



ZAGREBAČKI HOLDING d.o.o.
Podružnica Zagrebački električni tramvaj
Centar za nadzor i upravljanje prometom



SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE PROMETOM

Damir Kočet, dipl. ing. prom.
Dinko Butković, dipl. ing. prom

Siječanj 2008.

ZAŠTO NOVI SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE PROMETOM?

Novi sustav za nadzor i upravljanje prometom treba omogućiti automatsko praćenje prometnog procesa u javnom prijevozu putnika (JPP) u Gradu Zagrebu putem:

- Automatskog lociranja (pozicioniranja) vozila na mreži prometnica u realnom vremenu
- Suvremene komunikacije između prometnog centra i vozila
- Audio-vizualnog informiranja putnika u tramvajima i autobusima
- Dinamičkog informiranja putnika o voznom redu na određenim stajalištima

TKO SVE I KAKO SUDJELUJE U PROJEKTU?

- ATRON = ZET-ov partner
- MOTOROLA – radio-komunikacijski sustav TETRA
- MICROLINK – mikro veze u radio-komunikacijskom sustavu
- PTV – Interplan, izrada voznog reda
- GORBA - displeji na stajalištima, unutarnji displeji u vozilima
- BELIŠĆE - displeji u vozilima
- GISDATA – prikaz mreže linija i položaja vozila na karti grada
- Scala - prijenos prikaza na 9 ekrana (Centar)

ŠTO RADI ATRONOV SUSTAV DEBAS?

- **ATRIES** – SRCE SUSTAVA, središnji program za unos svih podataka sa sučeljima prema sustavima planiranja i centralnom funkcijom za statistiku
 - Baza podataka
 - Distribucija plana
 - Realizacija plana
- **AVL** – program za upravljanje i nadzor prometa
 - FR City – putna računala u vozilima
 - Centar - prometnici
 - Info mjesta u pogonima kod dispečera
 - Prikazuje sve relevantne informacije o aktualnoj radnoj situaciji
 - Govorna komunikacija
- **DPI** – sustav za dinamičko informiranje putnika na stajalištima
- **WLAN (FunkLAN)** - prijenos podataka u/iz vozila u pogonima bežičnom lokalnom mrežom

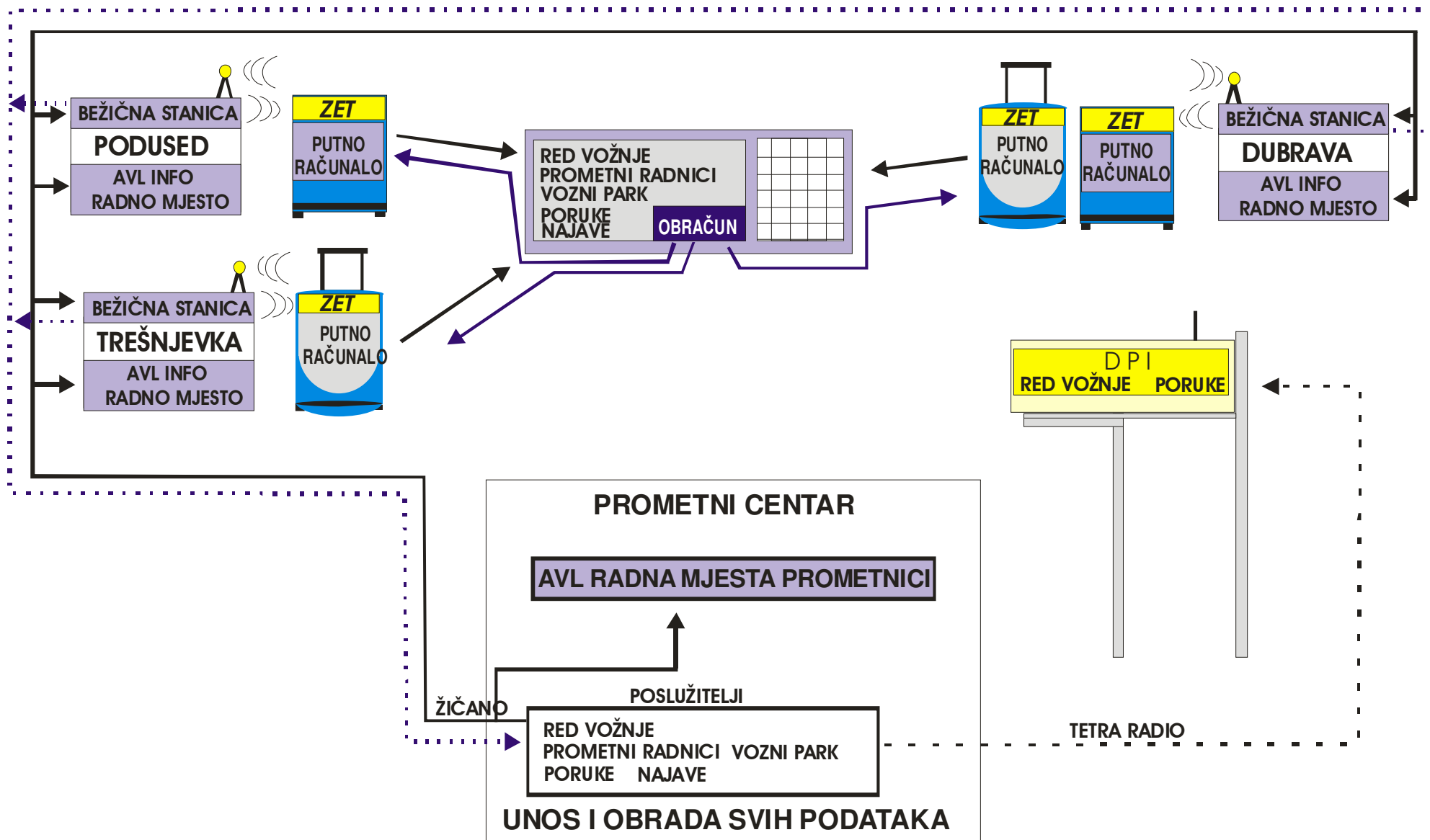
OPĆA KONCEPCIJA SUSTAVA

- Podaci o voznom redu preuzimaju se u ATRIES iz računalnog programa za izradu voznog reda PTV Interplan.
- Nakon izrade voznog reda u Interplanu, podaci o linijama, trasama, stajalištima, polascima, tipovima vozila i pogonima se generiraju i transferiraju u sustav ATRIES – središnji program.
- U ATRIESU se podaci iz Interplana spajaju s vlastitom bazom podataka (datum važenja voznog reda, garažni brojevi vozila, popis svih vozača i servisnih radnika ZET-a, popis svih radio stanica, nazivi za displeje vozila i stajališta, zvučne najave stajališta, koordinate stajališta (**GPS-Global Positioning System**) u jednu cjelinu.
- Nakon obrade ti se podaci šalju:
 - žičano do baznih stanica u pogonima, a od baznih stanica bežičnim putem (WLAN) u putna računala u vozila,
 - žičano u AVL,
 - radio vezom u displeje na stajalištima (DPI).
- Nakon što su podaci transferirani, sustav po datumu važenja automatski prelazi na novi vozni red, te počinje njegova primjena, praćenje i upravljanje.

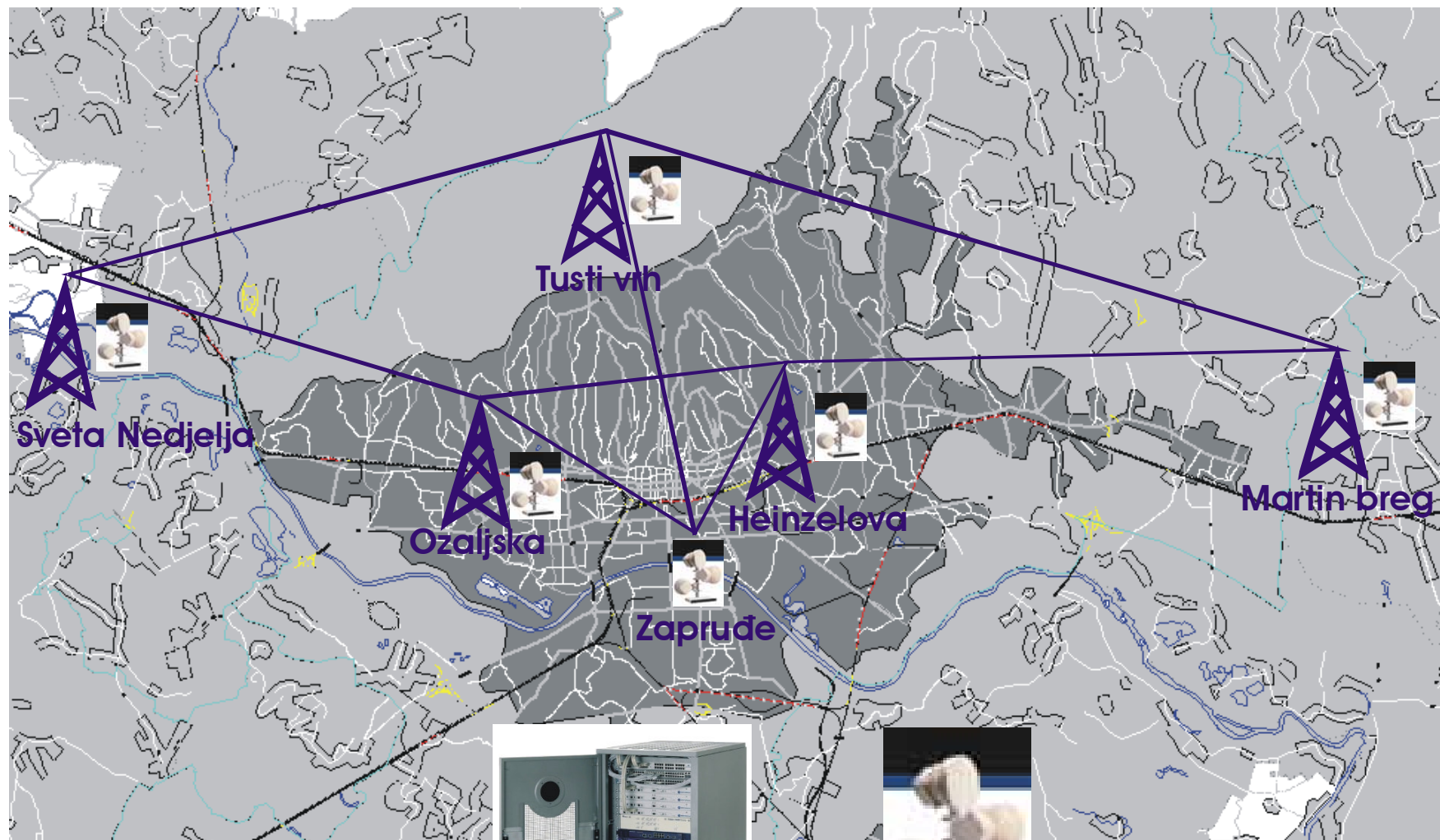
KONCEPCIJA KOMUNIKACIJE U SUSTAVU

- Komunikacija u sustavu temelji se na takozvanoj spontanoj radio-komunikaciji. Dok drugi sustavi ciklički pozivaju podatke iz vozila, u sustavu ATRIES prenose se samo odstupanja od zadanih parametara (odstupanja od voznog reda). Spontana radio-komunikacija temelji se na potpuno nezavisnom radu vozila (Atronovo putno računalo FR city) te je uslijed toga u mogućnosti prepoznati odstupanja od zadanih parametara i dojaviti ih centrali (server u Centru). Prikladni mehanizmi osiguravaju da vozila prosljeđuju sve nužne informacije (npr. početak smjene, kraj smjene itd.).
- Podatkovna i govorna komunikacija provodi se putem digitalnog radio-komunikacijskog sustava (TETRA- *Terrestrial Trunked Radio*).

