila, ki bo udeleženo v ekstremnih zimskih razmerah.

6 Viri in literatura

Alben, Lauralee. "Quality of Experience: Defining the Criteria for Effective Interaction Design." *Interactions* 3, no. 3 (May 1996): 11–15. doi:10.1145/235008.235010

UEQ - User Experience Questionnaire". <http://www.ueq-online.org/>