

Pilot 4G5

Eindrapportage



4G5

Documenttitel: Eindrapportage, Pilot 4G5

Versie: Definitief

Datum: 31 augustus 2020

Opdrachtgever: Provincie Noord-Holland

Partners: V-tron, Be-mobile, Swarco, MAPtm



INHOUD

4	 	Managementsamenvatting
7	 	1 Inleiding
7		1.1 Aanleiding
7		1.2 Consortium 4G5
8		1.3 Pilotlocatie
9		1.4 Leeswijzer
10	 	2 Opzet en uitvoering onderzoek
10		2.1 Stappenplan
10		2.2 Opstellen Projectplan
11		2.3 Inrichten pilot locatie
12		2.4 Uitvoeren pilot
13		2.5 Analyse en evaluatie
14	 	3 Resultaten pilot
14		3.1 Onderzoeksvraag 1: Functionele en technische architectuur GLOSA
20		3.2 Onderzoeksvraag 2: Invloed GLOSA op samenwerking
23		3.3 Onderzoeksvraag 3: Geschiktheid iVRI's voor GLOSA
29		3.4 Onderzoeksvraag 4: Effecten GLOSA op doorstroming en veiligheid
32		3.5 Onderzoeksvraag 5: Bruikbaarheid en kwaliteit CAM berichten
40		3.6 Onderzoeksvraag 6: Voor- en nadelen hybride uitvoering GLOSA
44		3.7 Onderzoeksvraag 7: Bijdrage GLOSA bij informeren weggebruikers
47	 	4 Conclusies en aanbevelingen
51	 	5 Evaluatie
51		5.1 Evaluatie op onderzoek en proces
51		5.2 Leerpunten
55	 	Bijlage 1: Verantwoordelijkheden stakeholders

MANAGEMENTSAMENVATTING

De provincie Noord-Holland staat voor grote maatschappelijke opgaven aan de lat. Grote steden introduceren milieuzones en weren daarmee oudere, vervuilende voertuigen. Aan de lopende band worden woningen bijgebouwd. In Noord-Holland alleen al, komen er tot 2040 honderdduizenden woningen bij. Als we niets doen betekent dat 40% meer verkeer, met niet alleen meer files tot gevolg. Het is ook slechter voor het milieu. De provincie investeert daarom in duurzaamheid, goede bereikbaarheid, een gezonde leefomgeving en mobiliteit. Met Smart Mobility zetten we in op slim, schoon en veilig reizen in Noord-Holland.

Binnen de provincie Noord-Holland loopt tot en met 2021 daarom het Uitvoeringsprogramma Smart Mobility. Hierbij wordt gekeken welke nieuwe technologieën en innovaties een succesvolle bijdrage kunnen leveren aan de maatschappelijke opgaven. In dit programma wordt expliciet ingezet op publiek-private samenwerking waarbij ook kennisinstellingen en gebruikers worden betrokken. Om nieuwe toepassingen daadwerkelijk in de praktijk tussen het verkeer uit te testen met pilots heeft de provincie een proeftuin ingericht op de provinciale wegen rond Schiphol. Deze proeftuin bevat onder andere een groot aantal intelligente verkeerslichten (iVRI's). De intelligente verkeerslichten zijn ontworpen voor drie toepassingen: het informeren van weggebruikers, het prioriteren van specifieke doelgroepen en het optimaliseren van de verkeersafwikkeling op één of meerdere kruispunten. Het verkeerslicht communiceert volgens een wereldwijde standaard wanneer de overgangen van lichtkleur gaan plaatsvinden en op basis hiervan kan een snelheidsadvies aan de weggebruiker gegeven worden. Deze service staat bekend als GLOSA: "Green Light Optimised Speed Advice". De gedachte is dat een weggebruiker hiermee beter kan anticiperen op het verkeerslicht en daarmee het aantal stops en bijbehorende uitstoot en energieverbruik vermindert.

In het kader van het Uitvoeringsprogramma hebben SWARCO, Be-Mobile, V-tron, MAPtm en de provincie Noord-Holland het onderzoeks- en ontwikkelproject 4G5 uitgevoerd. Dit project richtte zich op de beantwoording van een 7-tal onderzoeksvragen rondom de iVRI en de GLOSA toepassing. De onderzoeksvragen zijn als volgt samen te vatten in twee hoofdvragen:

- 1 Is de huidige techniek voldoende ontwikkeld om een goed snelheidsadvies te kunnen geven?
- 2 Wat vinden weggebruikers van de huidige service?

Een wezenlijk onderdeel van het project was een operationele pilot van 6 weken in de proeftuin rond Schiphol waarbij [verschillende gebruikers de GLOSA-dienst hebben getest](#). De verzamelde data is geanalyseerd door de verschillende partijen om antwoord te geven op de onderzoeksvragen. Hierbij was TNO (in opdracht van de provincie Noord-Holland) verantwoordelijk voor het gebruikersonderzoek.

De uitvoering van het project heeft geresulteerd in een groot aantal inzichten en conclusies die hieronder in een viertal onderwerpen gegroepeerd zijn.

Organisatie

Om een GLOSA-dienst te kunnen leveren is een (technische) keten van systemen (architectuur) nodig waarin verschillende stakeholders een rol spelen. Het beheren van de keten, en daarmee

borgen van continuïteit en kwaliteit is een belangrijk aandachtspunt. Zoals in alle ketens bepaalt ook hier de zwakste schakel de kwaliteit van de gehele keten. Bij een architectuur die bestaat uit een directe “verbinding” tussen de iVRI en het voertuig is deze keten aanzienlijk korter dan in de mobiele variant. In de gehele GLOSA-keten dient gebruik gemaakt te worden van dezelfde standaarden die op dezelfde wijze toegepast moeten worden (profilering). Dit moet vooraf duidelijk afgesproken worden met alle stakeholders in de keten. Dit betekent dat er sprake is van een sterke afhankelijkheid tussen de verschillende stakeholders. Werkt een schakel in de keten niet goed, dan heeft dat gevolgen voor de andere stakeholders en impact op de gehele keten. Een belangrijk evaluatiepunt is dat er op dit moment geen “ketenverantwoordelijke” is voor de verschillende iVRI diensten. Het gaat hierbij niet alleen om de technische keten maar ook de functionele werking; is het uiteindelijke advies aan de weggebruiker ook hetgeen “verwacht/gewenst” wordt?

Gedurende de pilot is de meerwaarde van een hybride aanpak (d.w.z. 2 verschillende technische ketens) duidelijk naar voren gekomen. Toepassen van complementaire technologie is een maatregel die vaak gebruikt wordt om continuïteit te vergroten bij storingen en zorgt er in het geval van de GLOSA-service tevens voor dat het bereik (aantal gebruikers) groter is.

Veiligheid en doorstroming

Voor het analyseren van het effect van GLOSA op de veiligheid en doorstroming is gebruik gemaakt van een controlegroep (niet-GLOSA gebruikers) en een testgroep (GLOSA-gebruikers).

Wat betreft de doorstroming is er geen significant verschil vastgesteld tussen de controlegroep en de testgroep. Dit resultaat is als volgt te verklaren: Gegeven de beperkte penetratiegraad van het aantal GLOSA-gebruikers in het studiegebied wordt ingeschat dat de doorstroming voornamelijk gedreven wordt door de inregeling van de iVRI's op de kruispunten en de drukte op de rijbaan. De GLOSA-gebruikers worden in hun rijgedrag “gehinderd” door de andere automobilisten.