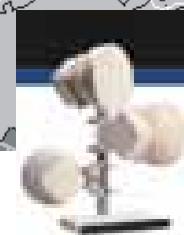
UNOS, OBRADA I PRIJENOS PODATAKA



DIGITALNA RADIJSKO KOMUNIKACIJSKA MREŽA

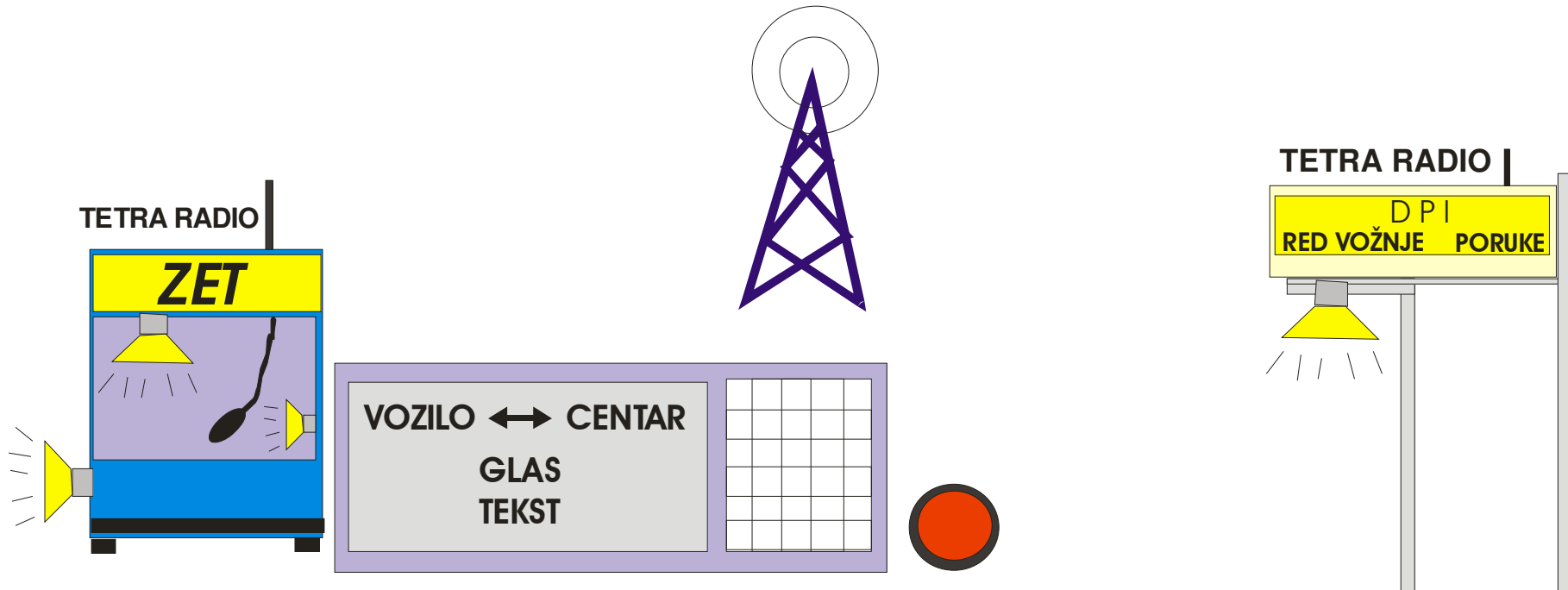


Motorola
Dimetra-IP TETRA system

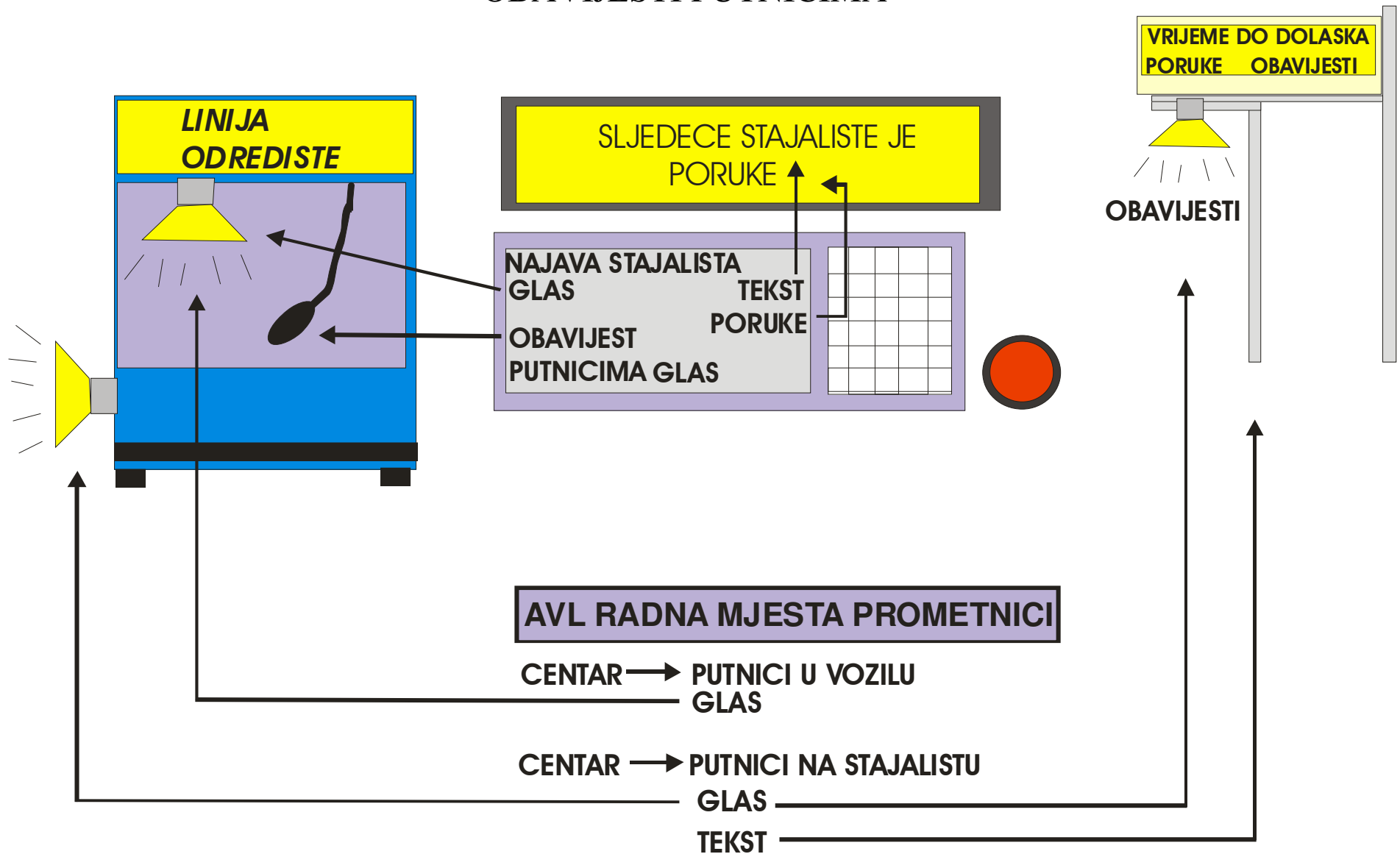


Stratex networks
Eclipse

KOMUNIKACIJA



OBAVIJESTI PUTNICIMA



Obavijesti putnicima mogu biti:

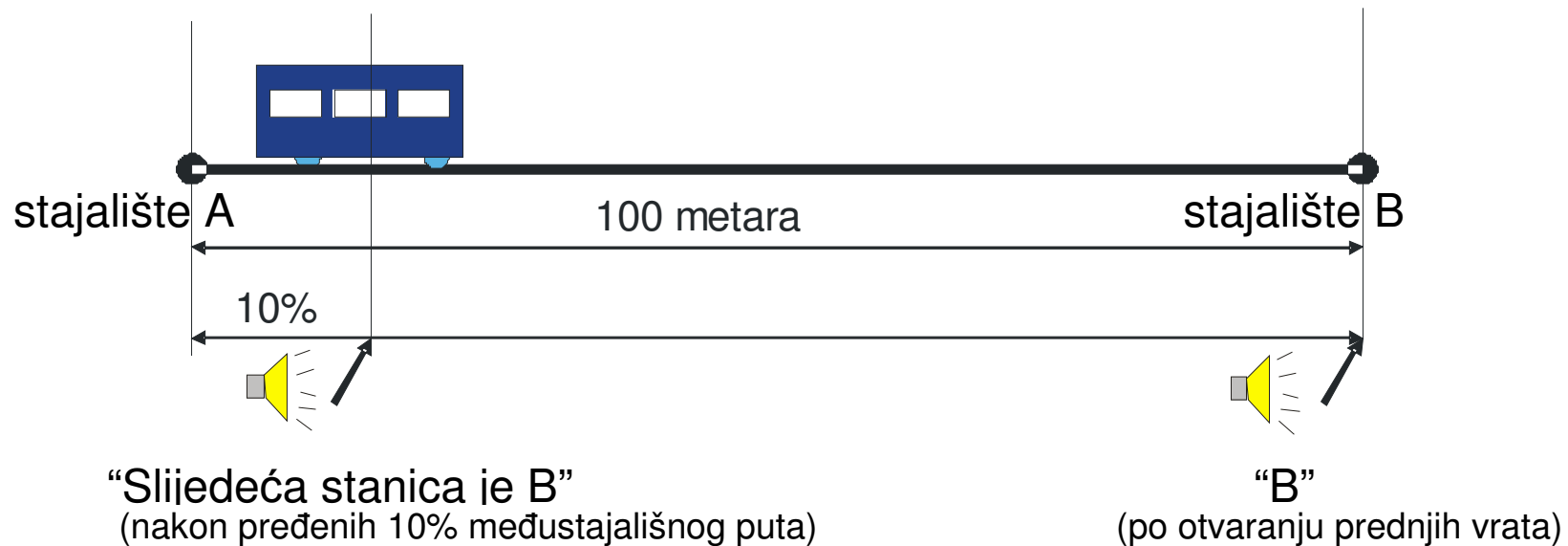
- vizualne (tekstualne)
- zvučne (glasovne)

Informiranje putnika može biti:

- u vozilu (automatska govorna najava stajališta, govorne informacije putem zvučnika od strane vozača i od strane prometnika u Centru, automatski prikaz naziva stajališta na unutarnjem displeju)
- na stajalištu
 - vozilo: automatski prikaz linije i odredišta na vanjskim displejima vozila, govorne informacije putem vanjskog zvučnika na vozilu od strane vozača i prometnika u Centru,
 - displej na stajalištu (DPI): broj linije, odredište i vrijeme polaska vozila, tekstualna poruka napisana od strane prometnika u Centru (npr. "Zastoj vozila"), te govorne informacije putem zvučnika od strane prometnika u Centru

AKTIVIRANJE AUTOMATSKIH NAJAVA U VOZILU

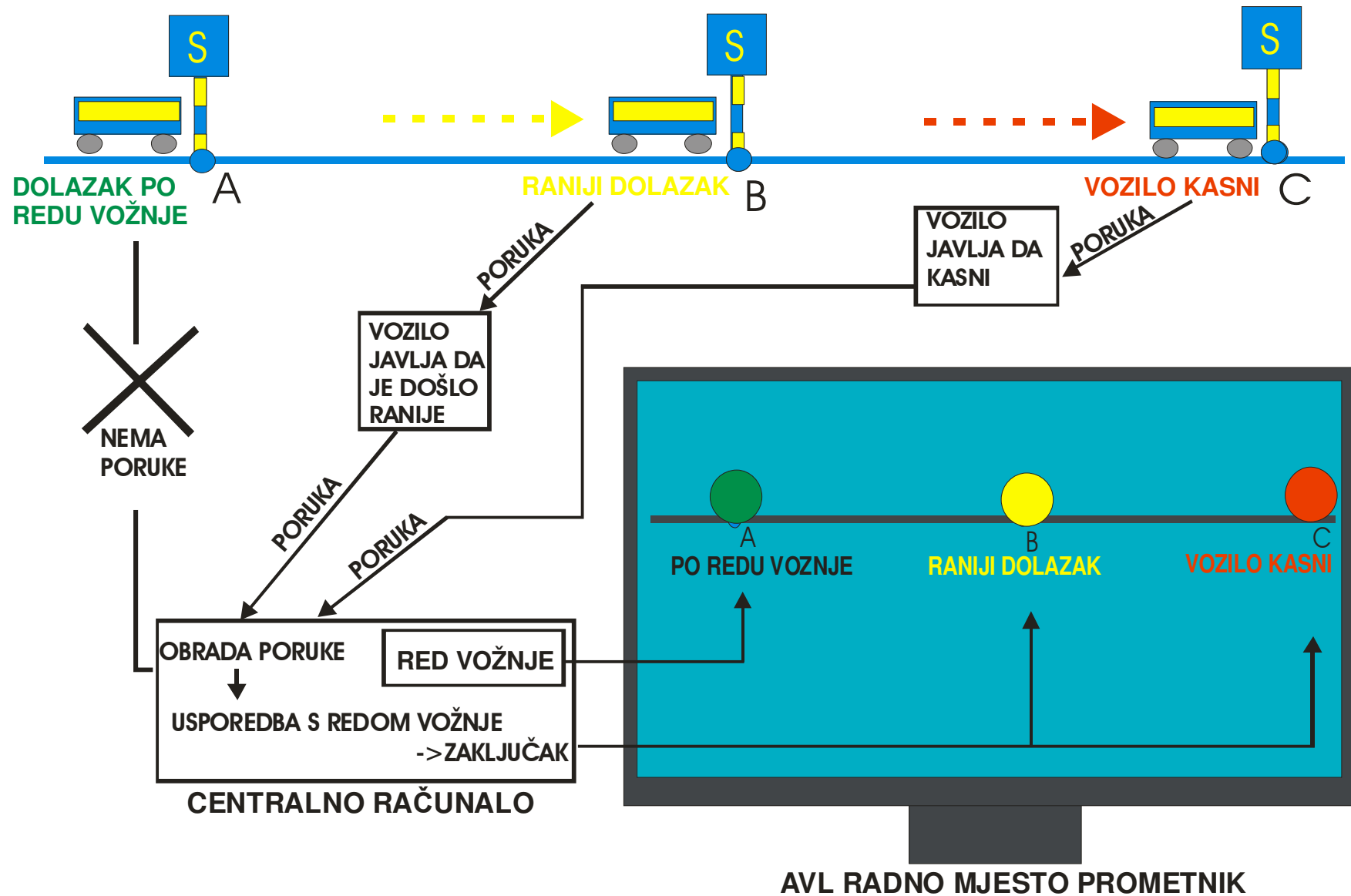
- Broj linije i naziv odredišta na vanjskim displejima vozila aktivira se automatski odabirom vožnje
- Vizualna i govorna najava stajališta aktivira se putem odometra (kalibracija vozila! - servisi!)



AUTOMATSKO LOCIRANJE VOZILA – NAČELA "AUTONOMNOG RADA"

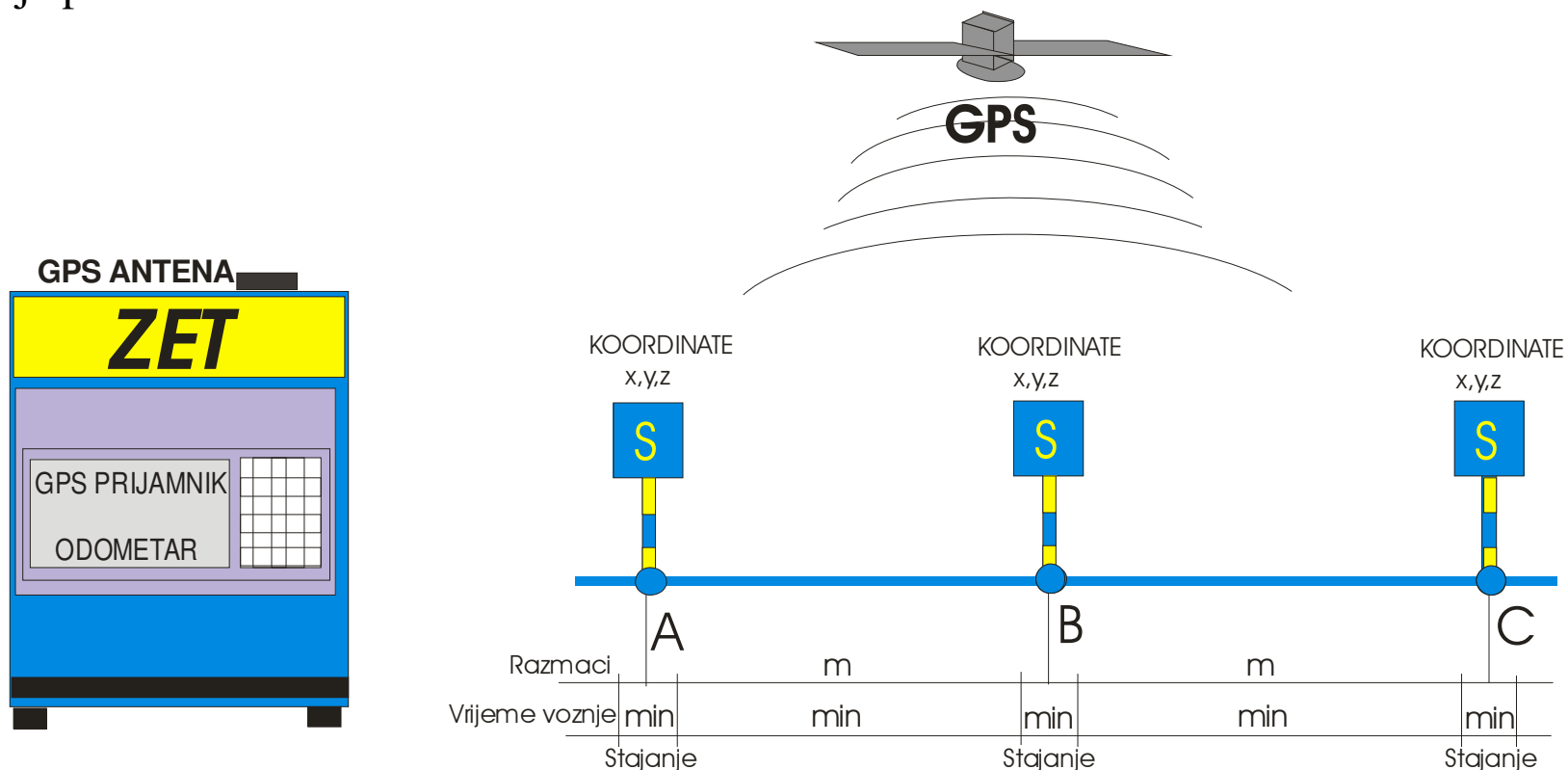
- Putno računalo u vozilu posjeduje sve podatke potrebne za autonoman rad (red vožnje, podatke o vozaču, vozilu, najave, GPS koordinate stajališta...)
- Spontana komunikacija s centralnim računalom uspostavlja se samo u slučaju definiranih odstupanja (npr. vozilo kasni u odnosu na red vožnje, vozač nije započeo vožnju...)
- Vozilu je omogućen samostalan rad u slučaju prekida (smetnji) komunikacije s centralnim računalom
- Smanjuje se potrebna komunikacija putno računalo u vozilu - centralno računalo (server u Centru) na najmanju moguću mjeru

AUTOMATSKO LOCIRANJE VOZILA – NAČELA "AUTONOMNOG RADA"



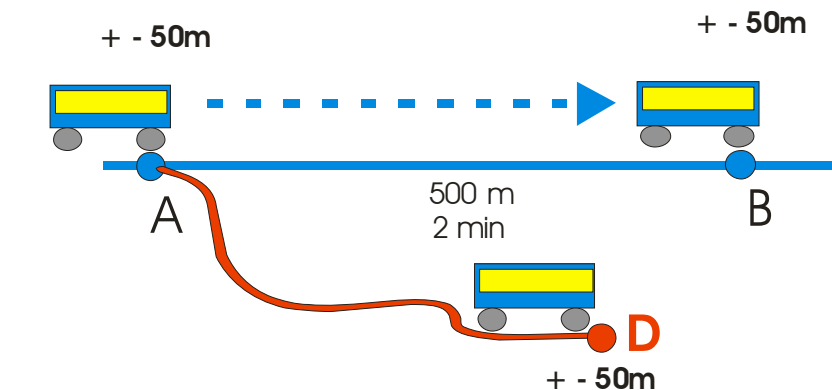
AUTOMATSKO LOCIRANJE VOZILA – PREDUVJETI

Određivanje pozicije vozila vrši se preko **logičnog lociranja** (odometer) i **fizičkog lociranja** (**GPS-Global Positioning System**). Logičko lociranje je temeljeno na prijeđenom putu vozila koji se određuje pomoću odometra.



