

Datum: 6. 9. 2024

Povezava: /

**Zadeva: Zaznavanje prometa s pomočjo optičnih vlaken
PROJEKTNA NALOGA****1. Uvod**

DARS uvaja nove sisteme, s katerimi optimizira ukrepe vodenja prometa na avtocestah. Zaznavanje dogodkov na avtocesti izvajamo s pomočjo različnih senzorjev, ki so montirani nad in ob avtocesto, nekateri tudi v vozišču. S sistemi detekcije prometa zaznavamo nesreče, vožnje v nasprotno smer, število in vrsto vozil, hitrost vozil, razdaljo med vozili, gostoto vozil, itd..

DARS je tudi upravljevalnik optičnega omrežja ob avtocesti, preko katerega poteka komunikacija med različnimi sistemi upravljanja, vzdrževanja in cestninjenja, prav tako se omrežje oddaja zunanjim podjetjem.

Z namenom optimalne uporabe obstoječega optičnega omrežja in njegove nadgradnje za namene dodatnih storitev vodenja prometa se bo izvedla nadgradnja dela omrežja. Nadgradnja temelji na uvedbi optične senzorike, ki bo zaznavala posebnosti v prometu in stanje prometa. Z novim, razvojno naravnanim projektom želimo z nadgradnjo obstoječega omrežja pridobiti dodatne podatke o prometu v realnem času, brez dodatnih nameščaj detektorjev in video kamer.

Sistem bo nameščen na ljubljanskem avtocestnem obroču, kjer imamo največ potreb po čimprejšnji zaznavi dogodkov na avtocesti.

Prednosti rešitve projekta

Zaradi značilnosti optičnega vlakna in optičnega signala, ki se širi v njem, ima tehnologija zaznavanja dogodkov s pomočjo optičnih vlaken veliko prednosti pred običajnimi vrstami senzorjev:

- velika razdalja zaznavanja prometa – nizko slabljenje v optičnem vlaknu omogoča širjenje svetlobe po optičnem vlaknu z veliko dolžino, kar pomeni, da lahko izkoristimo velike razdalje optičnih vlaken za namene zaznavanja prometa.
- visoka občutljivost zaznavanja – uporaba optičnih tehnik omogoča zaznavanje zelo majhnih odklonov normalnega prometnega stanja.
- nizka zakasnitev (podatki v realnem času) – signal potuje s svetlobno hitrostjo znotraj vlakna in ga je mogoče zaznati v realnem času, kar pomeni enormno prednost pri hitrosti zaznavanja dogodkov na avtocesti.
- visoka odpornost na elektromagnetne motnje - ker v optičnem vlaknu ni kovine tudi ni motenj delovanja sistema.
- veliko število zaznavnih točk na optičnih vlaknih – celotno optično vlakno deluje kot senzor, zaradi česar je enakovredno več sto senzorjem prometa.



Cilji projekta

- Cilj 1: hitrejšje zaznavanje anomalij v avtocestnem prometu.
- Cilj 2: hitrejšje odzivanje nadzornikov prometa na anomalije v avtocestnem prometu.
- Cilj 3: večja pretočnost in varnost avtocestnega prometa.
- Cilj 4: manjše onesnaževanje okolja.
- Cilj 5: pridobivanje podatkov o prometu na odsekih, kjer ni detektorjev prometa.
- Cilj 5: optimalna uporaba obstoječe infrastrukture.

2. Namen, kratek opis zahtev in cilji projekta

Namen projekta

Namen projekta je nadgradnja dela obstoječega optičnega omrežja v lasti DARS d.d. s sistemom optične senzorike prometnih dogodkov – **zaznavanje prometa s pomočjo optičnih vlaken**.

Z nadgradnjo omrežja optičnih vlaken bomo pridobili hitrejšje podatke o prometnih dogodkih (hitrost vozil, prometna nesreča), s katerimi bodo nadzorniki prometa hitreje reagirali in izvajali ukrepe vodenja prometa. Z večjo izkoriščenostjo obstoječega optičnega omrežja bomo pridobili podatke tudi na odsekih, kjer ni video kamer in detektorjev prometa ter tako še hitreje odreagirali na dogodke.

Opis obstoječega sistema in zahteve za vzpostavitev sistema zaznavanje prometa s pomočjo optičnih vlaken

Obstoječe omrežje optičnih kablov oziroma optičnih vlaken v upravljanju DARS d.d. je nameščen ob avtocestnem omrežju v Sloveniji. Projekt zaznavanja prometa s pomočjo optičnih vlaken se bo implementiral na odseku avtoceste okoli mesta Ljubljana (slika 1), kar je natančneje opisano v nadaljevanju.