Techniek

Er is onderzocht of de regelingen in de iVRI's in het pilot gebied, geschikt te maken zijn (kwaliteit en betrouwbaarheid) voor GLOSA. Volledig voertuigafhankelijke regelingen bieden geen stabiele voorspellingen door de frequente aanpassingen van de regeling aan het verkeersaanbod. Gebleken is dat het ‘slim verstarren’ van de regelingen, een positief effect heeft op de kwaliteit van de GLOSA-adviezen. Verder verstarren of het toepassen van “slimmere” regelingen die meer regelen op basis van voorspellingen kunnen de betrouwbaarheid nog verder vergroten. Ook het toevoegen van actuele wachtrij-informatie zoals hier via radarcamera's is gedaan leidt tot een beter snelheidsadvies.

Er is ook gekeken naar de bruikbaarheid van posities voertuigen (CAM-berichten). Hieruit komt naar voren dat de nauwkeurigheid van binnenkomende posities uit de CAM-berichten met als bron een onboard unit (OBU) geïntegreerd in de auto groter is dan die in CAM-berichten van een smartphone. De positiebepaling van ‘smartphone’ voertuigen is op dit moment niet nauwkeurig genoeg om het vervangen van de huidige lussen in het wegdek mogelijk te maken.

De verkeerslichten in het pilotgebied zijn allen uitgerust met twee communicatiepaden naar de weggebruiker: Via het mobiele netwerk en via directe communicatie. Gebleken is dat beide technieken goed bruikbaar zijn voor GLOSA en als redundante paden kunnen dienen. Ook wordt het bereik van de dienst vergroot doordat zowel weggebruikers en voertuigen met alleen het mobiele netwerk als via directe communicatie bereikt kunnen worden.

Weggebruiker

Om een gevoel te krijgen wat het effect van GLOSA is op het gedrag van de weggebruikers is onderzoek gedaan naar objectief gedrag (wat doet GLOSA daadwerkelijk met het rijgedrag) als naar subjectief gedrag (hoe hebben weggebruikers GLOSA ervaren).

Uit de metingen van het objectieve verkeersgedrag blijkt dat een GLOSA-advies in de huidige vorm in beperkte mate invloed heeft op het rijgedrag van weggebruikers.

Door middel van interviews is naar het subjectieve gedrag van de weggebruikers gekeken. Daaruit komt als belangrijkste argument voor weggebruikers om GLOSA-advies op dit moment nog niet te gaan gebruiken naar voren, dat de adviezen in veel gevallen niet opgevolgd kunnen worden. Men ziet de potentie van het advies en vindt de wijze waarop het wordt aangeboden prettig. Er moeten echter nog een aantal slagen gemaakt worden om de adviezen goed bruikbaar te maken.

De vorm waarin de informatie aan de weggebruiker wordt gepresenteerd, de human machine interface (HMI) is uitgebreid onderzocht. Dit heeft geleid tot een aantal eisen voor toekomstbestendige HMI; het minimaliseren van de informatie (kunst van het weglaten) en alleen informatie/advies tonen welke van toepassing is en direct toepasbare informatie/adviezen.

Integrale conclusie

De techniek werkt, maar op dit moment is de kwaliteit van het advies en dus de service die geboden wordt nog niet van voldoende toegevoegde waarde voor de weggebruikers. Verdere ontwikkelingen op dit gebied zou de potentie in zowel het verminderen van uitstoot en het verbeteren van de doorstroming verhogen. Deze potentie wordt zowel door weggebruikers als de wegbeheerder gezien. De uitkomsten worden daarom gedeeld met wegbeheerders en gebruikt in vervolgstappen zoals de consolidatie van de iVRI en een vervolgtraject bij de provincie Noord-Brabant.

Voor een goede en betrouwbare werking van de GLOSA-functionaliteit is zijn nog betere voorspellingen nodig. Verder is het goed werkend krijgen van de gehele keten, waarbij verschillende stakeholders verantwoordelijk zijn voor de verschillende schakels, een belangrijke voorwaarde en uitdaging.



INLEIDING

1.1 AANLEIDING

De provincie Noord-Holland staat voor grote maatschappelijke opgaven aan de lat. Grote steden introduceren milieuzones en weren daarmee oudere, vervuilende voertuigen. Aan de lopende band worden woningen bijgebouwd. In Noord-Holland alleen al, komen er tot 2040 honderdduizenden woningen bij. Als we niets doen betekent dat 40% meer verkeer, met niet alleen meer files tot gevolg. Het is ook slechter voor het milieu. De provincie investeert daarom in duurzaamheid, goede bereikbaarheid, een gezonde leefomgeving en mobiliteit. Met Smart Mobility zetten we in op slim, schoon en veilig reizen in Noord-Holland.

Het uitvoeringsprogramma Smart Mobility loopt tot en met 2021. In het programma wordt expliciet ingezet op publiek-private samenwerking waarbij ook kennisinstellingen en gebruikers direct betrokken worden. Om nieuwe toepassingen daadwerkelijk in de praktijk tussen het verkeer uit te testen met pilots richt de provincie een proeftuin in op de provinciale wegen rond Schiphol. Daarnaast bestudeert de provincie de mogelijkheden om in het landelijke gebied pilots uit te voeren met vraagafhankelijk zelfrijdend vervoer.

Met de partijen SWARCO, Be-mobile, V-tron, MAPtm en de provincie Noord-Holland is een projectplan¹⁾ geschreven voor het uitvoeren van het onderzoeks- en ontwikkelproject pilot 4G5. Dit project richtte zich op de beantwoording van een 7-tal onderzoeksvragen rondom de iVRI en de GLOSA toepassing. De onderzoeksvragen zijn als volgt samen te vatten in twee hoofdvragen:

- 1 Is de huidige techniek voldoende ontwikkeld om een goed snelheidsadvies te kunnen geven?**
- 2 Wat vinden weggebruikers van de huidige service?**

De onderzoeksvragen die ten grondslag liggen aan deze hoofdvragen zijn:

- 1 Hoe zien de functionele en technische architectuur eruit (Talking Traffic gekoppeld aan ITS-G5) en welke invloed heeft dit op de architectuur van de provincie?
- 2 Welke invloed heeft GLOSA op de samenwerking tussen de wegbeheerder, de iVRI leverancier en serviceprovider?
- 3 In hoeverre zijn de kruispunten met iVRI's, waarin voertuigafhankelijke regelingen met "slim verstarren" actief zijn, geschikt voor GLOSA en op welke wijze kunnen ze hiervoor beter geschikt gemaakt worden?²⁾
- 4 Wat zijn de effecten van GLOSA op de doorstroming en veiligheid en wat is de toepasbaarheid hiervan op provinciale wegen en kruispunten?
- 5 Op welke wijze zijn in de iVRI binnenkomende CAM-berichten (ITS-G5 en 4G) bruikbaar in een voertuigafhankelijke verkeersregeling en is de kwaliteit van de CAM-berichten (locatie per rijstrook, latency, betrouwbaarheid, frequentie) voldoende voor deze toepassing? Wat is het verschil in exploitatie (beheer) kosten tussen klassieke detectie inputs bij iVRI's (lussen en drukknoppen) en in de iVRI binnenkomende CAM-berichten (ITS-G5 en 4G)?
- 6 Welke functionele, technische en operationele voor- en nadelen (bijvoorbeeld m.b.t. data validatie en fallback) heeft de hybride uitvoering van GLOSA (ITS-G5 en 4G)?
- 7 Op welke wijze draagt hybride GLOSA bij aan het op juiste en actuele wijze informeren van de weggebruiker en welke invloed heeft dat op de weggebruiker? Hoe ziet het 'juiste' of 'meest wenselijke' GLOSA-advies aan de weggebruiker eruit?

