

Darbības programma: “Uzņēmējdarbība un inovācijas”  
Prioritātes numurs un nosaukums: 2.1. “Zinātne un inovācijas”  
Pasākuma numurs un nosaukums: 2.1.1. “Zinātne, pētniecība un attīstība”  
Aktivitātes numurs un nosaukums: “Atbalsts zinātnei un pētniecībai”

Projekta Nr. 2010/0250/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/086  
Projekta nosaukums: ”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS)

Līguma noslēšanas datums: 10.12.2010.g.  
Projekta sākuma datums: 01.01.2011.g.  
Projekta beigu datums: 31.12.2013.g.

Eiropas Reģionālā attīstības fonda saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts  
(EDI)

## **Skiču projekts “Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģijas izstrāde”**

Projekta zinātniskais vadītājs: Leo Seļavo, Ph.D. vad. Pētnieks

Projekta izpildītāji:

- Vad.pētn. Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds
- Vad.pētn. Dr.sc.comp. Mihails Broitmans
- Zin. Asist. Mārtiņš Liepiņš
- Zin. Asist. Aivars Ševerdaks
- Zin. Asist. Roberts Kadiķis
- Prog. Inž. Normunds Šilinskis

Pētnieks Uldis Grunde /Profesionāla rakstura dabrs bez atlīdzības/  
Zin.Asist. Artis mednis /Profesionāla rakstura dabrs bez atlīdzības/  
Zin.Asist. Andris Gordjušins /Profesionāla rakstura dabrs bez atlīdzības/

## Saturs

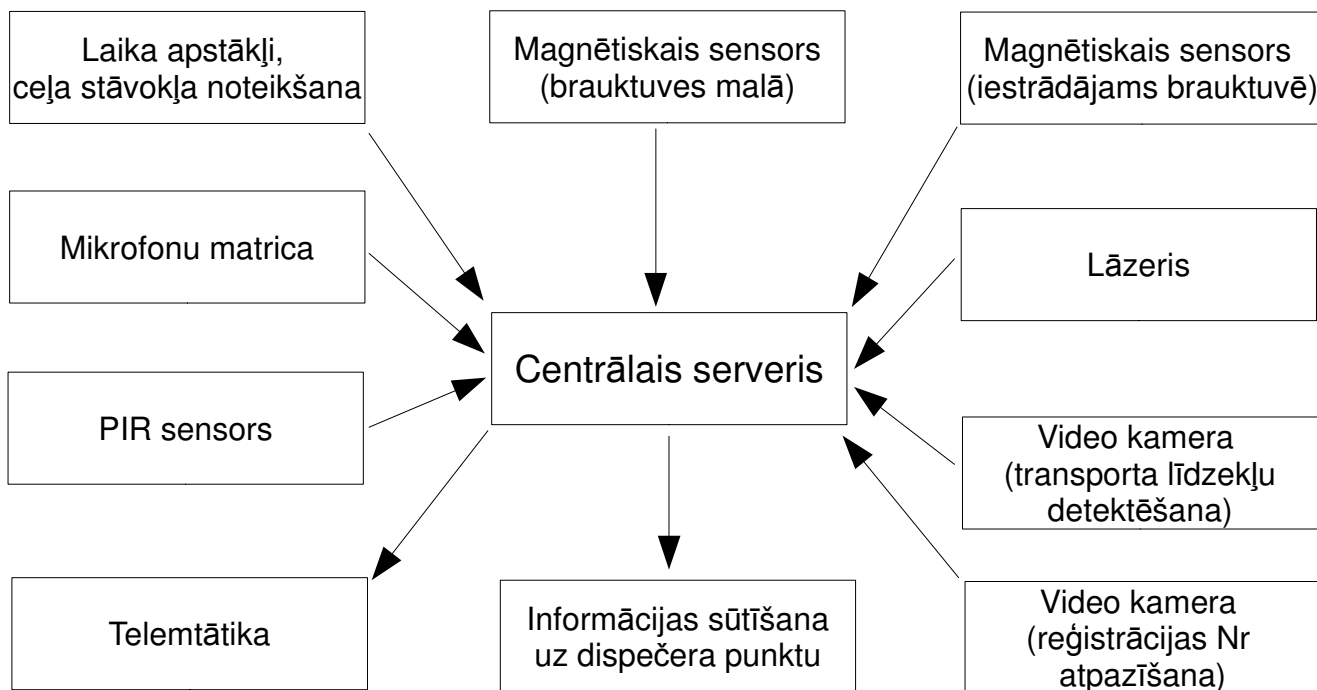
|  |    |
|--|----|
| Ievads                                     | 3  |
| MultiITS punkta blokshēma                  | 4  |
| Video datu apstrādes risinājums            | 5  |
| Magnētisko sensoru risinājums              | 7  |
| PIR sensoru risinājums                     | 9  |
| Akustisko sensoru risinājums               | 9  |
| Datu sūtīšana, sensoru sadarbība           | 10 |
| Laika apstākļu un ceļa stāvokļa noteikšana | 12 |

## Ievads

Skiču projekts “Multifunkcionālai inteligēntai transporta sistēmas punkta tehnoloģijas izstrāde” ir ERAF 2.1.1.1 aktivitātes ietvaros atbalstītā projekta “Multifunkcionāla inteligēnta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS) aktivitātes rūpnieciskais pētījums rezultāts. Skiču projektā ir apkopoti ieteicamie risinājumi MITS punkta tehnoloģijas prototipa izveidei, kas ietver transporta līdzekļu atklāšanas sensoru risinājumus un datu sūtīšanas nodrošināšanas risinājumus. Skiču projekts ir rūpniecisko pētījumu rezultāts, kurā iegūtas zināšanas par sensoriem transporta atklāšanas un monitoringa jomā. Etapa laikā ir apskatīti un izpētīti dažādi tehnoloģiskie risinājumi un iekārtas, kuras piedāvā pasaules ITS iekārtu ražotāji. Bastoties uz iegūtajām zināšanām, izveidotas blokshēmas un ieteicamie risinājumi MITS punktam. Skiču projektā apraktītajām blokshēmām ir rekomendējošs raksturs. Ieteicamie risinājumi ir attēloti blokshēmu veidā, neapskatot konkrētus algoritmus, metodes un shēmtehniskos risinājumus. Algoritmu, metožu un shēmtehnisko risinājumu izstrāde MITS punktam tiek veikta eksperimentālās izstrādes aktivitātes ietvaros.