Na AC obroču okoli Ljubljane je v optičnih kablilih na razpolago dovolj optičnih vlaken za dodatne storitve, kot je zaznavanje prometa s pomočjo optičnih vlaken.

a) Na razpolago je do 8 optičnih vlaken tipa ITU G.652.D:

- Mode field diameter at 1310 nm [mm] 9.2 ± 0.4
- Cladding diameter [mm] 125.0 ± 0.7
- Coating diameter [mm] 245 ± 5
- Attenuation at 1310 nm [dB/km] ≤ 0.36
- Attenuation at 1550 nm [dB/km] ≤ 0.22
- Attenuation at 1383 nm [dB/km] ≤ 0.36
- Dispersion in the range 1285 to 1330 nm [ps/(nm*km)] ≤ 3.5
- Dispersion at 1550 nm [ps/(nm*km)] ≤ 18
- Cable cutoff Wavelength (λ_{cc}) [nm] ≤ 1260
- Polarisation mode dispersion (PMDQ) $P_s/v \text{ km} < 0,20$

b) Na razpolago je do 8 optičnih vlaken tipa ITU G.655:

- Mode-field diameter (1550 nm) [mm] 9.6 ± 0.4
- Cladding diameter [mm] 125.0 ± 0.7
- Coating diameter [mm] 245 ± 5
- Effective Area (1550 nm) μm^2 72
- Max. attenuation at 1550 nm (non-cabled) [dB/km] ≤ 0.22
- Max. attenuation at 1550 nm [dB/km] ≤ 0.24

- Attenuation at 1383 nm (post Hydrogen aging) [dB/km] ≤ 0.5
- Attenuation at 1410 nm [dB/km] ≤ 0.34
- Attenuation at 1450 nm [dB/km] ≤ 0.28
- Average attenuation at 1550 nm [dB/km] 0.22
- Average attenuation at 1625 nm [dB/km] 0.24
- Total dispersion over the range 1530 to 1565 nm [ps/(nm*km)] 2.0 to 6.0
- Total dispersion over the range 1565 to 1625 nm [ps/(nm*km)] 4.5 to 11.2
- Effective group index of refraction (N_{eff}) at 1550 nm 1.468
- Effective group index of refraction (N_{eff}) at 1625 nm 1.469
- Cable cutoff wavelength (λ_{cc}) [nm] ≤ 1360
- PMD Link Design Value P_s/v_{km} $\leq 0.04^*$
- PMD Individual Fiber P_s/v_{km} ≤ 0.1

Dolžina optičnih kablov oziroma optičnih vlaken, kjer se bo implementiral nov sistem zaznavanja prometa, je 41 km. Upoštevana je trasa Regionalni nadzorni center Ljubljana (Dragomelj) – severna avtocestna obvoznica – avtocestna baza Ljubljana – južna avtocestna obvoznica - Regionalni nadzorni center Ljubljana Ljubljana (Dragomelj) (slika 1).

Optična vlakna so na lokacijah objektov Avtocestne baze (ACB) Ljubljana in Regionalni nadzorni center Ljubljana (Dragomelj) zaključena na optičnih delilnikih. Na trasi je 20 optičnih spojk, ki so v kabelskih jaških. Za nov sistem zaznavanje prometa s pomočjo optičnih vlaken se uporabi najbolj kakovostna optična vlakna.

Aktivna oprema se bo postavila in priključila na optična vlakna v objektih DARS - Regionalnega nadzornega centra Ljubljana (Dragomelj) ali na lokacij novega komunikacijskega centra na Griču 54 v Ljubljani.



Slika 1: Obravnavana trasa optičnega omrežja

Zaznavanje prometa s pomočjo optičnih vlaken

Optične komunikacije in tehnologije umetne inteligence (UI) sta področji, ki sta se v zadnjem letu s pomočjo strojnega učenja zelo razvili. Tehnologija zaznavanja optičnih vlaken izhaja iz modelov strojnega učenja sensorike optičnih vlaken. Tehnologija je že preizkušena na svetovni ravni in se uporablja za nadzor avtocestnega prometa.

Tehnologija zaznavanja sprememb sistema s pomočjo optičnih vlaken je sestavljena iz opreme senzorjev za merjenje različnih fizičnih parametrov na dolgi razdalji optičnih vlaken, analitičnih motorjev umetne

intelligence (UI), specifičnih za aplikacijo in intuitivnih grafičnih uporabniških vmesnikov (GU) na več platformah naprav.

Nova tehnologija ponuja nadgradnjo obstoječega optičnega sistema, saj omogoča učinkovito upravljanje in delovanje nabora razporejenih polj optičnih omrežij ter njihovo uporabo za ustvarjanje novih storitev nadzora in vodenja prometa, ki so neposredno povezana z varnostjo in vodenjem avtocestnega prometa.

Sama optična vlakna služijo kot senzorji, ki omogočajo linearno zaznavanje in ni potrebno dodatno napajanje. Z namestitvijo senzorske naprave iz optičnih vlaken na en konec optičnih vlaken lahko sistem zaznava tresljaje v razponu od 80 do 100 km (izguba optičnega kabla je manjša od 21 dB).