1.2 CONSORTIUM 4G5

Voor de uitvoering van de pilot 4G5 is een consortium samengesteld waar de volgende partijen deel van

1) Projectplan pilot 4G5, dd 13-05-2019

2) Dit is de herziene onderzoeksvraag 3. In paragraaf XX is een toelichting gegeven op deze wijziging

uitmaken: Swarco, V-tron, Be-mobile, MAPtm en de Provincie Noord-Holland. Omdat het project ook een onderzoekscomponent bevat is ook het onderzoeksinstituut TNO betrokken bij het project.

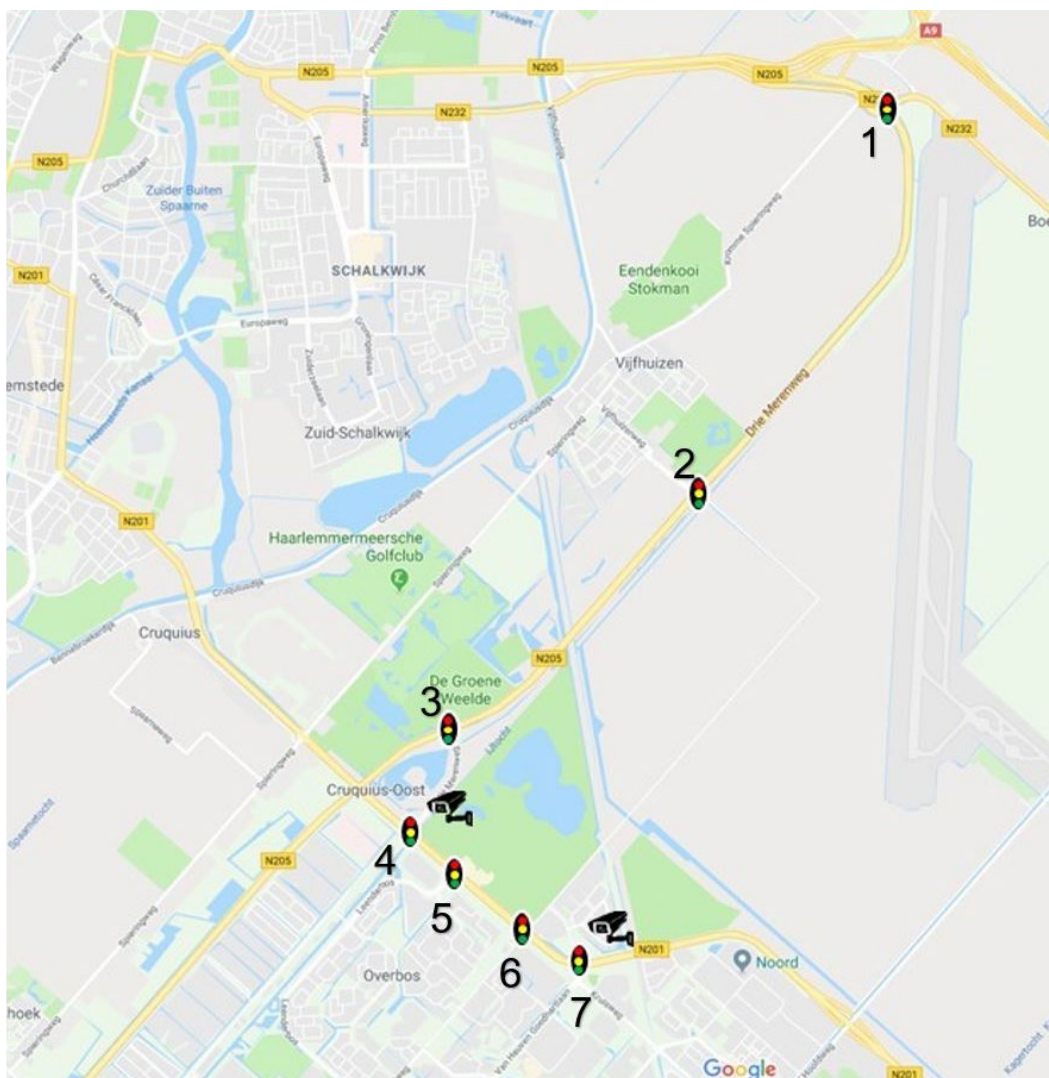
Gezamenlijk is een projectplan voor het onderzoek opgesteld waarin de onderzoeksvragen verder zijn uitgewerkt. De verschillende onderzoeksvragen zijn ingebracht door de betrokken partijen en in deze rapportage beantwoord.

Een wezenlijk onderdeel van het project was een operationele pilot van 6 weken in de proeftuin rond Schiphol waarbij verschillende gebruikers de GLOSA-dienst hebben getest. De verzamelde data is geanalyseerd door de verschillende partijen om antwoord te geven op de onderzoeksvragen. Hierbij was TNO (in opdracht van de provincie Noord-Holland) verantwoordelijk voor het gebruikersonderzoek.

1.3 PILOTLOCATIE

Voor de uitvoering van de pilot wordt gebruik gemaakt van een 3-tal iVRI's op de N205 en 4 iVRI's op de N201. In de afbeelding zijn de betreffende kruispunten weergegeven.

Afbeelding 1 | Locatie uitvoering pilot



- 1 Drie Meerenweg (N205) – Schipholweg (205136)
- 2 Drie Meerenweg (N205) – Vijfhuizerweg – Stelling (205167)
- 3 Drie Meerenweg (N205) – Drie Meerenweg (verbindingsweg N205) (205191)
- 4 Kruisweg (N201) – Drie Meerenweg (201234)
- 5 Kruisweg (N201) – Leenderbos (201239)
- 6 Kruisweg (N201) – IJweg (201249)
- 7 Kruisweg (N201) – Adrianahoeve – Weg Om de Noord (N201) – Van Heuven Goedhartlaan (201291)

Camera's

Ten behoeve van het detecteren van de wachtrijen en de mogelijkheid om ruwe beelden op te nemen (CAM-kwaliteitsmeting, locatie en tijdstip) zijn er op een tweetal kruispunten camera's opgehangen. Het gaat om de volgende kruispunten:

- **Drie Meerenweg (N205) – Drie Meerenweg (verbindingsweg N205)**
De camera is gericht op de richtingen 04,05,06



Afbeelding 2 | Locatie camera N205

- **Kruisweg (N201) – Adrianahoeve – Weg Om de Noord (N201) – Van Heuven Goedhartlaan**
De camera is gericht op de richtingen 07,08,09



Afbeelding 3 | Locatie Camera N201

1.4 LEESWIJZER

Het voorliggende rapport geeft een totaaloverzicht van de resultaten. Alle leden van het consortium hebben bijgedragen aan het tot stand komen van het rapport. Na de inleiding volgt een hoofdstuk waarin de opzet en de wijze van uitvoering van het onderzoek kort worden toegelicht. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven. Voor de beantwoording van onderzoeksvraag 4, 6 en 7 zijn de belangrijkste punten in dit hoofdreport opgenomen. Voor verdere diepgang en analyseresultaten zijn de betreffende rapportages separaat bijgevoegd. Per paragraaf worden de onderzoeksvragen beantwoord. In de twee laatste hoofdstukken zijn de belangrijkste conclusies weergegeven en zijn evaluatie- en leerpunten opgenomen.

OPZET EN UITVOERING ONDERZOEK

2.1 STAPPENPLAN

Voor de uitvoering van het project is gestart met een gezamenlijk opgesteld projectplan. In onderstaand overzicht zijn de verschillende stappen weergegeven. In de navolgende paragrafen is voor de stappen 0 tot en met 3 een toelichting gegeven ten aanzien van de opzet en uitvoering.