## MultiITS punkta blokshēma

Kopējā Multifunkcionālas inteligēntas transporta sistēmas punkta tehnoloģijas blokshēma redzama 1. attēlā. Lai efektīvi noteiktu transportalīdzekļu plūsmu un transporta līdzekļu skaitu uz brauktuves, nepieciešamais sensoru veidu skaits atkarīgs no metodes, kuru izmanto transporta līdzekļu detektēšanai. Gadījumā, ja sensoru novietojums uz brauktuves ir invazīvs (sensori



1. Attēls. MITS punkta blokshēma

iestrādāti brauktuvē), pietiek izmantot induktīvās cilpas, vai magnētiskos sensorus un video apstrādi. Abu kopēja (induktīvās cilpas un magnētiskie sensori) izmantošana nav nepieciešama, jo abu minēto sensoru sniegtā informācija ir identiska, kā arī transporta līdzekļa detektēšanas procents ir līdzīgs. Projekt izstrādes gaitā tika izlemts, ka MITS punkts jāveido maksimāli neinvazīvs attiecībā pret ceļa segumu. Tādēļ vienīgais sensors, kuru nepieciešams iestādīt brauktuvē, ir magnētiskā lauka izmaiņas sensors. Pārējie sensori tiek novietoti brauktuves malā (mikrofonu matricas, magnētiskie sensori) vai virs brauktuves (PIR, Lāzeri). Lai MITS punkts spētu funkcionēt dažādos laika apstākļos (diennakts tumšais/gaišais laiks, intensīvs lietus, sniegs, migla utt.), nepieciešama sensoru pārklāšanās. Tas nozīmē- transporta līdzekļu detektēšana ar dažādiem sensoriem vienlaicīgi. Visplašāko informāciju par brauktuves noslogojumu iespējams iegūt ar video apstrādi. Taču intensīva sniega, miglas vai diennakts tumšajā laikā video datu apstrādes rezultāta ticamība ievērojami samazinās. Samazinās arī joslas garums, kurā iespējams noteikt transporta līdzekļus. Slikta redzamība apstākļos informāciju par transporta plūsmu dod magnētiskie sensori, PIR sensori, lāzera sensori un mikrofonu matricas. Transporta līdzekļa reģistrācija tiek veikta, ja vismaz divi sensori vienlaicīgi dod apstiprinājumu par transporta līdzekļa reģistrēšanu. Visi sensori reģistrētos datus par transporta plūsmu sūta centrālajam serverim, kurš ir viens MITS

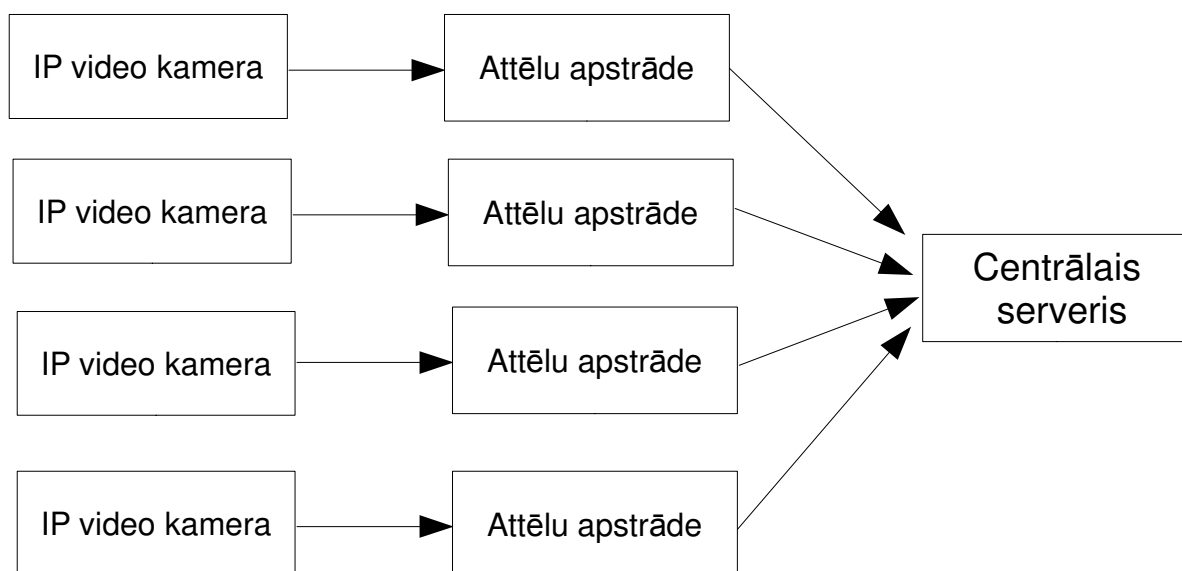
punkta ietvaros. Starp centrālo serveri un sensoriem var atrasties dators vai mikrokontrolieris, kurš veic nepieciešamos aprēķinus transporta līdzekļa reģistrācijai un parametru noteikšanai. Informācija uz serveri tiek sūtīta tikai transporta līdzekļa apstiprināšanas gadījumā. MITS punkta datu sūtīšana un saņemšana no citām iekārtām uz dispečera punktu notiek caur centrālo serveri. Centrālajam serverim ieteicams izmantot uz Linux bāzētu operētājsistēmu, kura pielāgota un pārveidota MITS punkta prasībām (iegulta sistēma). Linux izmantošana vienkāršo dažādu perifērijas iekārtu un sensoru pieslēgšanu, kā arī datu sūtīšanu.