LOCIRANJE VOZILA = RAZMACI + VREMENA VOŽNJE + VREMENA
ČEKANJA NA STAJALIŠTU + KOORDINATE STAJALIŠTA

"LOGIČKO" LOCIRANJE VOZILA (ODOMETAR)



REDOVNA TRASA AB: Vozilo se kreće redovnom trasom AB i nakon prijeđenih 500m, FR-city na osnovu odometra zaključuje da je na stajalištu B i najavljuje stajalište B (zvučno i tekstualno). Prometnik u Centru zna poziciju vozila.

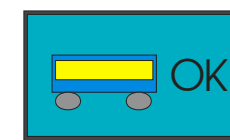
PO REDU VOZnje
RAZMAK AB=500m

ODOMETAR AB=500m



ZAKLJUČUJE DA JE NA
STAJALISTU B

B



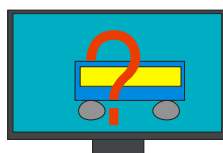
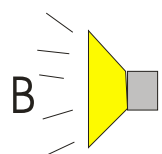
PROMETNIK

PO REDU VOZnje
RAZMAK AD NE POSTOJI

ODOMETAR AD=500m



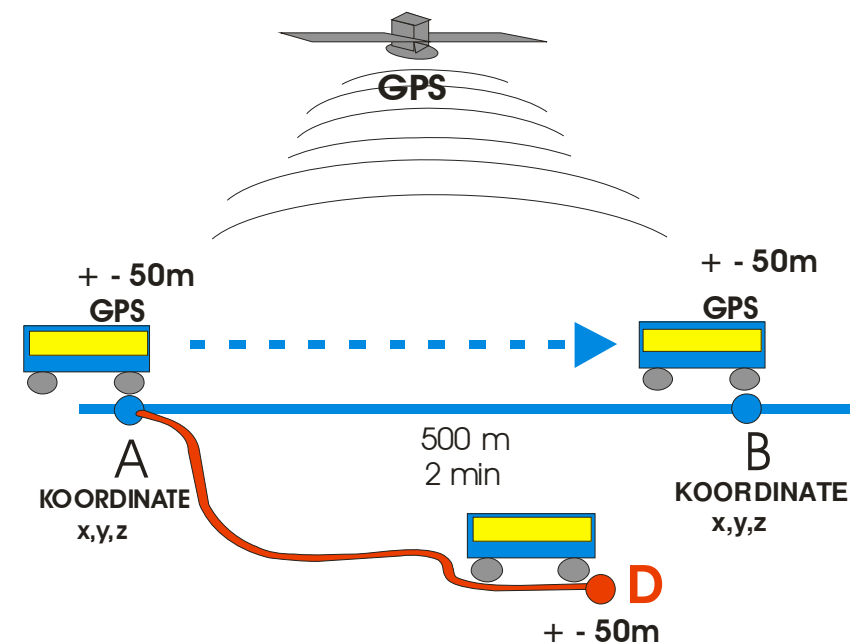
ZAKLJUČUJE DA JE NA
STAJALISTU B



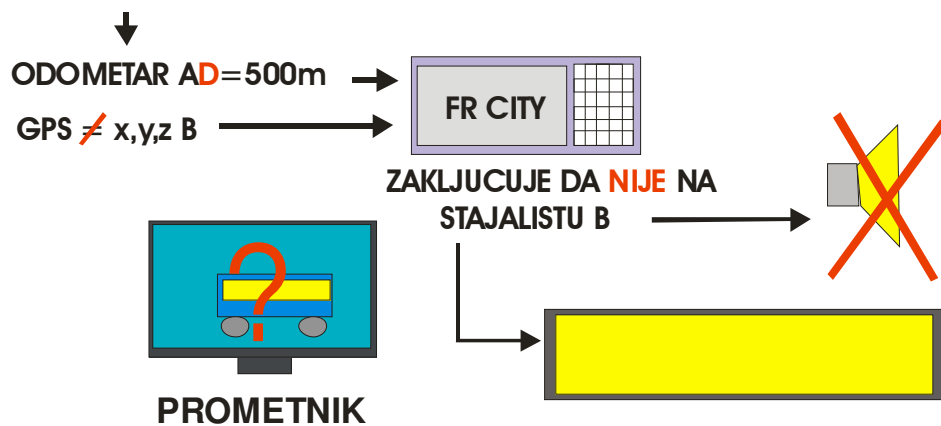
PROMETNIK

IZVANREDNA TRASA AD: Vozilo je napustilo svoju redovnu trasu AB i kreće se trasom AD koja ne postoji u voznom redu. Nakon prijeđenih 500m, FR-city na osnovu odometra "krivo" zaključuje da je na stajalištu B i najavljuje stajalište B (zvučno i tekstualno). Prometnik u Centru ne zna lokaciju vozila.

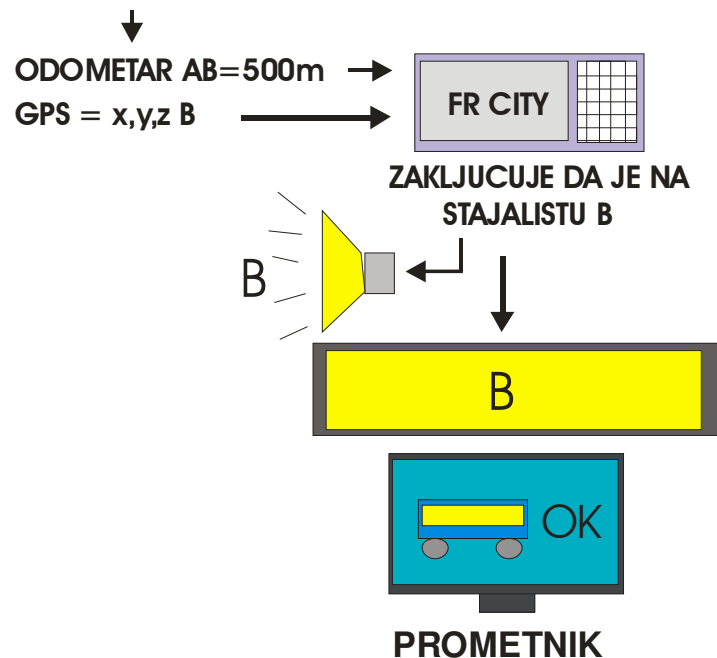
"LOGIČKO" + "FIZIČKO" LOCIRANJE VOZILA (ODOMETAR + GPS)



PO REDU VOZNIJE
RAZMAK AD NE POSTOJI



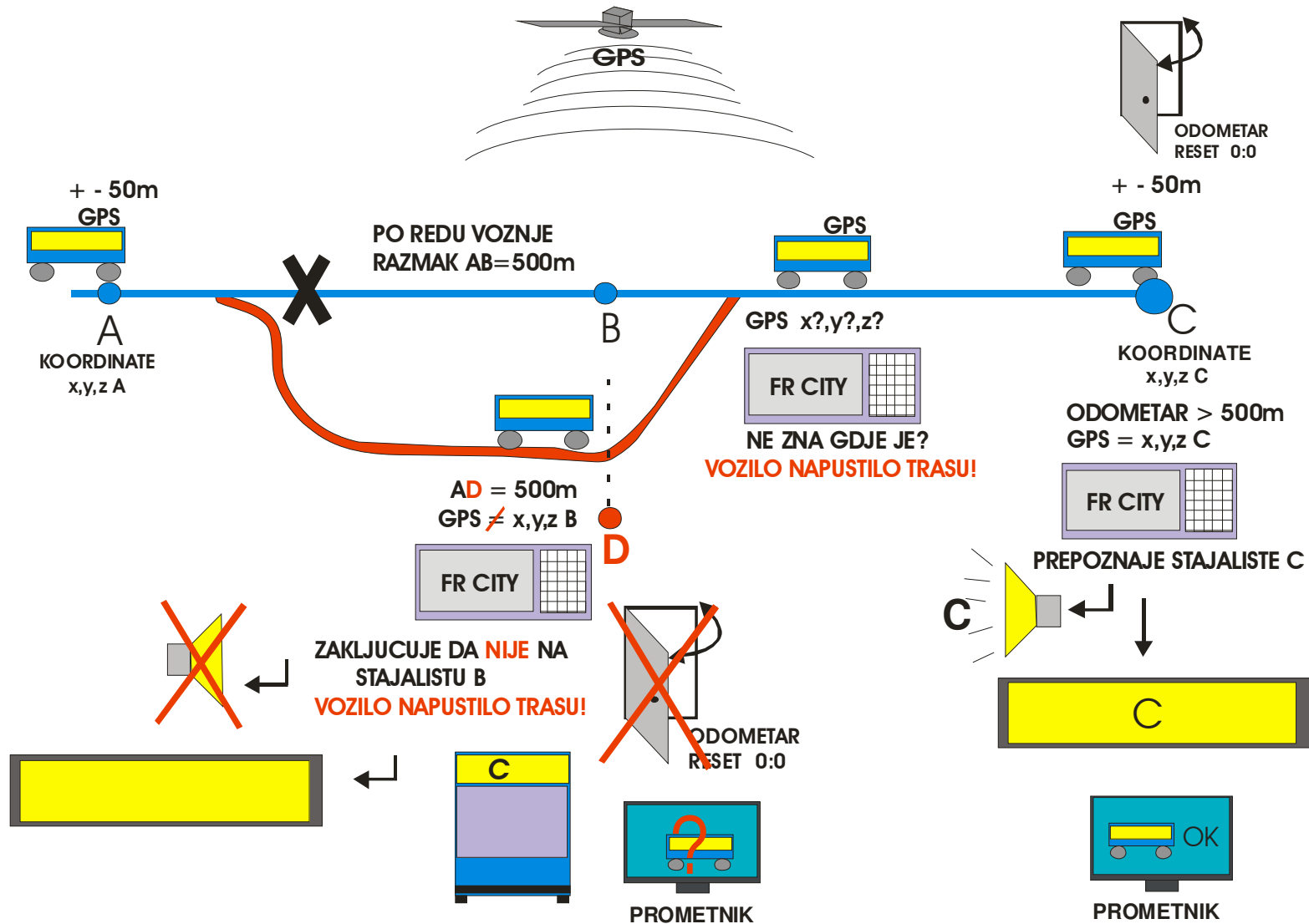
PO REDU VOZNIJE
RAZMAK AB=500m



REDOVNA TRASA AB: Vozilo se kreće redovnom trasom AB i nakon prijeđenih 500m, FR-city na osnovu odometra zaključuje da je na stajalištu B, provjerava GPS koordinate stajališta i najavljuje stajalište B (zvučno i tekstualno). Prometnik u Centru zna lokaciju vozila.