Figuur 1 | Stappenplan

Stap 0	Opstellen projectplan				
	Architectuur	Onderzoeksdoel Onderzoeksvragen	Plan van aanpak	Begroting	Planning
Stap 1	Inrichten pilotlocatie				
	Activiteiten op pilotlocatie	Benodigde data	Activiteiten tbv analyse/ evaluatie	Integratietest	
Stap 2	Uitvoeren pilot				
Stap 3	Analyse en evaluatie				
	Beantwoorden onderzoeksvragen			Evaluatie	
	Organisatie	Use case	Weggebruikers	Conclusies	Aanbevelingen
Stap 4	Rapportage				
Stap 5	Inzicht in lessons learned en aanbevelingen				

2.2 OPSTELLEN PROJECTPLAN

Het project is gestart met een projectplan³⁾ waarin het doel en de verschillende onderzoeksvragen zijn vastgelegd. Per onderzoeksvraag zijn door de verschillende partijen de volgende vragen beantwoord:

- 1 Wat ga je doen om onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden?
- 2 Welke data heb je hiervoor nodig en dient gelogd te worden?
- 3 Welke aanvullende data of middelen heb je nodig?
- 4 Wat moet vooraf geregeld worden alvorens pilot kan starten?
- 5 Wat heb je nodig van één van de andere partners?

Vervolgens is er een plan van aanpak opgesteld waarin de activiteiten zijn opgenomen om te komen tot het beoogde eindresultaat.

Om efficiënter te kunnen werken zijn er verschillende werkgroep geformeerd, te weten:

- Werkgroep 1: Wegkantsystemen
- Werkgroep 2: Communicatie over air
- Werkgroep 3: HMI
- Werkgroep 4: Testen en pilot
- Werkgroep 5: Analyse en evaluatie

Voor elke werkgroep is er een trekker aangewezen die de werkgroep vertegenwoordigde.

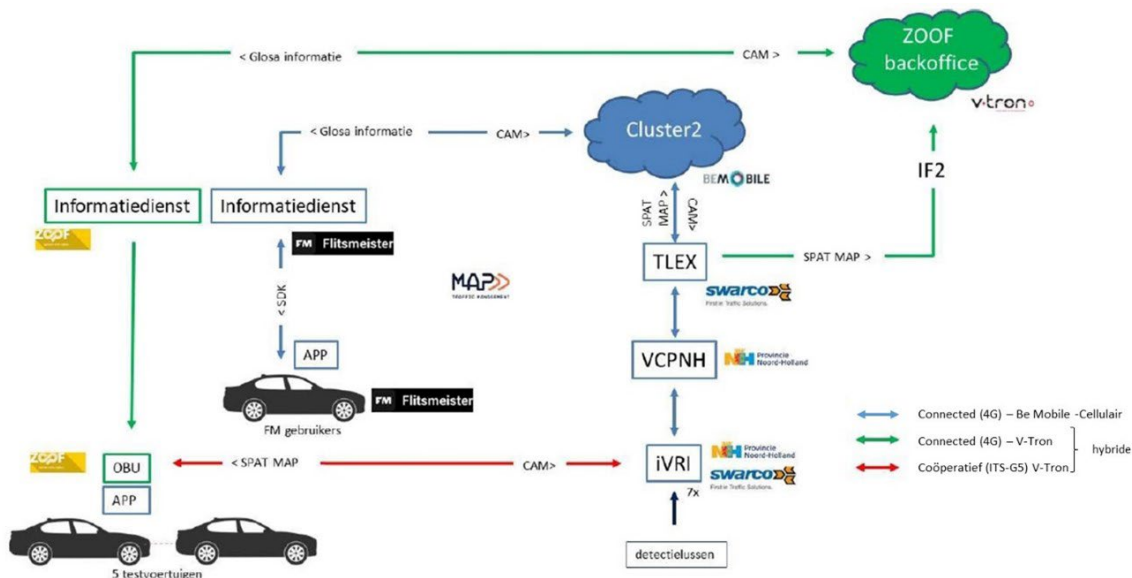
3) Projectplan Pilot 4G5, dd 13 mei 2019

2.3 INRICHTEN PILOT LOCATIE

Om inzicht te krijgen in de huidige data stromen is de architectuur van de pilot locatie vastgelegd in onderstaande afbeelding. Deze architectuur is tot stand gekomen middels overleg met alle 4G5 partijen.

Binnen de architectuur wordt deels gebruik gemaakt van de al bestaande architectuur vanuit het project Talking Traffic. In de architectuur zijn de data stromen weergegeven die benodigd zijn om deze pilot uit te voeren.

Afbeelding 4 | Architectuur pilot locatie



Benodigde data

Per onderzoeksvraag is geïnventariseerd welke data behoefte er is bij de partijen om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden. Deze behoefte is vastgelegd waarmee vervolgens gecheckt kon worden of de betreffende data ook daadwerkelijk beschikbaar is en hoe deze ontsloten wordt.

Integratietest

Om te kunnen testen of de techniek in de gehele keten, de benodigde data en de processen op de juiste wijze werken is er een integratietest uitgevoerd.

Scope van de verschillende testen was:

- Testen van de aanwezige techniek
 - GLOSA 4G
 - GLOSA ITS-G5
 - Werking iVRI (intelligent verstarren)
 - Aanwezigheid wachtrij-informatie
- Logging/data

CAM berichten

- SPAT/MAP
- VLOG
- OBU data
- FM data
- Wachtrij informatie
- Camerabeelden

Op 3 december 2019 zijn er op de pilotlocatie (zie Afbeelding 1) testritten gemaakt en zijn de checklists die opgenomen waren in het draaiboek ingevuld door zowel V-tron als Be-mobile. Na afloop is door geconcludeerd dat er een aantal issues waren die opgelost moesten worden, maar dat dit het plannen en uitvoeren van de pilot niet in de weg stonden.

2.4 UITVOEREN PILOT

Voor het uitvoeren van de pilot is er een pilotplan opgesteld waarin naast algemene informatie, de activiteiten per partij en een beheerplan is opgenomen.

Het beheerplan is opgedeeld in verschillende onderdelen, te weten:

- 1 Monitoren
- 2 Storingsproces
- 3 Gepland onderhoud
- 4 Logging

Voor elk van deze onderdelen is het proces vastgelegd in het pilotplan en als zodanig toegepast tijdens de uitvoering van de pilot.

Pilotperiode

De pilot heeft plaatsgevonden van 15 januari 2020 tot en met 28 februari 2020. Gedurende deze periode is de GLOSA dienst door verschillende gebruikers getest en is er data verzameld. De gebruikers zijn onder te verdelen in 3 verschillende groepen, te weten:

- 1 Studenten die testen met OBU van V-tron (ZOOF-app)
- 2 Gebruikersgroep Provincie Noord-Holland (Flitsmeister met GLOSA)
- 3 Beta groep Flitsmeister gebruikers (Flitsmeister met GLOSA)

Ad 1 Studenten testdag

De studenten zijn ingezet op 28 januari 2020. Gedurende de dag hebben 16 studenten rondgereden over de pilotlocatie met voertuigen die waren voorzien van een OBU van V-tron. Via deze weg kreeg de bestuurder een GLOSA-advies.

Doel van de dag was zoveel mogelijk bruikbare data en informatie (gebruikerservaringen) ophalen als input voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen.

De studenten hebben zowel vooraf als achteraf vragenlijsten ingevuld. Vooraf over de verwachtingen ten aanzien van GLOSA en achteraf over de ervaringen en gebruiksgemak van GLOSA en over de ervaringen van het gebruik van de ZOOF-app over de verwachtingen en ervaringen van GLOSA in het algemeen en de ervaringen en het gebruiksgemak van. De vragenlijsten zijn in bijlage xx opgenomen.