### **Video datu apstrādes risinājums.**

Vislaikietilpīgākā no datu apstrādes viedokļa ir video datu apstrāde. MITS punkta realizācijai attēlu apstrādes tehnoloģijas tiek izmantotas diviem mērķiem:

- transporta līdzekļu detektēšanai
- reģistrācijas nummura zīmju atpazīšanai.

Video datu apstāde ir visinformatīvākais datu ieguves veids par transporta kustības intensitāti, jo dod uzreiz maksimāli daudz informācijas izmantojot tikai vienu sensoru – videokameru. Izmantojot video apstrādi, iespējams izvērtēt brauktuves stāvokli visā tās platumā. MITS projekta realizācijā ir izvēlēta IP videokamera, kas nodrošina datu sūtīšanu izmantojot lokālo tīklu. Šāds risinājums ļauj vienkāršot datu pārraidi un videokameru konfigurāciju, kā arī dod iespēju pieslēgties datu ieguves modulim no dispečera punkta. Viena krustojuma ietvaros nepieciešams izmantot 4 video kameras (2. attēls). Katra video kamera novietota savā virzienā. Dati no video kameras tiek apstrādāti atsevišķā datorā, kura

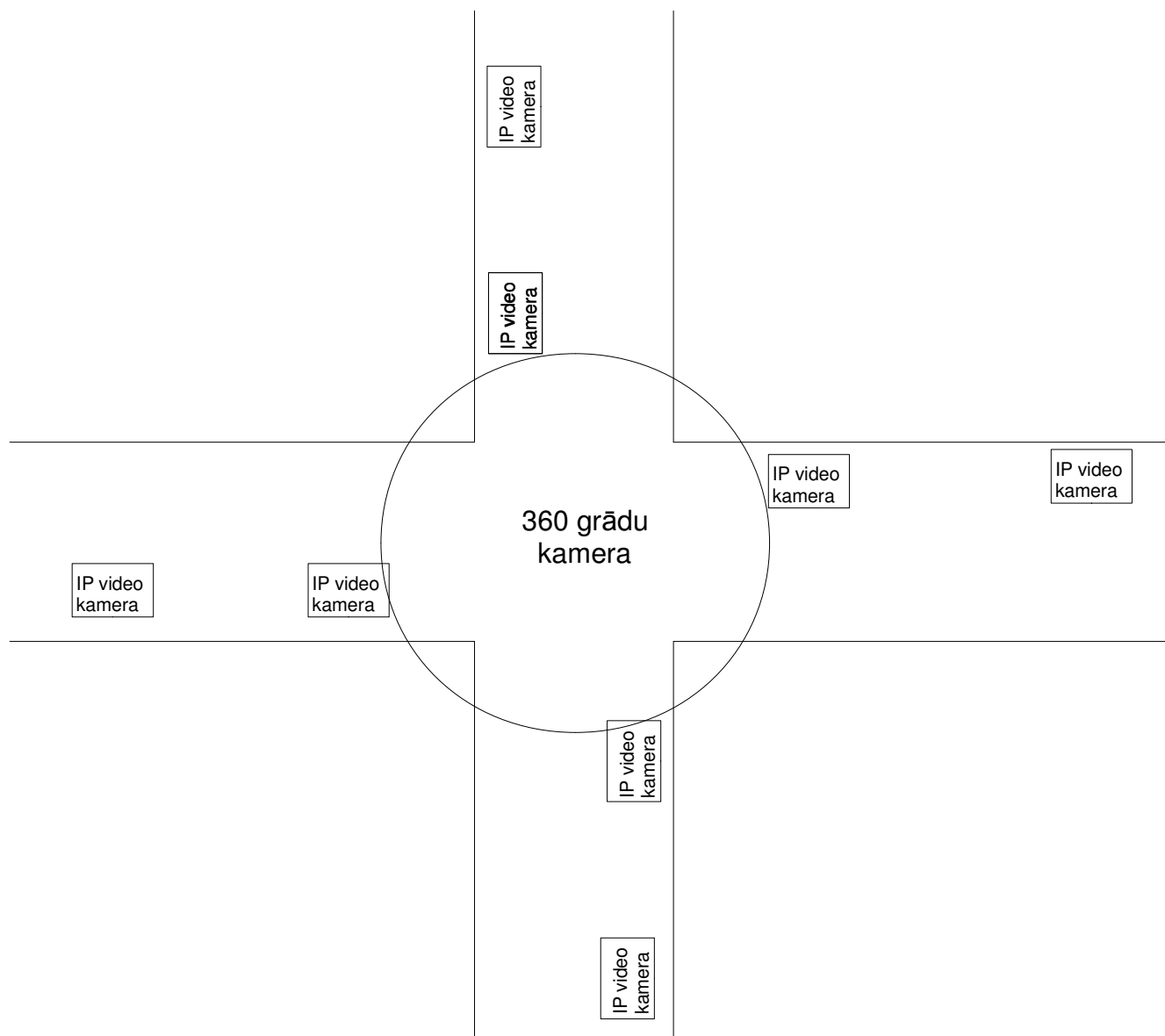


2. Attēls. Transporta līdzekļu detektēšanas izmantojot attēlu apstrādi blokskhēma

pamatzudevums ir video datu apstrāde. Šāds risinājums ieteicams, jo attēlu apstrāde ir resursu ietilpīgs process, pie tam uzdevums ir jāveic reālā laikā. Visas četras attēlu

apstādes stacijas savienotas ar centrālo serveri, kurš pieņem lēmumu par satiksmes kontroliera signālu attiecīgajās joslās. Veicot attēlu apstrādi, tiek iegūta informācija par transporta līdzekļu skaitu konkrētajā virzienā.