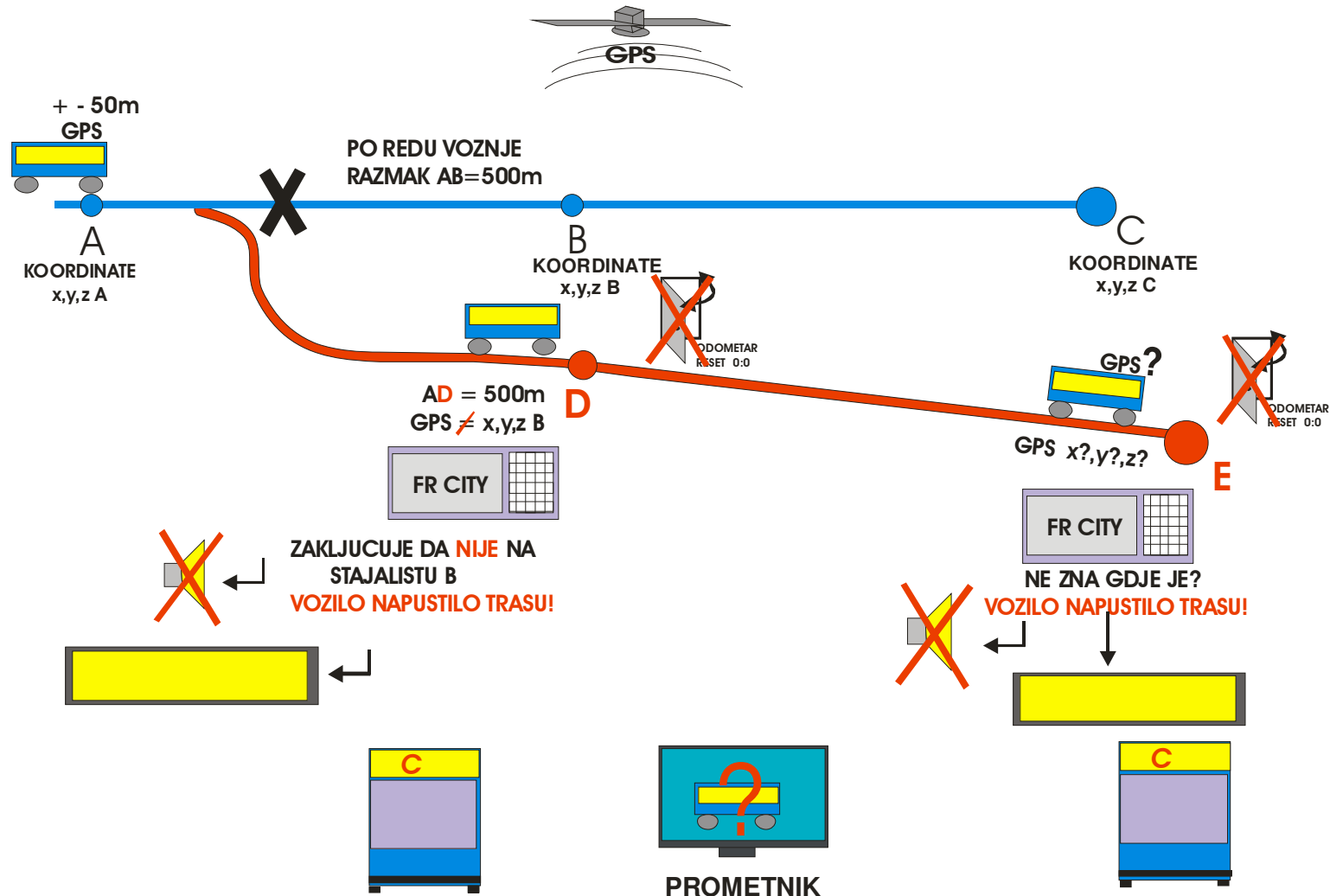
IZVANREDNA TRASA AD: Vozilo je napustilo svoju redovnu trasu AB i kreće se trasom AD koja ne postoji u voznom redu. Nakon prijeđenih 500m, FR-city na osnovu odometra zaključuje da je na stajalištu B, ali GPS koordinate ne odgovaraju stajalištu B, pa FR-city zaključuje da ipak nije na stajalištu B i nema najave stajališta B. Prometnik u Centru ne zna lokaciju vozila.

Primjer A – VOZILO NAPUSTILO I VRATILO SE NA TRASU



Vozilo je napustilo svoju redovnu trasu AB i kreće se trasom AD koja ne postoji u voznom redu. Nakon prijeđenih 500m, FR-city na osnovu odometra zaključuje da je na stajalištu B, ali GPS koordinate ne odgovaraju stajalištu B, pa FR-city zaključuje da ipak nije na stajalištu B i nema najave stajališta B. Prometnik u Centru ne zna lokaciju vozila. Vozilo se vratilo na trasu, ali budući da na tom mjestu nema GPS koordinata FR-city ne zna lokaciju vozila. Kad vozilo dostigne stajalište C, po odometru je vozilo prešlo puno veću udaljenost nego je to po planiranom voznom redu, ali FR-city uspoređuje GPS koordinate stajališta C i zaključuje da je na stajalištu te slijedi najava stajališta C. Prometnik u Centru zna lokaciju vozila. Nakon toga se odometar resetira. Cijelo to vrijeme na vanjskim displejima vozila stoji natpis krajnjeg odredišta C.

Primjer B – VOZILO TRAJNO NAPUSTILO TRASU

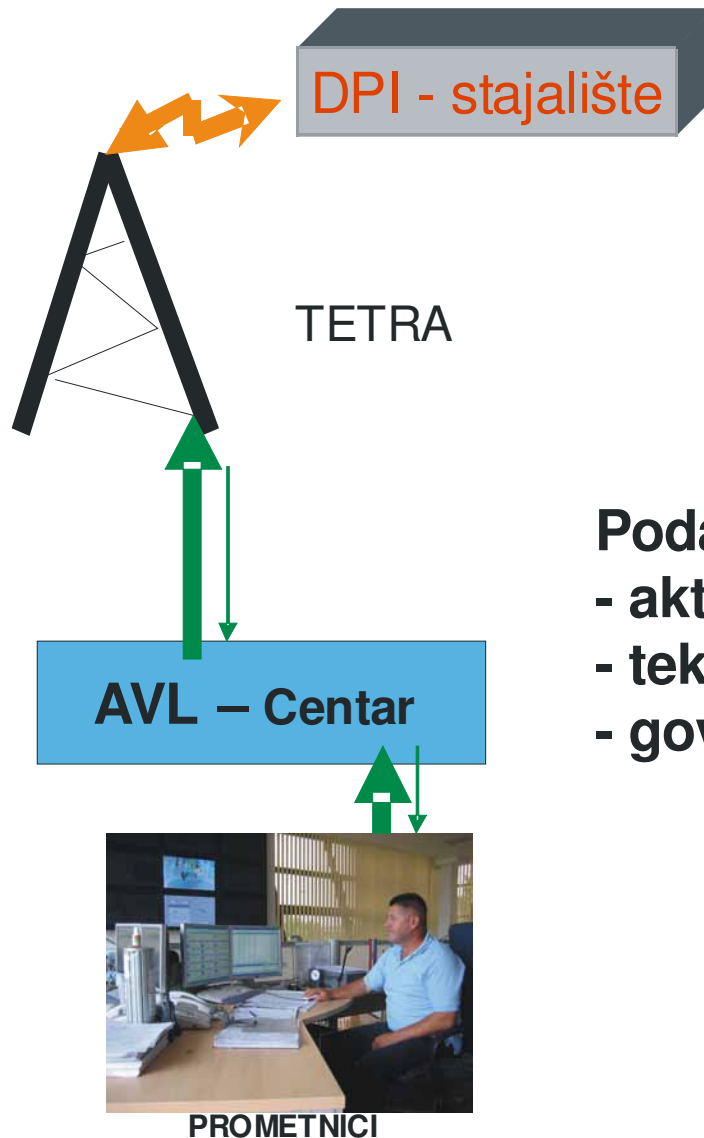


Vozilo je napustilo svoju redovnu trasu AB i kreće se trasom ADE koja ne postoji u voznom redu. Nakon prijedanih 500m, FR-city na osnovu odometra zaključuje da je na stajalištu B, ali GPS koordinate ne odgovaraju stajalištu B, pa FR-city zaključuje da ipak nije na stajalištu B i nema najave stajališta B. Dalje se priča ponavlja, odometar se ne resetira već zbraja udaljenost, FR-city na može utvrditi lokaciju vozila jer nema referentnih GPS koordinata tako da u vozilu nema ni zvučne ni tekstualne najave stajališta. Cijelo to vrijeme na vanjskim displejima vozila stoji natpis krajnjeg odredišta C. Prometnik u Centru ne zna lokaciju vozila.

SUSTAV ZA DINAMIČKO INFORMIRANJE PUTNIKA NA STAJALIŠTU (DPI)



DPI SUSTAV – PRIJENOS PODATAKA



Podaci koji se prenose:

- aktualni vozni red za pojedini dan
- tekstualne poruke (prometnici)
- govorne poruke (prometnici)

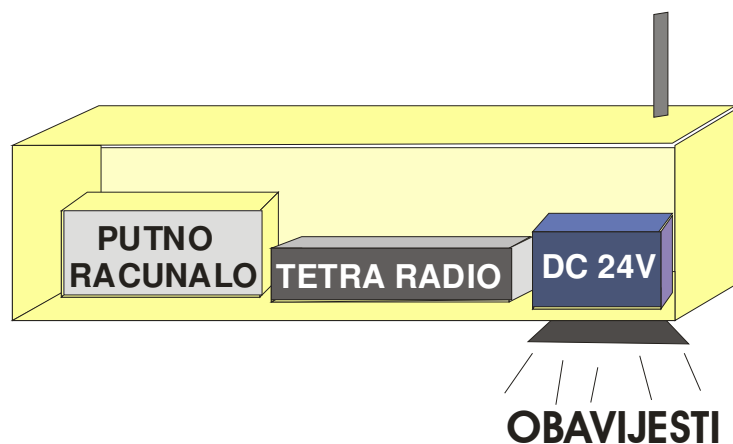
DPI SUSTAV – KOMPONENTE, OSNOVNI NAČIN RADA