Ad 2 Gebruikersgroep PNH

Door de provincie Noord-Holland zijn er binnen het eigen personeelsbestand medewerkers geworven om deel te nemen aan de pilot waarbij GLOSA techniek getest zou worden. De geïnteresseerden hebben aangegeven regelmatig gebruik te maken van de N201 en/of N205.

Om aan de pilot deel te nemen dienden de PNH-gebruikersgroep een aantal stappen te doorlopen om de innovatieve GLOSA techniek te testen. Met behulp van een instructie document is uitgelegd op welke wijze Flitsmeister gedownload kan worden en hoe GLOSA aangezet moet worden.

Na afloop van de pilot is de gebruikersgroep gevraagd een vragenlijst in te vullen om te onderzoeken welke invloed GLOSA-advies heeft op de gebruiker en hoe hij/zij de adviezen heeft ervaren. Daarnaast is er nog gevraagd naar verbetervoorstellen die gebruikt kunnen worden om de app en de techniek verder te verbeteren.

Ad 3 Beta groep FM-gebruikers

Ter voorbereiding op de pilotperiode dienden er FM-gebruikers geworven te worden die regelmatig rijden in het pilot gebied en geïnteresseerd zijn in de GLOSA-toepassing (testgroep). Hieronder de stappen die genomen zijn om tot een zo groot mogelijke FM-gebruikersgroep te krijgen.

- Rond de locatie van de IVRI's is een LBA-campagne (Location Based Advertisement) gestart
- Een gebruiker krijgt aan het einde van de rit (indien hij/zij deze campagne is gepasseerd), een melding of hij al dan niet wenst deel te nemen aan een pilot.
- Bij de start van de pilot krijgen de aangemelde gebruikers de nodige instructies en is er meer informatie over de pilot gegeven.
- Gedurende de pilot is de LBA operationeel gebleven om genoeg gebruikers te werven.

Resultaat werving

Met de testgroep kan het effect van de GLOSA-informatie op het rijgedrag worden getest, dit op basis van verrijkte GPS-posities van FM-gebruikers. De testgroep kreeg toegang tot de GLOSA-functionaliteit in de FM app.

Door het vergelijken van het rijgedrag van de testgroep met het rijgedrag van FM gebruikers zonder GLOSA functionaliteit actief in de FM app (controlegroep) kan er inzicht worden verkregen in de effecten van GLOSA op de veiligheid en de doorstroming op kruispunten.

2.5 ANALYSE EN EVALUATIE

Elk van de 4G5 partijen is verantwoordelijk voor het beantwoorden 1 of 2 onderzoeksvragen. Voor het beantwoorden van de vragen 3 tot en met 7 is het noodzakelijk om data-analyses uit te voeren en informatie te verwerken. De partijen hebben ofwel zelfstandig of gezamenlijk deze analyses uitgevoerd.



RESULTATEN PILOT

In dit hoofdstuk zijn de verschillende onderzoeksvragen beantwoord. In dit rapport zijn de vragen beantwoord en waar nodig zijn aanvullende analyseresultaten als bijlage bijgevoegd. Elke paragraaf start met de onderzoeksvraag en deze is

3.1 ONDERZOEKSVRAAG 1: FUNCTIONELE EN TECHNISCHE ARCHITECTUUR GLOSA

Hoe zien de functionele en technische architectuur eruit (Talking Traffic gekoppeld aan ITS-G5) en welke invloed heeft dit op de architectuur van de provincie?

Inleiding

Het 4G5 project is gericht op C-ITS (cooperative intelligent transport systems and services) communicatie met slimme verkeerslichten (iVRI). De pilotomgeving van de Provincie bestond uit iVRI's uitgerust met zowel ITS-G5 als een verbinding naar Talking Traffic via TLEX. Deze vorm van data-ontsluiting naar voertuigen via Talking Traffic en het 4G netwerk en via ITS-G5 wordt ook wel hybride communicatie genoemd.

Binnen het 4G5 project is gekeken naar 2 C-ITS use cases met verkeerslichten:

- 1 Green light Optimal Speed Advisory (GLOSA)
- 2 Probe Vehicle Data (PVD)

Rondom deze use cases en de pilot omgeving van de Provincie Noord-Holland zijn de 7 onderzoeksvragen geformuleerd waar de verschillende deelnemers aan het onderzoeks- en ontwikkelproject aan hebben gewerkt. Deze onderzoeksvragen zijn opgesteld op basis van ervaringen uit eerdere projecten.

Gegeven de use cases, de verschillende partijen, de hybride communicatie en onderzoeksvragen is onderzocht welke architectuur hierbij past en hoe dat van invloed is op de bestaande architectuur. Daarbij is gekeken naar de functionele architectuur waarmee de use cases mogelijk gemaakt worden, maar ook verder naar de technische architectuur. De technische architectuur neemt ook belangrijke niet-functionele aspecten mee, zoals beveiligbaarheid, betrouwbaarheid en beheerbaarheid.

Als eerste is in een sessie met architecten van de deelnemende partijen en externe experts gekeken naar de functionele en technische architectuur. De uitkomst van deze sessie is gebruikt bij het opbouwen en aanpassen van de bestaande ICT-architectuur.

In de pilotfase zijn de beheerorganisaties van de verschillende partijen actief betrokken. Hiermee is waardevolle input verkregen voor de niet-functionele aspecten van de ICT-architectuur en zijn de componenten in de architectuur getoetst.

Dit document vormt de beantwoording van de onderzoeksvraag. Allereerst wordt de functionele uitgangsarchitectuur voor het project besproken. Daarna de relevante ICT-componenten in de architectuur voor invullen van de niet-functionele eisen rondom de pilot.

De werking van de architectuur wordt geëvalueerd en als laatste volgen de conclusies en aanbevelingen.

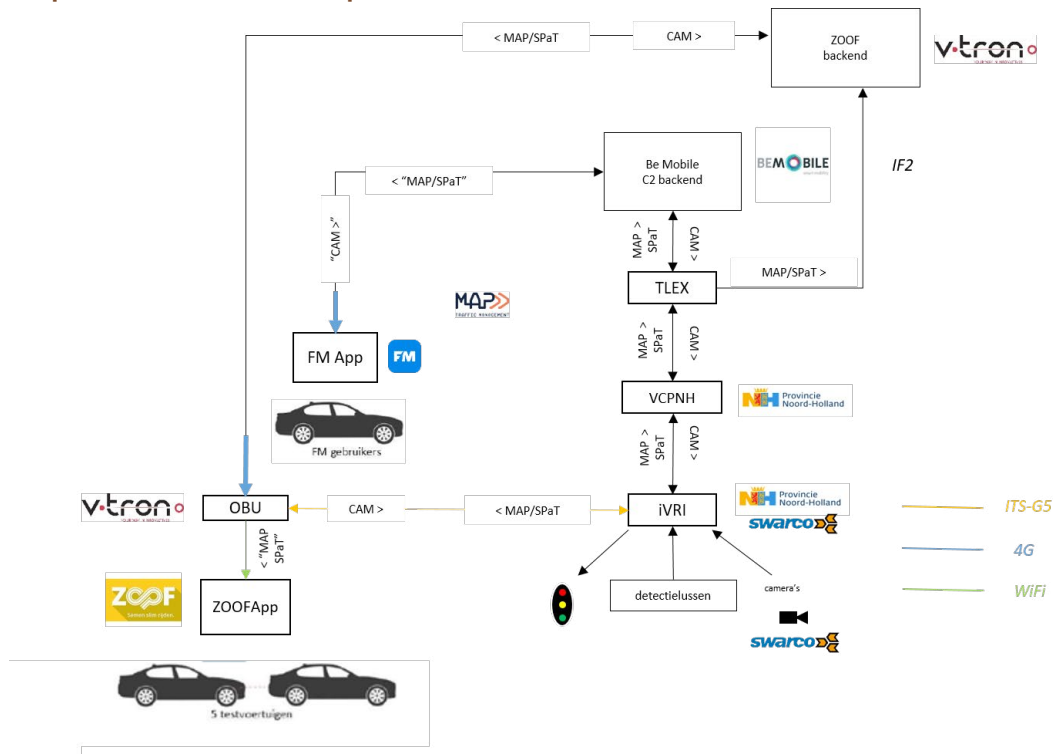
Architectuursessie aanvang project

Bij de aanvang van het project is er met alle betrokken partijen een workshop georganiseerd waarin de verschillende elementen van de architectuur bekeken zijn. Dat betreft: Swarco, V-Tron, MAPtm, Flitsmeister en de Provincie Noord-Holland.