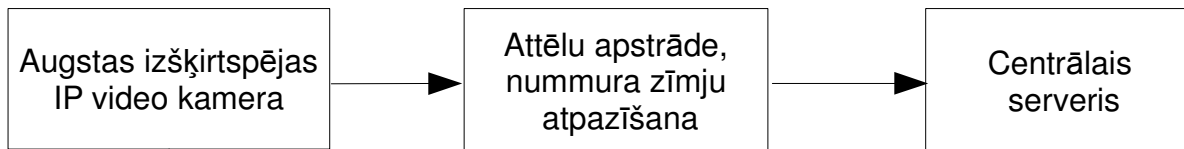
Lai iegūtu pilnīgu informāciju par stāvokli uz brauktuves, viena krustojuma ietvaros ieteicams izmantot 9 kameras – 8 standarta viena virziena IP kameras un viena 360 grādu kamera. 360 grādu kamera tiek novietota brauktuvju krustojuma centrā virs brauktuves. Kameras novietojuma augstums atkarīgs no redzes leņķa. Viena virziena kameras tiek novietotas uz katras no pieņākošajām brauktuvēm tādā attālumā, lai maksimāli nosegtu visu brauktuves virsmu un nepaliktu pārrāvumi starp video kameru redzes zonām (3. attēls)



3. Attēls. Video kameru novietojums krustojumā deviņu kameru gadījumā

Transporta līdzekļu nummura zīmju atpazīšanas blokshēma ir identiska iepriekš minētajai transporta līdzekļu atpazīšanas blokshēmai (4. attēls). Nummura zīmju atpazīšanas nodrošināšanai tiks izmantota IP kamera. Nummura zīmju atpazīšanai

nepieciešams izmantot augstākas izšķirtspējas videokameru kā transporta līdzekļu detektēšanā. Šī uzdevuma realizācijai jāizmanto atsevišķa kamera ar izšķirtspēju 1MPx vai vairāk. Lielais video attēla izmērs prasa arī attiecīgu skaitļošanas jaudu. Nummura zīmju atpazīšanai nepieciešamos skaitļošanas resursus nodrošina atsevišķs dators, kura uzdevums ir atrast transporta līdzekli, noteikt nummura zīmes atrašanās vietu, izdalīt un atpazīt simbolus uz atrastās nummura zīmes. Noteiktais transporta



4. Attēls. Nummura zīmju atpazīšanas blokshēma

līdzekļa reģistrācijas nummurs tiek nosūtīts centrālajam serverim, kurš iegūto informāciju uzglabā vai, atkarībā no konfigurācijas un pieprasījumiem, pārsūta tālāk. Video kameras ar datoru, kurš veic attēlu apstrādes uzdevumu, tiek savienotas izmantojot tīkla vadu (risinājumam ieteicams izmantot IP kameru). Attēlu apstrādes datori savienoti tīklā ar centrālo serveri, kurš veic brauktuves stāvokļa analīzi un nosaka satiksmes kontrolieru gaismas slēgšanas intervālus, analizējot iegūtos datus (transporta līdzekļu skaitu) katrā no brauktuvēm.

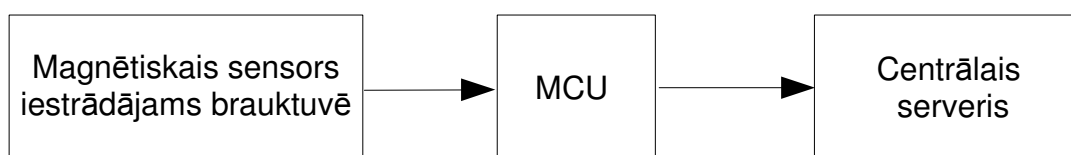
## Magnētisko sensoru risinājums

Kā vieni no sensoriem transporta līdzekļu reģistrācijai tiek izmantoti magnētiskā lauka sensori. Šie sensori mēra zemes radīto magnētisko lauku. Transporta līdzeklis, braucot garām magnētiskā lauka sensoram, rada lokālas izmaiņas (svārstības) zemes magnētiskā lauka līnijās. Reģistrējot magnētiskā lauka svārstības, iespējams noteikt transporta līdzekļa esamību sensora tuvumā. MITS punktā ieteicams izmantoti divus magnētisko sensoru veidus:

- brauktuvē iestrādājamus MEMS magnētiskos sensorus
- brauktuves malā novietojamus analogus magnētiskos sensorus

Magnētisko sensoru datu pārraidei ieteicams izmantots bezvadu sakaru risinājumus, jo datu pārraide izmantojot vadu risinājumu ievērojami apgrūtina sensoru uzstādīšanu, kā arī ir invazīva pret ceļa segumu.

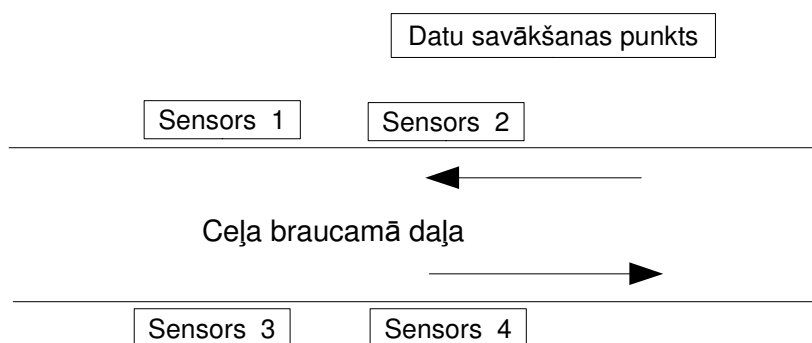
Viens no ieteicamajiem magnētiskā sensora risinājumiem ir brauktuvē iestrādāts magnētiskais sensors. Brauktuvē iestrādājams magnētiskais sensors dod iespēju veikt transporta līdzekļu klasifikāciju, kā arī aptuveni noteikt transporta līdzekļu pārvietošanās ātrumu. Šāds sensors ir stacionārs un nav pārvietojams nesabojājot brauktuves virsmu. 5. attēlā redzams magnētiskā sensora blokshēmas risinājums. Magnētiskais sensors veic zemes magnētiskā lauka reģistrāciju un iegūtos datus, izmantojot bezvadu sakaru risinājumu, nosūta mikrokontrolierim. Mikrokontrolieris atrodas brauktuves malā (līdz 20 metru attālumā no magnētiskā sensora). Mikrokontrolieris veic saņemto datu analīzi un nosaka, kad reģistrēts transporta līdzeklis. Konstatējot transporta līdzekļa esamību, dati tiek pārsūtīti centrālajam serverim. Nosakot transporta līdzekļa ātrumu, nepieciešams izmantot