LINIJA	ODREDISTE	POLAZAK
1	BORONGAJ	12:00

POCETNO STAJALISTE
NORMALNI RAD “APSOLUTNO VRIJEME”
TETRA RADIO OK

LINIJA	ODREDISTE	ODLAZAK
1	BORONGAJ	6 min

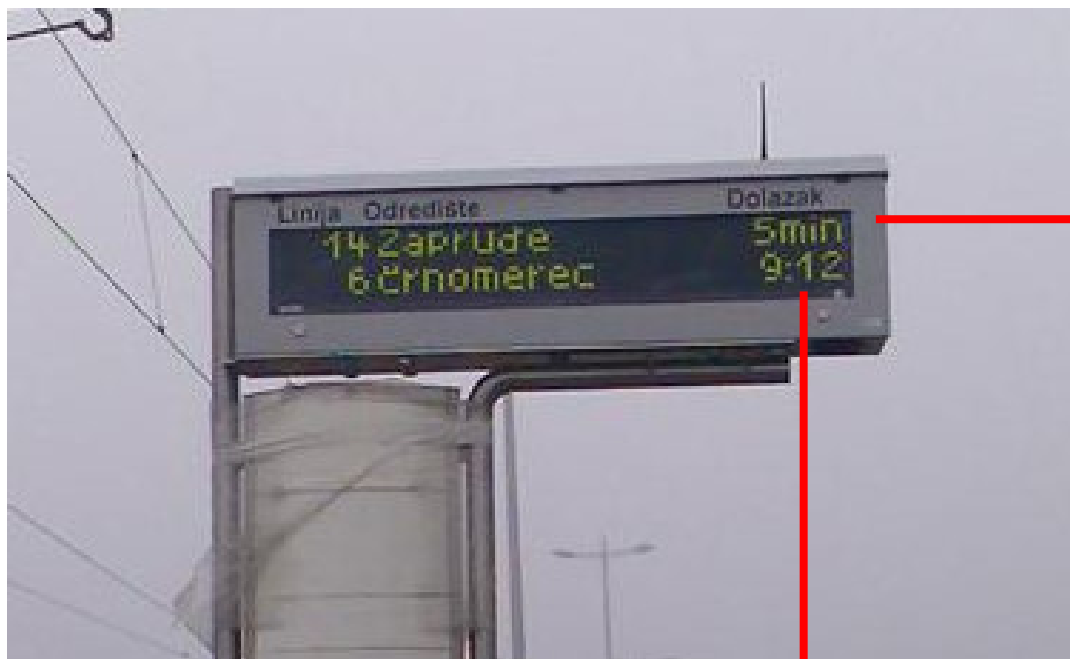
PROLAZNO STAJALISTE
NORMALNI RAD “RELATIVNO VRIJEME”
TETRA RADIO OK



LINIJA	ODREDISTE	ODLAZAK
1	BORONGAJ	12:00

PROLAZNO STAJALISTE
SMETNJE “APSOLUTNO VRIJEME”
NEMA TETRA RADIO PRIJAMA

DISPLEJ – OSNOVNI NAČIN PRIKAZA

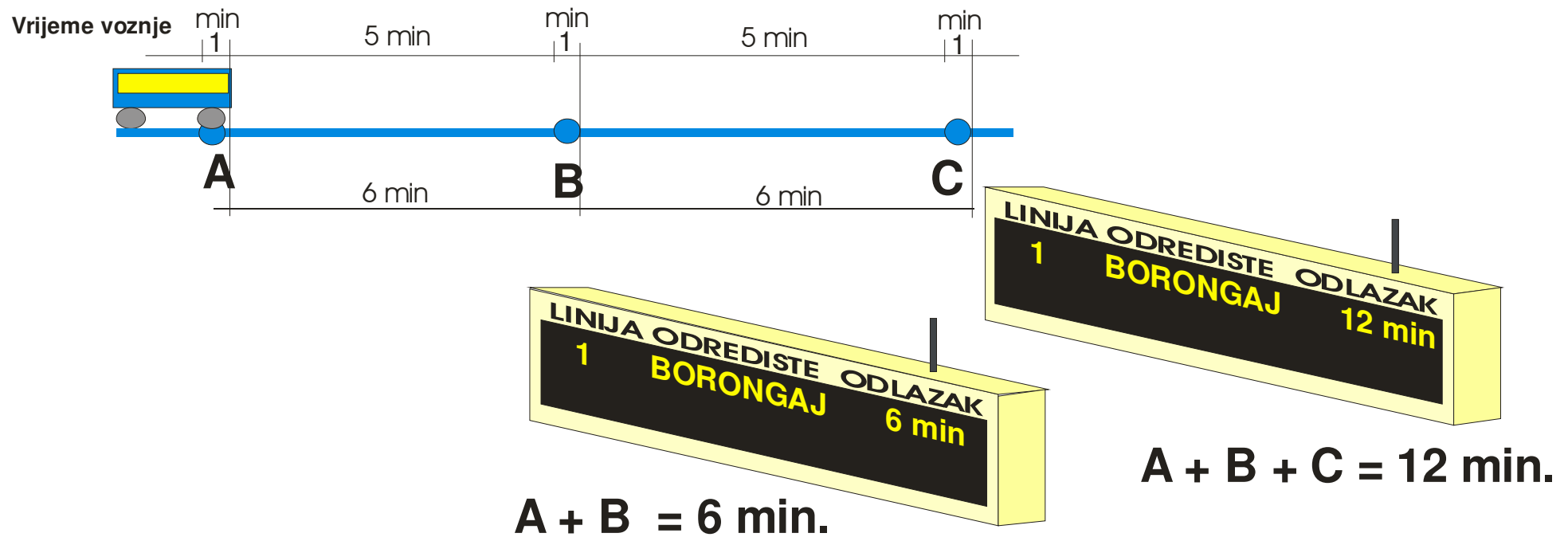


DPI ima podatke o stvarnoj poziciji vozila ("relativno vrijeme")

DPI nema podatke o stvarnoj poziciji vozila - smetnje ("apsolutno vrijeme" – vrijeme dolaska po planiranom redu vožnje)

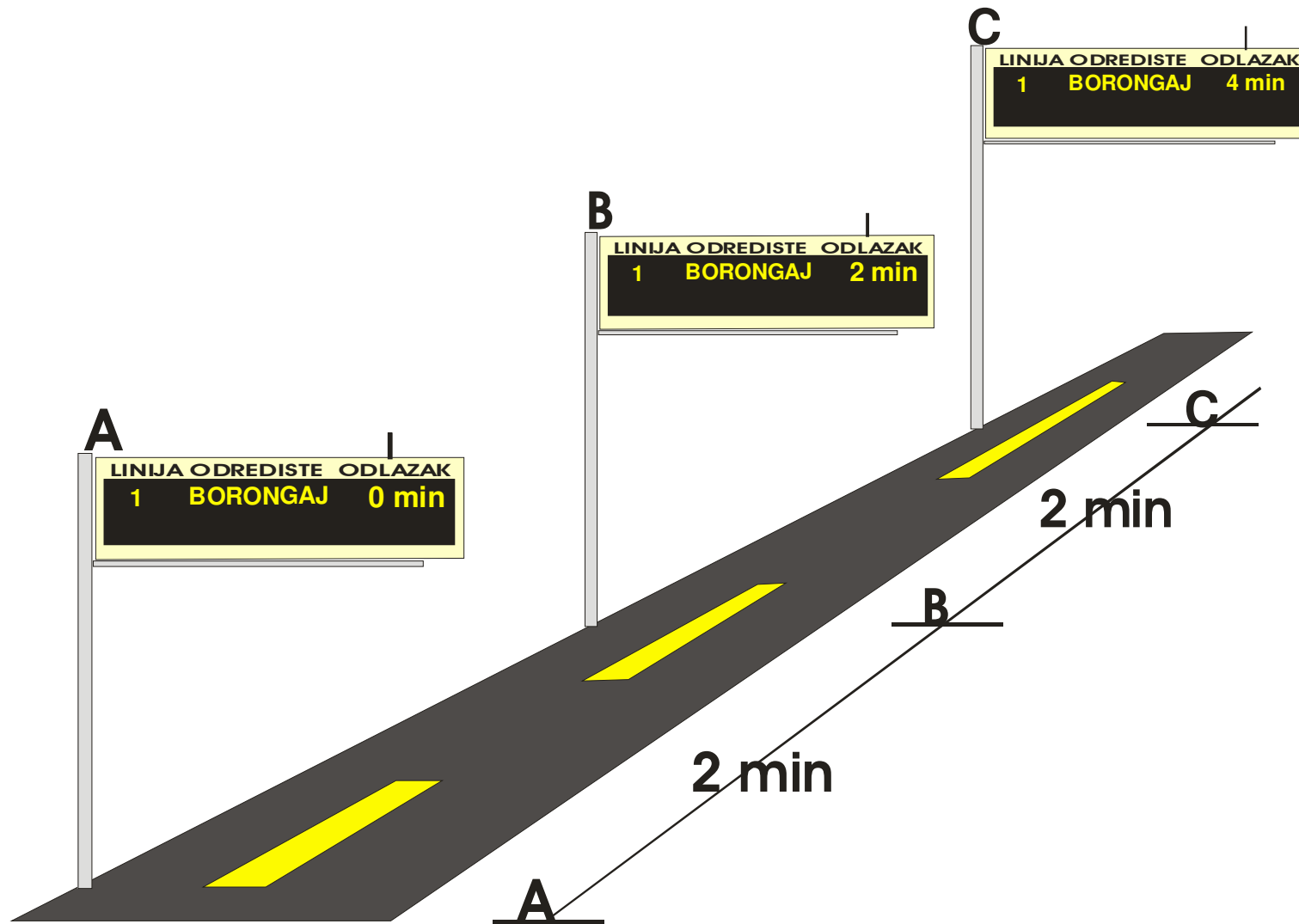
DPI SUSTAV – NAČELA

1)



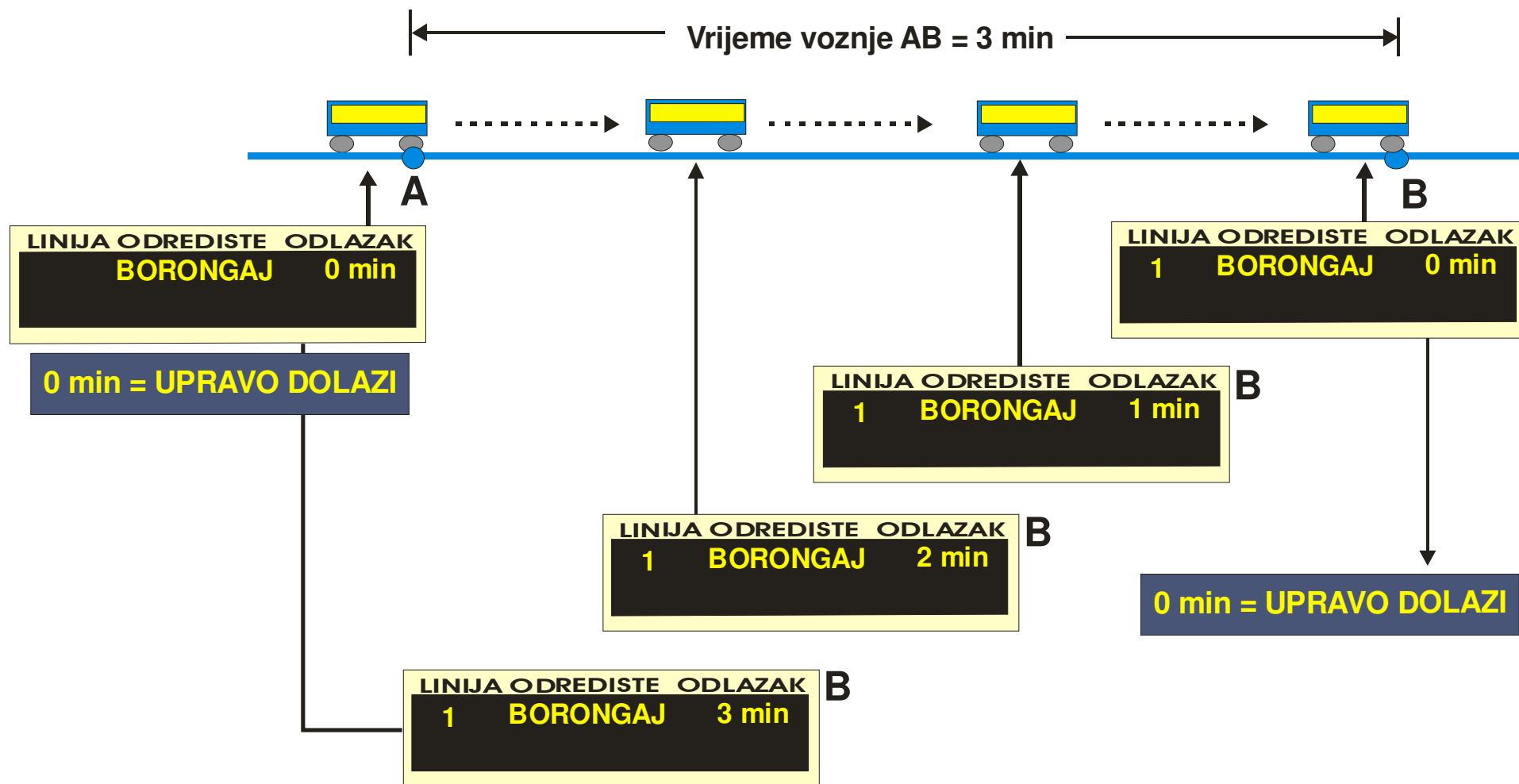
Vozilo je na stajalištu A (0 min.). Ukupno vrijeme voznje (sa stajanjem na stajalištu) između stajališta A i B, te B i C je po 6 min. po planiranom voznom redu. DPI sustav locira vozilo na stajalištu A, displej na stajalištu B prikazuje 6 min., dok displej na stajalištu C prikazuje ukupno planirano vrijeme voznje između stajališta A i B i C ($6 + 6 = 12 \text{ min.}$).