Het doel was om te komen tot een gezamenlijke solution architectuur voor het 4G5 project waarmee de onderzoeksvragen beantwoord konden worden. Het uitgangspunt hiervoor was de bestaande architectuur van Talking Traffic en de Noord-Hollandse hybride iVRI's op de pilot site rond Schiphol.

Alle testende partijen in het project hebben een deel van hun architectuur ingebracht en er zijn enkele componenten toegevoegd. Onderstaand de functionele architectuur zoals deze in de sessie is vastgesteld.

Figuur 2 | Functionele architectuur pilot



In Tabel 1 zijn de verschillende onderdelen van de functionele architectuur beschreven. Per onderdeel de leverancier voor het project en een omschrijving van de functionaliteit.

Tabel 1 | Details onderdelen functionele architectuur

Onderdeel	Leverancier	Omschrijving
Lichten	Swarco	Lampen op straat
Detectielussen	Provincie	Detectielussen gekoppeld aan TLC
Camera's	Swarco/FLIR	Extra camera's ter bepaling van wachtrij
iVRI	Swarco	7 hybride iVRI's bestaande uit: <ul style="list-style-type: none"> • TLC (Swarco) <ul style="list-style-type: none"> - Koppeling met detectielussen • ITS app (Provincie Noord-Holland) • RIS (Swarco) <ul style="list-style-type: none"> - ITS-G5 modem - Koppeling met TLEX via verkeerscentrale - Koppeling met camera voor wachtrijbepaling
VCPNH	Provincie	Verkeerscentrale van waaruit alle VRI en iVRI's verbonden zijn en beheerd worden. Via de centrale maken de iVRI's verbinding met het TLEX-systeem van Monotch. De verkeerscentrale werkt met een databus waarop onder andere het NMS is gekoppeld en andere systemen voor verkeersmanagement en rapportage.
TLEX	Monotch	<ul style="list-style-type: none"> • Koppelvlak tussen iVRI's en cluster 2 partijen in de Talking Traffic keten • IF2 koppelvlak voor serviceproviders in automotive industrie (ZOOF/V-TRON). Ontwikkeld in opdracht van de Provincie Noord-Brabant
Be-mobile C2 backend	Be-mobile	<ul style="list-style-type: none"> • Backend systemen waarmee de Talking Traffic cluster 2 functionaliteit wordt geboden • Koppelvlak tussen TLEX en cluster 3 partijen, serviceproviders • Levering van SPAT/MAP aan serviceprovider Flitsmeister • Levering CAM Flitsmeister aan iVRI's Swarco via TLEX
Flitsmeister App	Flitsmeister	• Flitsmeister app en bijbehorende backend systemen
ZOOF backend	ZOOF/V-Tron	<ul style="list-style-type: none"> • Backend systemen waarmee SPAT/MAP ontvangen wordt via IF2 • Koppelvlak tussen TLEX en V-Tron OBU
V-Tron OBU	V-Tron	<ul style="list-style-type: none"> • Hybride OBU-systeem in voertuig waarmee SPAT/MAP berichten ontvangen kunnen worden over 4G en G5 • Systeem waarmee CAM-berichten over G5 uitgestuurd kunnen worden • Koppelvlak tussen ZOOF backend en ZOOF applicatie

Aan de bestaande architectuur zijn een aantal aanpassingen gemaakt en componenten toegevoegd om de vragen te kunnen beantwoorden.

ITS-applicatie

De voertuigafhankelijke regelingen zijn voorspelbaarder gemaakt via een intelligent algoritme. Dit is ook direct op basis van de laatste versie van de specificatie die door de Talking Traffic iVRI werkgroep use case 4 gemaakt is.

Wachtrij camera's

Naast de normale camera's voor operationeel verkeersmanagement zijn op twee plekken camera's geplaatst om wachtrijen te kunnen meten. Hiervoor zijn camera's van fabrikant FLIR geregeld.

RIS

In de iVRI is ondersteuning voor wachtrij-informatie toegevoegd aan de RIS. Dat betreft het inlezen van de wachtrij en verwerken in de SPAT berichten. Dit zit nu niet in het koppelvak RIS-FI. Terwijl dit in de gestandaardiseerde SPAT berichten wel een veld is.

ZOOF-applicatie

Ondersteuning voor wachtrijinformatie in berekening snelheidsadvies.

Flitsmeester applicatie

Ondersteuning voor wachtrijinformatie in berekening snelheidsadvies. Ondersteuning voor snelheidsadvies in de Flitsmeester applicatie.

Snelheidsadvies

Bij de architectuursessie is afgesproken om het snelheidsadvies in de OBU en app te berekenen. Reden hiervoor is dat er te veel onzekerheden aan de voertuigkant zijn (acceleratievermogen, remkracht, energiemangement etc.) om een eenduidig snelheidsadvies vanuit de iVRI te sturen.

MAP-data

Om een goede snelheidsaanpassing te kunnen doen is de standaard range van 300 m kort. Er is daarom besloten de MAP-data de kruispunttopologie met een radius van 1000 m te laten bevatten.

Niet-functionele aspecten:

Beveiliging

De verschillende componenten in de keten dienen te voldoen aan alle voorwaarden voor cybersecurity van de verschillende partijen.

Voor ITS-G5 is nog geen universele beveiliging afgesproken en ingericht. Daarom is in overleg met de partijen en beheerorganisaties besloten gebruik te maken van PKI v1.2 met certificaten, die ook in Europese projecten zoals InterCor en Concorda gebruikt worden. De iVRI's en OBU gebruiken deze certificaten voor communicatie met ITS-G5.

Betrouwbaarheid

Voor de test is nog geen integrale SLA op betrouwbaarheid gesteld. Verschillende systemen in de keten hebben op dit moment hun eigen eisen aan betrouwbaarheid. Logischerwijs liggen deze hoog voor veiligheid kritische en centrale systemen zoals de iVRI en TLEX.

Tijd

- **Vertraging**

De toegestane vertraging voor GLOSA is 100 ms end-to-end. Uit eerdere testen is gebleken dat deze vertraging niet overschreden werd. De vertraging zal in de gaten gehouden worden door de deelnemende partijen.

- **Nauwkeurigheid klokken**

Voor de werking van GLOSA is en andere use cases is het van belang dat de klokken op de plekken in het systeem waar tijdstempels worden geschreven of gebruikt in vergelijking tot een lokale klok voldoende nauwkeurig zijn. Dat betreft de volgende componenten:

- OBU
- Telefoons waar applicaties op draaien
- TLEX-systeem
- DataDog monitoringsysteem
- Componenten in de iVRI's: TLC, ITS-applicaties, RIS
- Overige backend systemen die aan bovenstaande definitie voldoen

Timing op telefoons is niet op afstand te forceren, omdat dat onderdeel van het platform is. Afgesproken is om andere systemen te synchroniseren met een GPS-klok of een NTP-server die niet meer dan ± 20 ms klok offset introduceert.