5. attēls. Magnētiskā sensora risinājuma blokshēma

divus magnētiskos sensorus, novietotus secīgi vienu aiz otra. Attālums starp sensoriem ir atkarīgs no magnētiskā sensora signāla nolašu biežuma. MITS proejktā plānots izmantot MEMS magnetisko sensotu, kura datu iegūšanas frekvence ir 200 Hz. Pie šādas frekvences ieteicamais attālums starp sensoriem ir 0,8 – 1 mets.

Gadījumos, kad nepieciešama satikšems regulācija uz laiku, nepieciešams portatīvs, viegli pārvietojams MITS punkta risinājums. Šādos gadījumos ieteicams izmantot magnētiskos sensorus, kurus var novietot brauktuves malā. Novietojot magnētisko sensoru brauktuves malā, mainās prasības pret sensora parametriem (nepieciešama lielāka jūtība zemes magnētiskā lauka izmaiņas reģistrācijai). Šajā gadījumā jāizmanto citi magnētiskie sensori (piemēram HMC1002, HMC1001). Novietojot magnētiskos sensorus brauktuves malā, nav iespējams noteikt, kur tieši atrodas transporta līdzeklis, jo pretējā joslā braucošs autobuss vai komerc transports tiks detektēts kā vieglais tansporta līdzeklis. Lai šo trūkumu novērstu, ieteicams izmantot sensoru tīklu, kurš viena detektēšanas punkta ietvaros sastāv no 4 sensoriem (6. attēls).

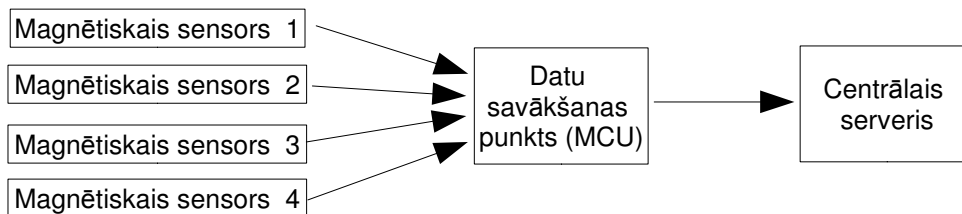


6. attēls Magnētisko sensoru tīkls transporta līdzekļu detektēšanai

Šāds risinājums ļauj noteikt kā transporta līdzekļa atrašanās vietu starp sensoriem, tā arī ātrumu. Gar sensoriem pārvietojoties smagajam transporta līdzeklim tas tiks reģistrēts abās brauktuves malās novietotajos sensoros, taču, attiecīgi tuvākajā sensorā magnētiskā lauka kropļojumi būs ievērojami lielāki. Salīdzinot signālu amplitūdas var noteikt, kurā brauktuves pusē atrodas transporta līdzeklis. Visi četri sensori informāciju par zemes magnētiskā lauka izmaiņām sūta uz atsevišķu datu savākšanas punktu, izmantojot bezvadu sakaru risinājumus (7. attēls). Datu avākšanas punkts veic katra sensora signāla amplitūdas izmaiņas novērtējumu un nosaka, kurā joslā tansporta līdzeklis atrodas. Piedāvātajā risinājumā, viena detektēšanas punkta ietvaros, tiek izmantoti 4 sensori, kas ļauj noteikt arī aptuvenu transporta līdzekļa ātrumu. Izmantojot divus sensorus (katrs novietots savā brauktuves pusē), tiek veikta transporta līdzekļa



reģistrācija. Izmantojot aprakstīto risinājumu, nav iespējams veikt smalku transporta



7. attēls. Brauktuves malā novietotu magnētisko sensoru risinākuma blokshēma

līdzekļu klasifikāciju, izņemot vieglā un smagā transporta līdzekļa noteikšanu. Taču šāda risinājuma izmantošana dod iespēju izveidot viegli pārvietojamu sistēmu, kuru var uzstādi uz neilgu laiku, piemēram brauktuves remonta vietās.

### PIR sensoru risinājums

Efektīvs veids, kā noteikt transporta līdzekļu atrašanos uz brauktuves ir izmantot PIR (*passive infrared*) sensorus. PIR sensori ir lēti un tiek plaši pielietoti. Ar šiem sensoriem iespējams detektēt tikai kustībā esošus transporta līdzekļus, jo sensors uztver infrasarkanā starojuma izmaiņas savā redzamības zonā. Kustīgajam objektam, šajā gadījumā transporta līdzeklim, ir jābūt atšķirīgai temperatūrai no apkārtējās vides (siltākai vai arī aukstākai). PIR sensorus ieteicam novieto virs brauktuves, perpendikulāri ceļa virsmai. Gadījumā, ja vienā virzienā ir vairākas braukšanas joslas, uz katru braukšana joslu jānovieto pa vienam sensoram Izmantojot šādu novietojumu, ir visaugstākais transporta līdzekļu izšķiršanas procents. Sensoru arī var novietot brauktuves malā izveidotā mastā. Ja katrā virzienā ir pa vienai braukšanas joslai, šāds risinājums dod identisku rezultātu, ka virs brauktuves noveitots PIR sensors. Taču vairāku joslu gadījumā var izveidoties situācija, ka tuvākajā joslā braucošais transporta līdzeklis aizsedz tālākā joslā braucošu transporta līdzekli, īpaši gadījumos, ja sensoram tuvākā joslā braucošais transporta līdzeklis ir klasificējams kā smaigais transporta līdzeklis. Lai šāda situācija neveidotos, masta augtumam, kurā tiek novietots sensors, jābūt vismaz 8 metri. Trešā iespēja ir novietot sensoru brauktuves malā, taču šajā gadījumā tiek detektēti abos virzienos braucošie transporta līdzekļi. Ja starp brauktuvēm atrodas atdalošā joslas, šāds risinājums ir pieļaujams. PIR sensora risinājuma blokshēma redzama 8. attēlā