2)



Prikaz 0 min. na displeju na stajalištu A znači da vozilo upravo dolazi na stajalište. Na stajalištu B displej prikazuje planirano vrijeme vožnje između stajališta A i B (2 min.), dok displej na stajalištu C prikazuje ukupno planirano vrijeme vožnje između stajališta A i B i C ($2 + 2 = 4$ min.)

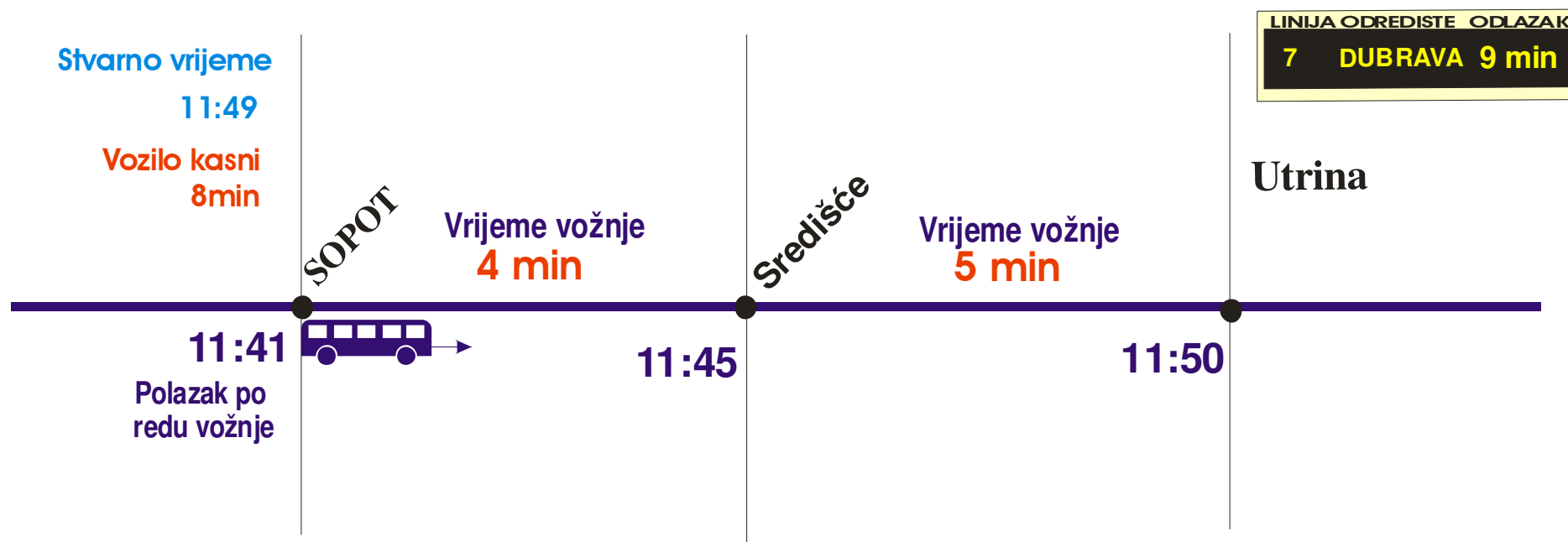
3)



Planirano vrijeme vožnje između stajališta A i B je 3 minute. U trenutku kad vozilo dolazi na stajalište A na displeju A će biti prikaz 0 min. a na displeju B na stajalištu B će biti prikazano 3 min. Kad vozilo krene sa stajališta A, prikaz na displeju A bi trebao nestati nakon par sekundi. Nakon 1/3 prijeđenog puta displej B će prikazati 2 min., nakon 2/3 prijeđenog puta displej B će prikazati 1 min. Zadnju trećinu puta displej prikazuje kao 0 min. (vozilo upravo dolazi). Znači, displej na stajalištu B spušta po minutnom rasteru prikaz dolaska vozila (3-2-1-0).

DPI SUSTAV – PRIMJERI RAZNIH SITUACIJA U PROMETU

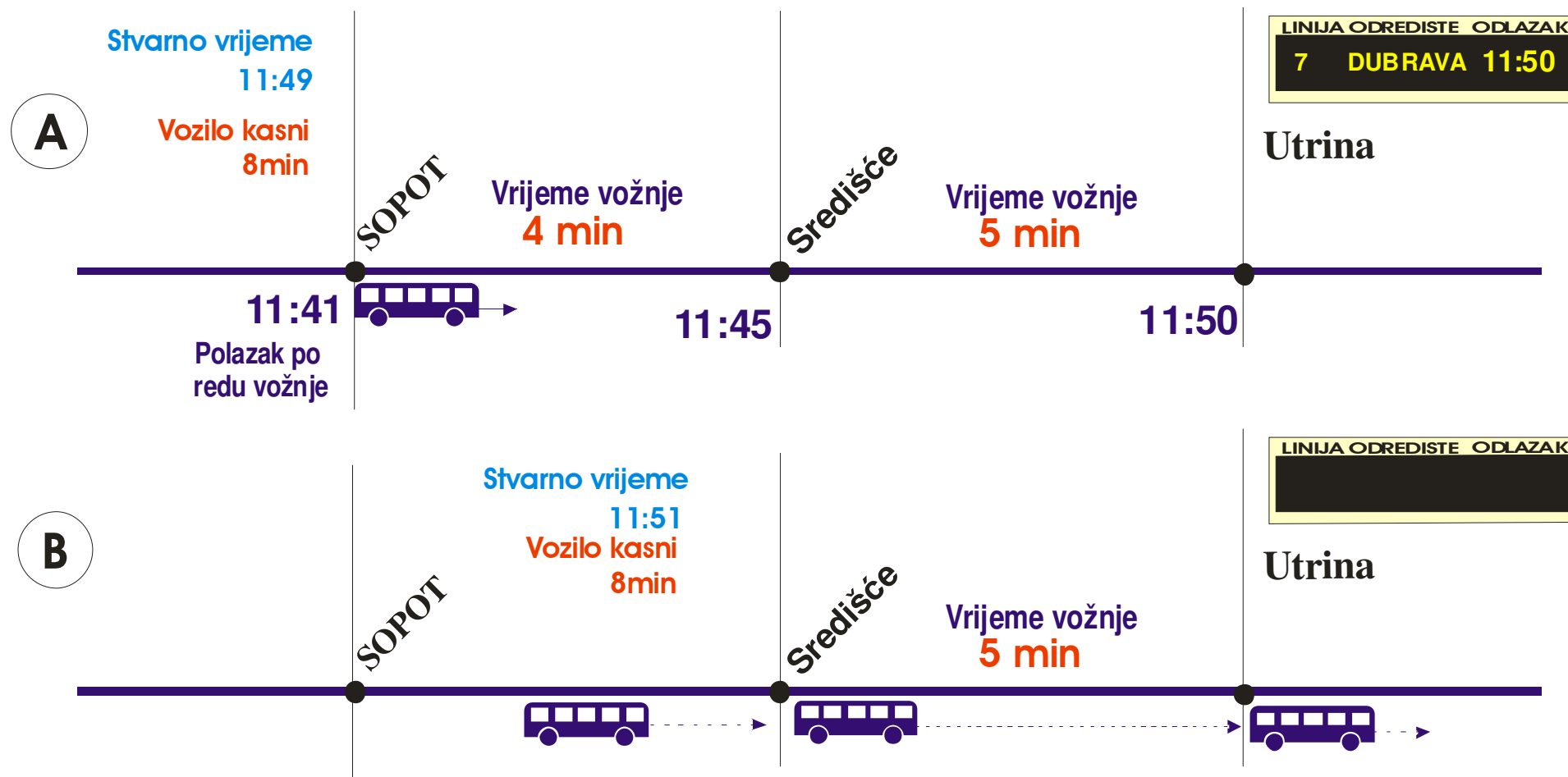
1) Vozilo kasni – "normalni" režim rada (DPI ima podatke o stvarnoj poziciji vozila)



Vozilo kasni 8 min. u odnosu na planirani vozni red u "normalnom" režimu rada (DPI ima podatke o stvarnoj poziciji vozila)

Sustav locira vozilo na stajalištu Sopot, te zbraja vremena vožnje između Sopota i Središća, te Središća i Utrina i prikazuje na displeju u Utrinama ukupno vrijeme vožnje u minutama (4min. + 5 min. = 9 min., "relativno vrijeme").