Logging

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden moet op verschillende plekken logging verzameld worden. De volgende loggingssystemen zijn afgesproken:

- Verkeerscentrale
 - VLOG
 - ETSI-berichten iVRI
- Flitsmeister
 - Flitsmeister backend logging
- V-TRON
 - OBU logging volgens InterCor formaat
- Swarco
 - iVRI logging
 - Wachtrijcamera's (wachtrijen en beelden)

Deze logging wordt door de deelnemende partijen en TNO gebruikt.

Toevoegingen architectuur voor pilot

Monitoring

Tijdens de pilot is de werking van de keten actief gemonitord. Het doel van het monitoren is de correcte werking van de keten bepalen en storingen zo snel mogelijk opmerken en melden.

De keten bestaat uit verschillende technische en functionele onderdelen die onder verantwoordelijkheid van verschillende partijen vallen. Daarom is de monitoring in de keten verdeeld naar verantwoordelijkheid van de verschillende partijen met daarbij een coördinerende rol voor storingsoplossing in de hele keten. Deze rol is voor het project belegd bij MAPtm.

Figuur 3 | Storingscoördinatie keten

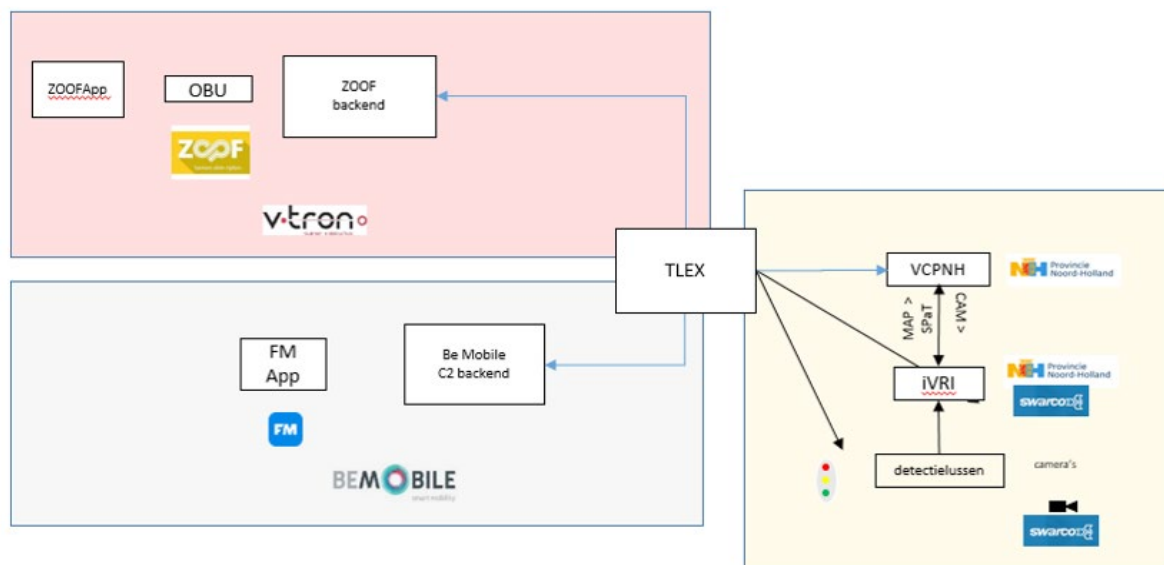


Voor monitoring van de componenten in de architectuur zetten alle deelnemende partijen hun netwerk managementsystemen en mensen in:

- Netwerk managementsysteem Provincie Noord-Holland
- Netwerk managementsysteem Swarco
- DataDog (TLEX)
- Netwerk managementsysteem Be-mobile / Flitsmeister
- Netwerk managementsysteem ZOOOF

In onderstaand figuur staat weergegeven wie voor welke systemen de verantwoordelijkheid neemt.

Figuur 4 | Monitoring architectuur pilot



Conclusies

Het cellulaire netwerk en de Talking Traffic keten op de pilot locatie functioneerde dermate goed, dat GLOSA via dit pad met hoge betrouwbaarheid en voldoende lage latency werkte. Vanuit communicatie tussen iVRI en voertuig gezien is de cellulaire keten wel beduidend langer en complexer dan de ITS-G5 keten.

Verdere ontwikkelingen in de mobiliteitsindustrie op Europees en mondiaal niveau zullen bepalen hoe de verdeling tussen cellulaire en directe communicatie zal zijn. Dat er slechts één van beide overblijft is onwaarschijnlijk.

Het toevoegen van wachtrij-informatie aan SPAT berichten leidt tot een beter snelheidsadvies. Het SPAT bericht bevat een veld voor wachtrij-informatie. Dit veld is echter niet aanwezig in de RIS-FI. Hiervoor wordt een aanpassingsvoorstel gemaakt voor de RIS-FI interface. Dit zal voorgelegd worden aan de landelijke CAB voor iVRI keten standaarden.

Het meten van de wachtrij is op dit moment nog wel complex en onbetrouwbaar door de inzet van camera's. Voor grootschalige inzet is nog verdere ontwikkeling nodig. Hier kan ook gekeken worden naar het bepalen van wachtrijen met behulp van algoritmes op basis van informatie over de bezetting van lussen.

Het gebruik van een databus en NMS in de verkeerscentrale in de architectuur is van grote waarde. Dit helpt om tijdig storingen of ongepland onderhoud te detecteren, maar kan ook een rol spelen in het detecteren van fouten in berichten en monitoren van kwaliteitscriteria waaraan wij als wegbeheerder gehouden zijn. Daar is het ook nuttig de berichtenstromen van en naar de iVRI aan de databus toe te voegen.

Evaluatie architectuur

De architectuur functioneerde voor beide use cases. Dezelfde architectuur dient als basis van andere C-ITS use cases zoals prioriteitsaanvragen. Voor use cases waarbij vertragingseisen nog strenger zijn zou het kunnen dat het cellulaire pad afvalt.

De camera's om wachtrijen te meten functioneerden, maar de oplossing schaalbaar is moeilijk en kent nog technische beperkingen. Als de technologie zich verder ontwikkelt en goedkoper wordt kan het bepalen van de wachtrij zowel voor GLOSA als voor de verkeersregelingen van toegevoegde waarde zijn. Dit is verder onderzocht in onderzoeksvraag 6.

De huidige monitoring en storingsoplossing voor de pilot functioneerde. Er was echter nog veel handmatig werk nodig. Dagelijkse checks en rapportage. Hierin moet nog een slag gemaakt worden. Ook processen voor

storingsoplossing zullen opgenomen moeten worden in standaardcontracten als de keten in operatie gaat voor deze dienst.

Voor de monitoring moest nu nog te veel over de muren heen gekeken worden, omdat actieve monitoring niet overall in place was. DataDog monitort bijvoorbeeld wel de TLEX-verbindingen, maar stuurt geen storingsmeldingen door naar de beheerafdeling van de wegbeheerder.

Inzet van monitoringsystemen in de verkeerscentrale bleken van grote waarde voor het detecteren van storingen in de keten en het in gang zetten van oplossing van de storingen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de databus en NMS waarmee we als Provincie werken.

Ketenmonitoring werkte op projectniveau, omdat er slechts 4 partijen bij betrokken waren. Problemen bij deze vorm van monitoring zijn de schaalbaarheid en het vereiste kennisniveau van de verschillende componenten om storingen bij de juiste partij weg te zetten.