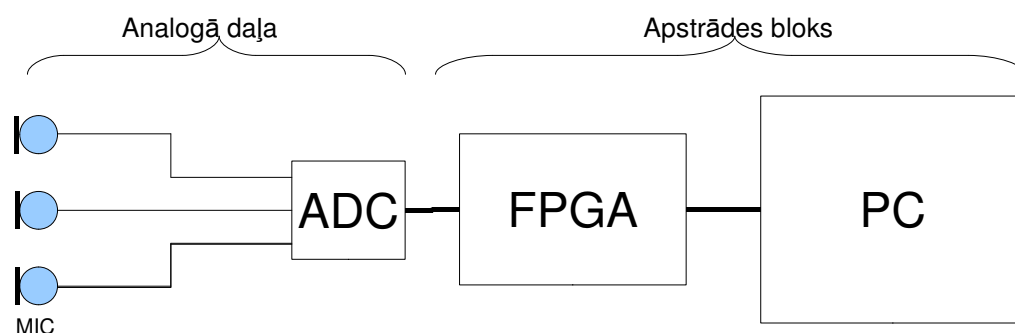


8. Attēls PIR sensora risinājuma blokshēma

PIR sensora signāls tiek apstrādāts, izmantojot mikrokontrolieri (MCU). Informācija par detektēto transporta līdzekli tiek nosūtīta uz centrālo serveri izmantojot bezvadu sakaru risinājumu.

## Akustisko sensoru risinājums

Transporta līdzekļa detektēšanai izmantot paša transporta līdzekļa radīto skaņu ir relatīvi jauns risinājums. Izmantojot mikrofonu matricas iespējams noteikt transporta līdzekļa pārvietošanās virzienu, kā arī, gadījumā, ja matricā mikrofoni ir novietoti vismaz trijās rindās, arī joslu, kurā konkrētais objekta atrodas. Mikrofonu matricas izmantošana transporta līdzekļu detektēšanai nedod augstu precizitāti, taču šis sensora veids ir neinvazīvs pret ceļa segumu, kā arī ir viegli pārvietojams. Lai no skaņas detektētu transporta līdzekli, nepieciešams veikt resursietilpīgus aprēķinus reālā laikā. Šī uzdevuma veikšanai ieteicams izmantot FPGA tehnoloģiju, jo vienlaicīgi jaapstrādā vairāki signāli, kuru diskretizācijas frekvence minimālajā gadījumā ir 20 kHz (jo augstāka diskretizācijas frekvence, jo precīzāk tiek noteikt skaņas pienākšanas leņķis). Šāda sensora izveidošana ir ievērojami dārgāka un laikietilpīgāka par iepriekš aprakstītajiem risinājumiem. Mikrofonu matricas risinājuma blokshēma redzama 9. attēlā.

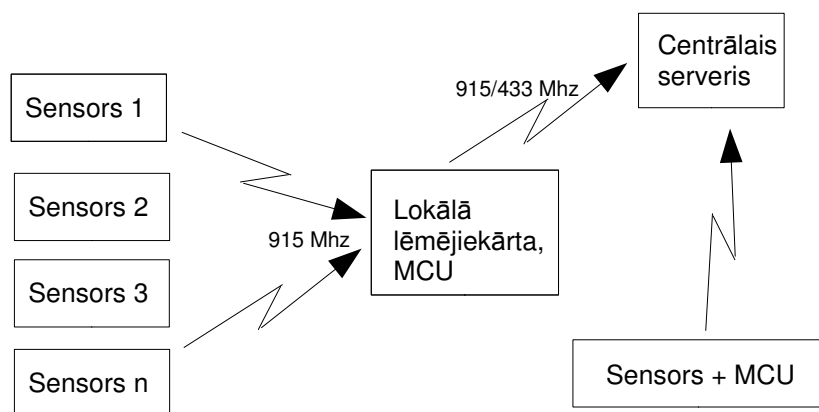


9. attēls. Mikrofonu matricas risinājuma blokshēma

Mikrofonu matrica sastāv no vismaz 3 mikrofoniem (ja nosaka skaņas pienākšanas virzienu horizontālā plaknē). Risinājumam ieteicams izmantot MEMS mikrofonus, jo tiem, salīdzinājumā ar analogajiem mikrofoniem, ir mazāka parametru izkliede. Iekārtā ieteicams implementēt FPGA risinājumu, kura nodrošina paralēlas darbības. Informācija par detektēto transporta līdzekli tiek sūtīta uz centrālo serveri. MITS punkta darbības un apkalpošanas vienkāršošanai ieteicams izmantot bezvadu sakaru risinājumu.