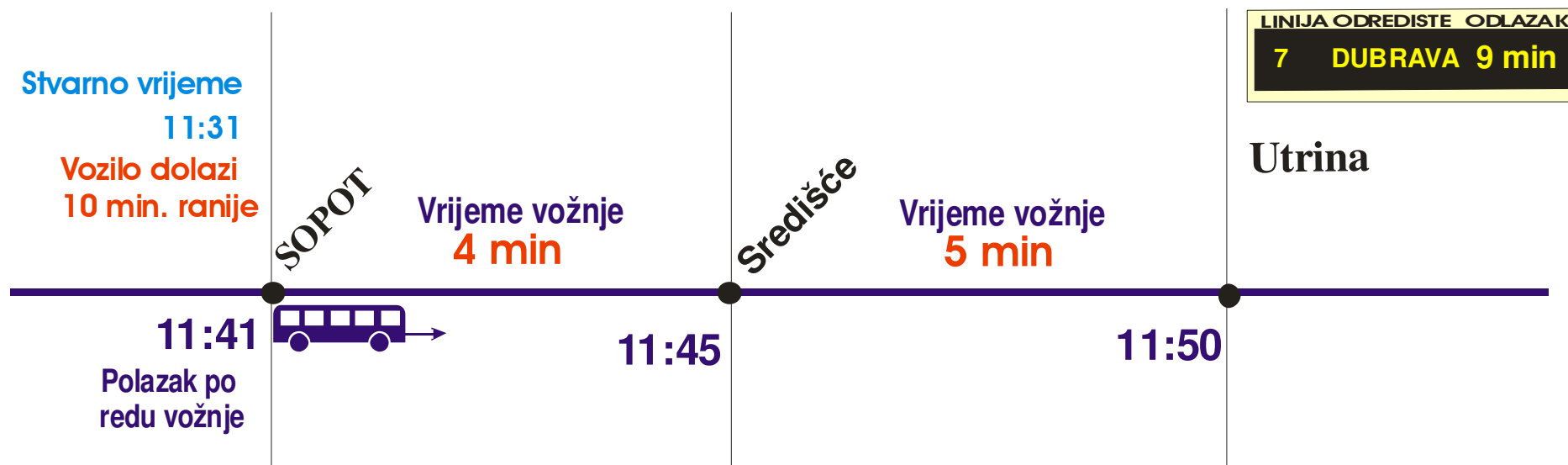
2) Vozilo kasni – "smetnje" u sustavu (DPI nema podatke o stvarnoj poziciji vozila)



Vozilo kasni 8 min. u odnosu na planirani vozni red pri "smetnjama" u sustavu (DPI nema podatke o stvarnoj poziciji vozila)

Sustav zbog smetnji u komunikaciji ne može locirati vozilo te će na displeju u Utrinama prikazati "apsolutno vrijeme", tj. vrijeme po planiranom voznom redu (11:50) – situacija A. Nakon što prođe vrijeme od 11:50 vozilo će biti izbrisano s prikaza – situacija B.

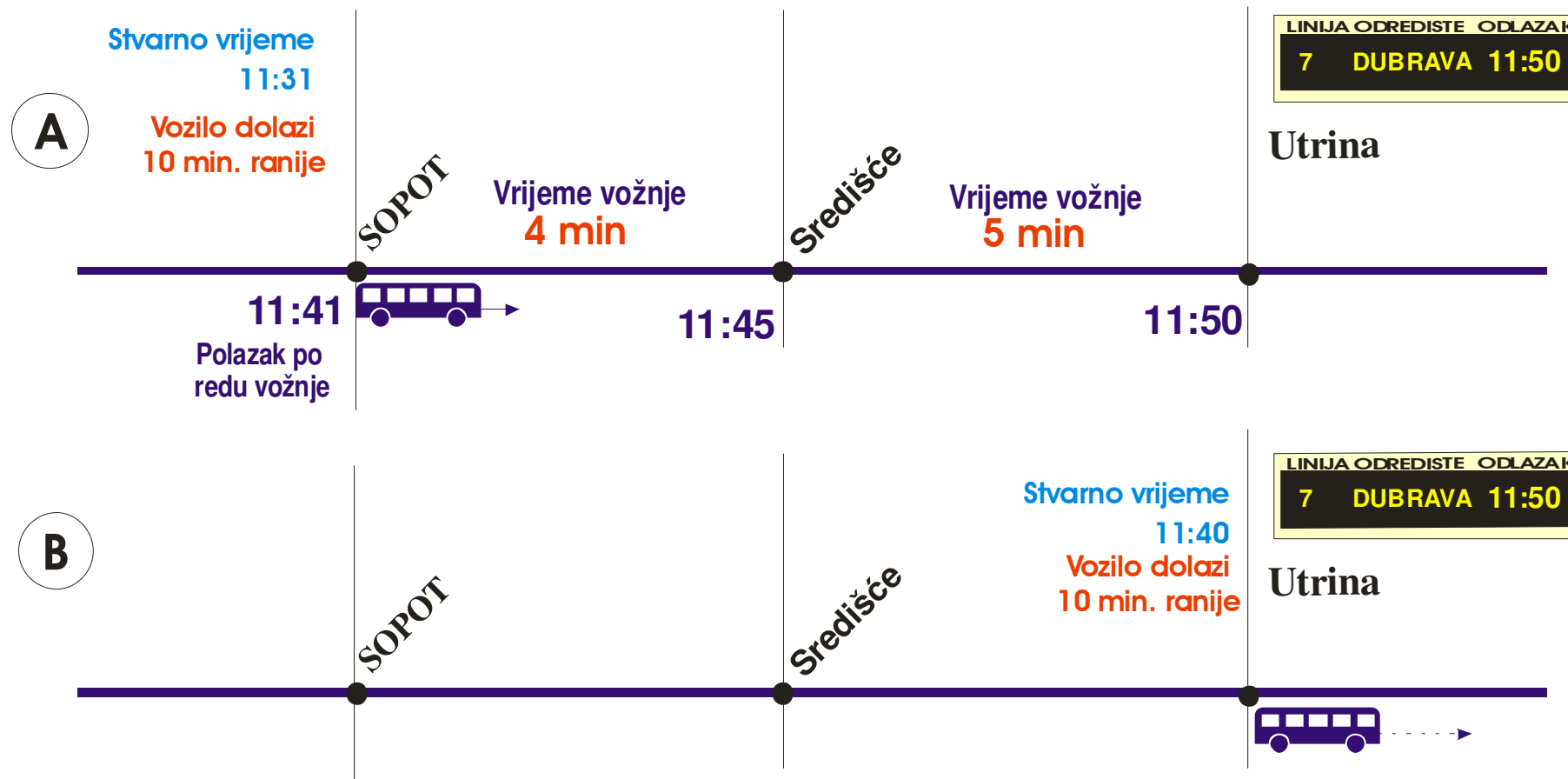
3) Vozilo rani – "normalni" režim rada (DPI ima podatke o stvarnoj poziciji vozila)



Vozilo dolazi 10 min. ranije u odnosu na planirani vozni red u "normalnom" režimu rada (DPI ima podatke o stvarnoj poziciji vozila)

Sustav locira vozilo na stajalištu Sopot, te zbraja vremena vožnje između Sopota i Središća, te Središća i Utrina i prikazuje na displeju u Utrinama ukupno vrijeme vožnje u minutama (4min. + 5 min. = 9 min., "relativno vrijeme").

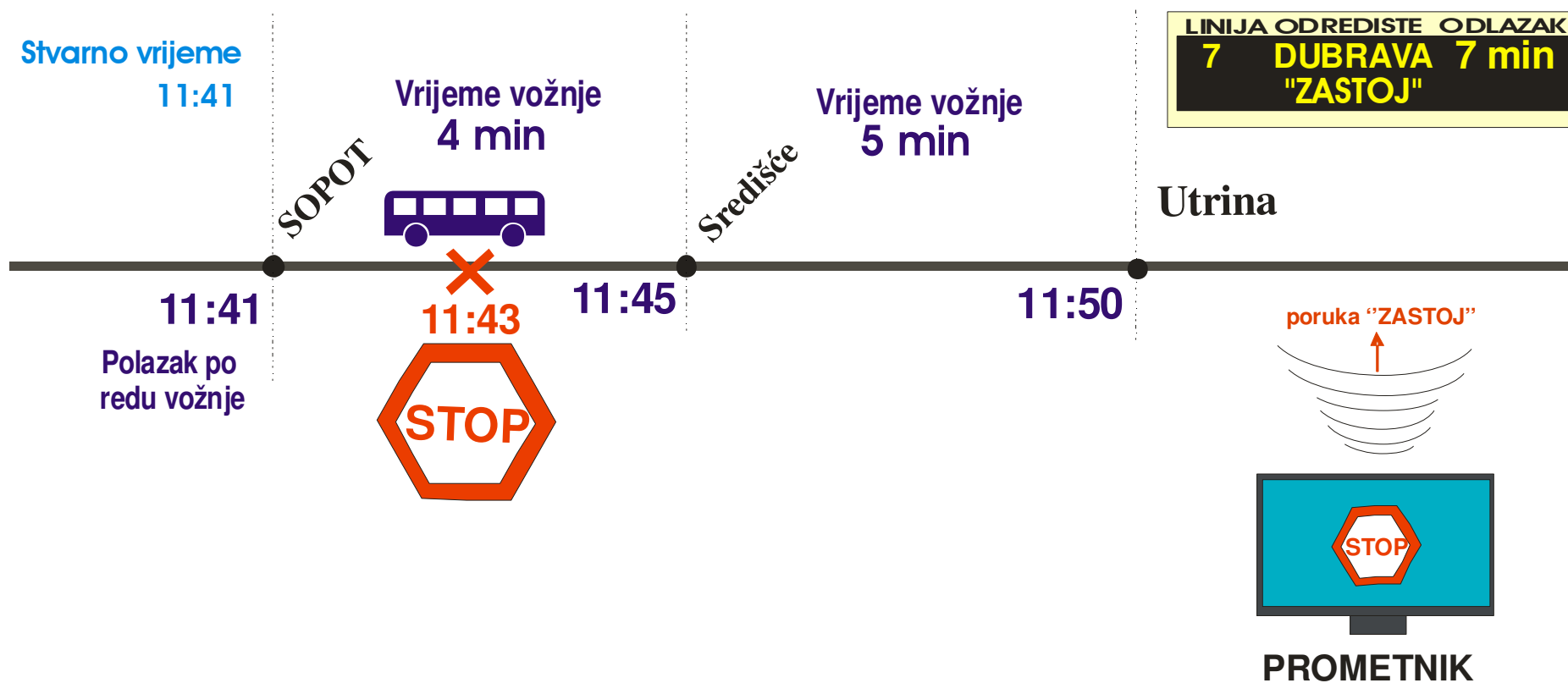
4) Vozilo rani – "smetnje" u sustavu (DPI nema podatke o stvarnoj poziciji vozila)



Vozilo dolazi 10 min. ranije u odnosu na planirani vozni red pri "smetnjama" u sustavu (DPI nema podatke o stvarnoj poziciji vozila)

Sustav zbog smetnji u komunikaciji ne može locirati vozilo te će na displeju u Utrinama prikazati "apsolutno vrijeme", tj. vrijeme po planiranom voznom redu (11:50) – situacija A. Međutim, vozilo će već u 11:40 biti na Utrinama i krenuti dalje, a na displeju će pisati da dolazi u 11:50 – situacija B. Takav prikaz će tako stajati još punih 10 min. do 11:50. Nakon što prođe vrijeme od 11:50 vozilo će biti izbrisano s prikaza na displeju.

5) Zastoj vozila – "normalni" režim rada (DPI ima podatke o stvarnoj poziciji vozila)



Vozilo je ostalo u kvaru u 11:43.

Sustav uočava da se vozilo ne kreće te će se prikaz na displeju "zalediti" na 7 min. Prometnik u Centru šalje poruku tipa "Zastoj" na displej radi obavijesti putnicima. Također, osim tekstualne moguća je i glasovna obavijest putnicima na stajalištu o zastoju vozila.