Zaznavanje tresljajev optičnih vlaken, položenih ob avtocesto, lahko uporabimo za zaznavanje prometnih zastojev, gostote prometa in drugih dogodkov na cestah s pomočjo strojnega učenja posebnih vzorcev vibracij.

Zahteve za tehnologijo zaznavanja prometa s pomočjo optičnih vlaken

Rešitev mora uporabljati porazdeljeno tehnologijo zaznavanja optičnih vlaken, ki temelji na povratnem sipanju, prek standardnih komunikacijskih vlaken. Načelo delovanja tehnologije temelji na povratnem pošiljanju signalov svetlobe sonde, ki se širi v jedru optičnega vlakna.

V tem sistemu se impulzna sondna laserska svetloba pošlje iz senzorja in potuje po zaznavnem vlaknu. Ko se svetloba širi vzdolž vlakna, se zaradi različnih fizikalnih principov ustvari majhno število povratnih sipanj. Del odbite razpršene svetlobe se širi v obratni smeri, imenovani "povratno sipanje", in potuje povratno do senzorja. Sprejmejo jih laserski fotodetektorji na sprejemniku in nato digitalizirajo za obdelavo in analizo signalov.

Dogodki se zaznavajo na razdalji do 10 metrov od lokacije optičnega kabla ob avtocesti z 95 % natančnostjo. Natančnost bo naročnik preveril v fazi poskusnega obdobja.

Dogodki, ki se morajo zaznati s tehnologijo zaznavanja prometa s pomočjo optičnih vlaken:

- povprečna hitrost vozil za vsak kilometer vsako minuto
- alarm: prometna nesreča – povprečna hitrost vozil pade na 0 km/h za vsak kilometer vsako minuto
- alarm: zastoj – povprečna hitrost vozil pade pod 25 km/h za vsak kilometer vsako minuto.

Dogodki se zaznajo in pošljejo v obstoječ centralni prometni informacijski sistem, ki se uporablja za vodenje prometa v Regionalnem nadzornem centru Ljubljana. Integracijo v sistem naročnika bo izvedel naročnik.

3. Roki za izvedbo in vzdrževanje sistema

Rok za izvedbo sistema je 4 mesece od podpisa pogodbe.

Izvajalec v roku 30 dni po prejemu sklenjene pogodbe izdela tehnični elaborat (TE) za tehnično rešitev sistema, ki zajema opis rešitve, popis strojne in programske opreme, obliko in nabor pričakovanih izhodnih signalov (podatkov), ki jih bo naročnik lahko uporabljal in s primernim uporabniškim vmesnikom vizualno spremljal ter analiziral. TE mora vsebovati tudi usposabljanje in šolanje naročnikovega strokovnega osebja (5 oseb).

Naročnik bo prejeto dokumentacijo pregledal in podal pripombe ter po dopolnitvah potrdil, če se bo z dokumentacijo strinjal v roku 30 dni (15 dni pregled/15 dni dopolnitve). Po potrjeni dokumentaciji se lahko sistem implementira. Rok za implementacijo sistema je 30 dni po potrditvi TE.

Poskusno obdobje je 30 dni. V tem času naročnik preveri pridobljene podatke in izda potrdilo o prevzemu sistema.

Garancijska doba sistema je 1 leto od izdanega potrdila o prevzemu del.

Faza projekta	Terminski plan
Tehnični elaborat sistema	30 dni po podpisu pogodbe
Pregled tehničnega elaborata (TE)	15 dni pregled/15 dni dopolnitve
Izvedba sistema	30 dni po potrditvi TE
Poskusno obdobje	30 dni po izvedbi sistema
Garancijsko obdobje HW/SW	1 leto po izdaji potrdila o prevzemu sistema
Vzdrževanje sistema	3 leta po poteku garancijske dobe

Vzdrževanje sistema

Vzdrževanje sistema traja 3 leta od poteka garancijske dobe. Oprema, ki je predmet vzdrževanja:

- HW - strojna oprema za porazdeljeno zaznavanje z optičnimi vlakni
- SW - programska aplikacija za pridobivanje in obdelavo natančnih analitskih podatkov.

Odzivni čas izvajalca (ki je 24 ur dosegljiv na kontaktni tel. številki) na vzdrževalna dela je 24 ur za SW napake in 4 dni za večje HW napake (odpoved glavnega HW dela).

4. Predana dokumentacija

K izdelavi celotnega projekta sodi tudi dokumentacija v slovenskem jeziku, ki mora biti predana naročniku po končanem poskusnem obdobju:

- o Tehnična dokumentacija sistema:
 - tehnični elaborat
 - splošna navodila, ki zajemajo:
 - navodila za uporabnike (osebje naročnika),
 - navodila za vzdrževanje sistema.

Ponudnik mora v okviru projekta zagotoviti tudi osnovno izobraževanje za strokovno osebje naročnika, ki bo uporabljal pridobljene podatke za namene vodenja prometa.