## Datu sūtīšana, sensoru sadarbība

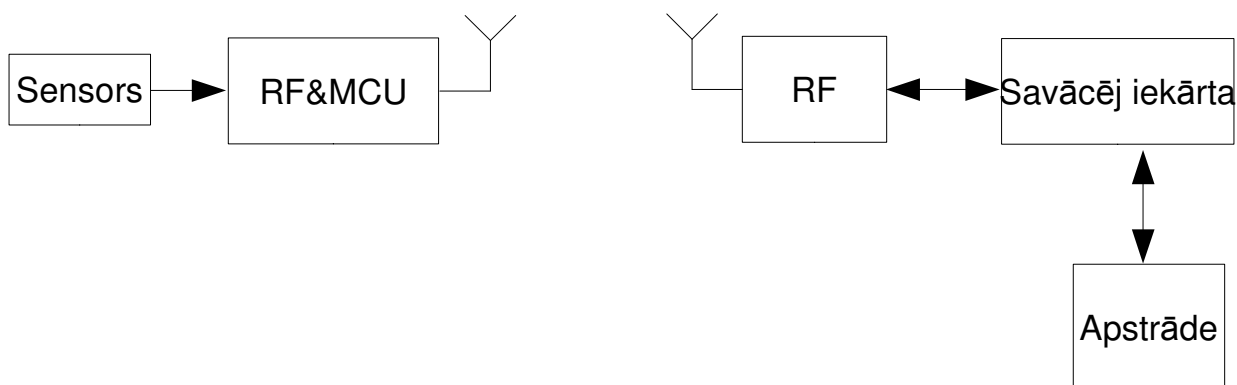
MITS punta izveidei ieteicams izmantot gan datu sūtīšanu izmantojot kabeli, gan bezvadu risinājumus. Kabeļu izmantošana datu sūtīšanai ieteicama video sensoriem. Tā kā kopējās sensoru sistēma sastāv arī no invazīviem



10. attēls. Bezvadu datu sūtīšanas risinājums MITS punktam

risinājumiem (sensori iestrādāti ceļa segumā), tad bezvadu komunikācija ir ērtāks un lētāks komunikāciju veids par vadu sakariem. Bezvadu risinājumus datu sūtīšanai ieteicams realizēt frekvencēs, kas mazākas par gigahercu. Standarta risinājumiem ieteicams zīmānot 433/868/915 MHz frekvences, kuras tiek atbalstītas dažādiem raidītājiem un uztvērējiem. Datu sūtīšanas apjomu uz centrālo serveri, kurš vienlaicīgi ir lēmējiekārta par satiksmes intensitāti, nepieciešams maksimāli samazināt. Labs risinājums ir veikt sensoru datu analīzi lokāli, bet uz centrālo serveri sūtīt tikai reģistrēto transporta līdzekļu skaitu un/vai klasifikāciju. Bezvadu sakaru risinājuma blokshēma redzama 10. un 11. attēlos.

Bezvadu sensoru tīkls sastāv no raiduztvērēju moduļiem, kuri pieslēgti pie devēj sensoriem un savācēj iekārtas. Datu plūsma tie koordinēta izmantojot savācēj iekārtas moduli, kurš sūta takts impulsus uz bezvadu moduļiem, kuri pieslēgti pie devēj sensora (magnētiskais, PIR u.c.).



11. Attēls. Bezvadu komunikācijas blokshēma.

Nepieciešams izmantot bezvadu pārraides moduļus, kuri nodrošina aptuveni līdz 200m darbības attālumu. Attālumu nosaka sensoru novietojuma uz ceļa un savācēj-iekārtas atrašanās vieta. Raiduztvērēju moduļu ar iebūvētiem mikro-kontrolieriem izmantošana ļauj daļu no sensoru mērījumu apstrādes realizēt uz paša raiduztvērēja moduļa, pēc tam uz centrālo serveri nosūtot tikai lēmumu par auto esamību un tā izmēriem sūtāmo datu apjoma samazināšanas nolūkā. Vadoties no datu apjoma, sūtīšanas biežuma un pārraides attāluma, kas sastāda dažus simtus metrus, jāizmanto raiduztvērēji, kuri darbojas frekvenču joslā 433MHz. Var izmantot Nordic Semi raiduztvērēju nRF9E5

ciparu magnētisko sensoru pieslēgšanai, analogo sensoru gadījumā nepieciešamas lielākas skaitļošanas jaudas, tāpēc šeit ieteicams izmantot CC430F5137 bezvadu komunikācijas nodrošināšanai. Lai sensoru mērījumu dati parādītu reālo situāciju uz ceļa, nepieciešams datus nolasīt vienlaicīgi no visiem sensoriem, tāpēc nepieciešams realizēt sensoru moduļu savstarpējās sinhronizācijas algoritmus un izmantot laikdales principu datu pārsūtīšanā. Laikdales princips ļauj efektīvāk izmantot bezvadu komunikācijas sistēmas jaudas, par cik sensori nesūta datus nepārtraukti, bet gan pēc noteikta cikla (perioda), kuru savukārt nosaka taktējošais raiduztvērēja modulis kopējā bezvadu sistēmā. Analogo sensoru nepieciešamā diskretizācijas frekvence ir 200Hz, līdz ar to jānodrošina viena punkta visu sensoru (4 magnētiskie sensori) datu sinhronu pārraidi. Par sinhronizācijas impulsu sūtītāju var izmantot atsevišķu raiduztvērēja moduli vai arī savācēj-iekārtu (lokālā lēmēj iekārta). Par cik lokālā lēmēj iekārta nodrošina visu sensoru moduļu datu savākšanu, tad ieteicams izmantot to kā taktējošo impulsu sūtītāju sensoru raiduztvērēju moduļiem. Jāņem vērā iespēja raiduztvērēju kopā ar sensoru iestrādāt ceļa segumā, līdz ar to ir svarīgi, lai raiduztvērēja antenas un sensora tehniskais izpildījums būtu pēc iespējas mazāks. Ieteicamais antenas risinājums ir uz iespiedplates izvilktis celiņš, kas vienkāršo kopējo ceļā iestrādājamo sensora konstrukciju, kurai jābūt pēc iespējas mehāniski izturīgākai, lai izturētu automašīnu radīto spiedienu uz ceļa virsmas. No sensoriem uz lokālo lēmējiekārtu, kas veic aprēķinus datus var sūtīt izmantojot 915 MHz frekvenci, kuras darbības radisuss ir līdz simts metriem, atkarībā no signāla jaudas un izvēlētas antenas risinājuma. Zemākas frekvences izmantošana palielina antenas izmērus, kas nav pieļaujams sensoru gadījumā, ja tie tiek iestrādāti brauktuvē, kā arī nav vēlams brauktuves malā novietotu sensoru gadījumā. 433 MHz frekvenci var izmantot datu sūtīšanai uz centrālo serveri, kur var būt lielāki attālumi no tālākiem sensoriem. Vairāku sensoru datu sūtīšanas multiplicēšana var tikt realizēta izmantojot TDMA vai FDMA principus, kuri ir pieejami praktiski visos bezvadu radio risinājumu moduļos.

Centrālā servera izeja uz ārpusauli (dispečera punktu vai citu objektu) var tikt nodrošināta izmantojot GSM tehnoloģijas (GSM modems), kuras ir pieejamas praktiski visur. Problēmas var būt ar reāla laika video datu sūtīšanu, kas aizņem visu atvēlēto kanāla platumu, taču mūsdienu video kompresijas metožu izmantošana ievērojami samazina nepieciešamo datu pārraides joslas platumu.

## **Laika apstākļu un ceļa stāvokļa noteikšana**

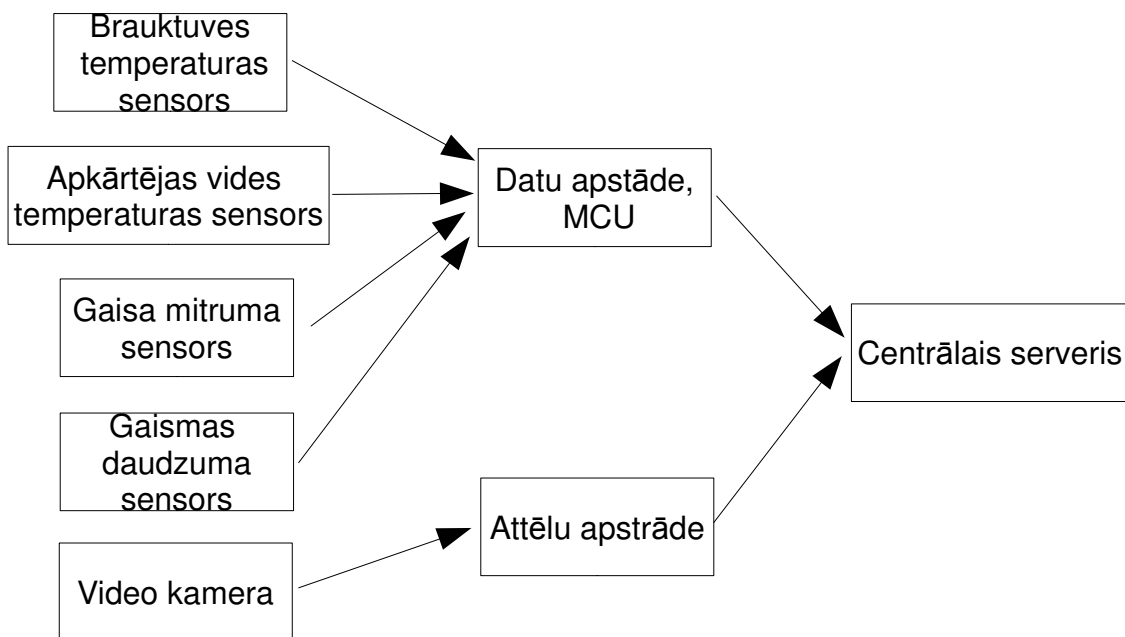
Laika apstākļu un ceļa stāvokļa sensori ir atsevišķs mezgls MITS punktā, kurš ir viens visas sistēmas ietvaros. Laika apstākļus iespējams noteikt kā izmantojot video kameru un attēlu apstrādi, tā arī dažādus sensorus – mitruma, gaismas, temperatūras, spiediena u.c. Video kameras izmantošanas gadījumā var rasties problēmas ar laika apstākļu noteikšanu diennakts tumšajā laikā, pie nosacījuma, ka konkrētais ceļa posms nav apgaismots. Piemēram, lietus vai sniega noteikšana ar video kameru ir vienkāršāk realizējama, kā ar sensoriem (ja neņem vērā attēlu apstrādes algoritmu datora resursu prasības). Bet jebkurā gadījumā, lai noteiktu gaisa mitrumu, nepieciešams mitruma sensors, temperatūru – temperatūras sensors. MITS punkta tehnoloģijai ieteicamais risinājums ir apvienot gan video apstrādes iespējas, gan dažādu sensoru doto informāciju par laika apstākļiem. Šāds risinājums dod rezultātu ar augstu ticamību.

Brauktuves stāvokļa noteikšanai var izmantot dažādus risinājumus:

- video apstrāde

- ceļa stāvokļa noteikšana ar lāzeri
- ceļa stāvokļa noteikšana ar brauktuvē iestrādātu sensoru
- ceļa stāvokļa noteikšana ar netiešām metodēm (mitruma, temperatūras, vēja sensori
- ceļa stāvokļa noteikšana ar mikrofonu

Vienīgais pret ceļa segumu invazīvais risinājums ir ceļa stāvokļa noteikšana izmantojot brauktuvē iestrādātu sensoru. Pārējie risinājumi ir neinvazīvi, taču ar dažādu precizitātes pakāpi. Visprecīzākā no minētajiem neinvazīvajiem sensoriem ir lāzera (spektroskopijas) izmantošana, kas arī ir visdārgākais risinājums. MITS punkta izstrādē ieteicams izmantot ceļa stāvokļa noteikšanu netiešā veidā – ar dažādiem sensoriem (apkārtējās vides temperatūra, atmosfēras spiedies, gaisa mitrums, vēja stiprums un virziens, brauktuves temperatūra). Blokskhēma izmantojamiem sensoriem redzama 12. attēlā. Brauktuves temperatūru iespējams noteikt gan tiešā veidā, iestrādājot ceļa braucamajā daļā temperatūras sensoru, gan arī mērot brauktuves virsmas temperatūru no attāluma (piemēram PIR sensoru risinājumi).



12. Attēls. Ceļa stāvokļa un laika apstākļu noteikšana blokskhēma.