De GLOSA use case functioneert zowel over 4G als over 5G. Het pad met 5G is vele malen eenvoudiger dan het pad via 4G. Het pad via 4G staat of valt bij een goed ingericht ketenbeheer. Bij directe communicatie spelen nu nog wel discussies over de te gebruiken technologie en adoptatie in voertuigen. Zowel op gebied van cellulaire netwerken als directe communicatie vinden nieuwe ontwikkelingen plaats, zoals 5G netwerken en C-V2x als alternatief voor directe communicatie. Deze zullen we op de voet moeten volgen, zodat de impact op de huidige assets en architectuur helder is en de juiste technieken ingezet worden.



3.2 ONDERZOEKSVRAAG 2: INVLOED GLOSA OP SAMENWERKING

Welke invloed heeft GLOSA op de samenwerking tussen de wegbeheerder, de iVRI leverancier en serviceprovider?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is de volgende aanpak gekozen:

- 1 Inventarisatie Processen. Voor de oude traditionele situatie en de 4G5 configuratie is een procesomschrijving gemaakt die inzicht geeft in verantwoordelijkheden tussen de verschillende Stakeholders;
- 2 Interviews met Stakeholders;
- 3 Analyse inclusief praktische ervaringen vanuit 4G5 pilot.

GLOSA vs traditioneel

Om de GLOSA keten goed te laten werken is er een wederzijdse afhankelijkheid tussen de werking van de iVRI (leverancier en wegbeheerder), de informatieverstrekking en het gebruik daarvoor door de weggebruiker (Serviceprovider). Om een goed beeld te krijgen wat de mogelijke impact van GLOSA is op de samenwerking tussen de stakeholders worden 3 situaties op een rij gezet waarvan de eerste de oude situatie en de 2 overige nieuwe situaties betreffen:

- 1 Traditionele situatie met klassieke VRI zonder GLOSA

Dit betreft de feitelijke o-situatie die de afgelopen 20-25 jaar van toepassing is geweest.

- 2 Toepassen van iVRI met GLOSA op basis van TLEX

Hierbij wordt de van belang zijnde actuele iVRI informatie, online via een platform (TLEX) ter beschikking gesteld aan de serviceproviders

- 3 Toepassen van iVRI met Hybride GLOSA

Hierbij wordt de van belang zijnde actuele iVRI informatie zowel via het online platform als rechtstreeks, direct vanuit de wegwijk aan het voertuig geleverd.

De tabel in bijlage 1 toont in hoofdlijnen de verantwoordelijkheden van de verschillende stakeholders voor de 3 verschillende situaties. Het is van belang hierbij op te merken dat stakeholders de uitvoering van bepaalde verantwoordelijkheden aan anderen kunnen uitbesteden. Met name de wegbeheerder besteden de werkzaamheden, verbonden aan hun verantwoordelijkheden, vaak uit.

Dit was in de 1ste situatie ook al het geval waarbij de wegbeheerder bijvoorbeeld onderzoeken naar de verkeerskundige werking van een VRI en het bouwen van een regeling uitbestede.

Stakeholders

Wat direct opvalt is dat het aantal stakeholders in de situaties 2 en 3 is toegenomen ten opzichte van de traditionele situatie. Aanvankelijk waren er 2 stakeholders met een directe relatie: wegbeheerder en leverancier. Deze relatie betrof een duidelijke opdrachtgever – opdrachtnemer relatie waarbij de leverancier op basis van specificaties een product levert.

Er is in principe ook een vrij directe relatie tussen de wegbeheerder en de gebruiker via de VRI-lantaarns waarmee direct gecommuniceerd wordt of het veilig is om door te rijden (groen) of niet (rood).

In de 2 nieuwe situaties verschijnen nieuwe stakeholders waar geen directe relatie tussen (nodig) is en in de toekomst misschien zelfs onbekend zijn.

Ook de relatie tussen de wegbeheerder en de weggebruiker wordt minder direct omdat er een extra partij/schakel tussen zit die andersoortige informatie verstrekt die aanvullend is in relatie tot de informatie via de VRI-lantaarns.

Het aantal stakeholders neemt niet alleen in de keten toe, ook binnen de specifieke iVRI technologie kunnen, door de modulaire opbouw, verschillende leveranciers van de verschillende componenten zijn. Voor een goede werking van de iVRI, d.w.z. hij doet wat de wegbeheerder zou verwachten, is goede coördinatie en afstemming tussen deze partijen nodig.

Complexiteit GLOSA keten

Om een GLOSA-dienst te kunnen “organiseren” zijn meerdere stakeholders nodig die een schakel in de keten invullen. De complexiteit van de nieuwe GLOSA keten (data inwinning, verwerking, distributie via derden, berekening snelheidsadvies, presentatie weggebruiker) vereist eigenlijk een nauwe samenwerking tussen alle schakels in de keten, om een goede werking van GLOSA te kunnen borgen. In de nieuwe situatie(s) is echter geen directe relatie meer tussen alle Stakeholders en kan het zelfs zo zijn dat er zonder dat het bekend is nieuwe stakeholders in de keten acteren. Het is daarom van belang dat er gebruik gemaakt wordt van dezelfde standaarden en er op “vertrouwd” kan worden dat de standaarden correct worden toegepast. Standaardisatie en certificering zijn hierbij de sleutelwoorden.

Kwaliteit van de data

De kwaliteit van de data uit de iVRI is de basis voor een goede GLOSA-functionaliteit. Het gaat hierbij met name om de kwaliteit van de voorspelde groen/rood tijden en de kruispunt topologie. Deze gegevens worden “gegenereerd” onder de verantwoordelijkheid van de wegbeheerder (eigenaar van de iVRI) en worden door de Serviceproviders gebruikt voor het berekenen van de individuele GLOS-adviezen.

Rollen en verantwoordelijkheden

In de GLOSA-keten zijn 3 rollen te definiëren: Wegbeheerder, Leverancier, Serviceprovider en Gebruiker. Bij deze rollen horen een aantal verantwoordelijkheden. De tabel in bijlage 1 geeft een overzicht van de meest belangrijke rollen en bijhorende verantwoordelijkheden. Uiteraard kan de uitvoering van werkzaamheden om aan een verantwoordelijkheid te voldoen uitbesteed worden. De verantwoordelijkheid zelf is echter altijd gekoppeld aan de betreffende rol.

Wegbeheerder

De wegbeheerder is en blijft verantwoordelijk voor de veiligheid, doorstroming en leefbaarheid (incl. milieu). De inzet van VRI's is hierbij een hulpmiddel. Dit betekent ook dat de wegbeheerder verantwoordelijk is voor de goede werking van de VRI op basis van de beleidsuitgangspunten.

Indirect betekent dit dat de applicatie die in de VRI draait “inhoudelijk” de verantwoordelijkheid is van de wegbeheerder.

Voor de GLOSA-diensten moet er informatie uit de VRI ontsloten worden richting de Serviceproviders. Het gaat hierbij veelal om informatie/data die in de conventionele opzet niet bestond of voor hele andere doeleinden gebruikt werd, zoals de Topologie van een kruispunt. Dit is een nieuwe verantwoordelijkheid voor de wegbeheerder waarbij het van belang is te realiseren dat deze informatie van cruciaal belang is voor de gehele verdere keten van de GLOSA-diensten. De kwaliteit, betrouwbaarheid en continuïteit van de informatie is daarom van groot belang.

TLEX ICT netwerk, aanmelden door WB. Nieuwe rol van WB is lastig voor de WB. Dit geldt ook voor topologie, b.v. niet altijd goede tekening. Tekening en ITF integreren.

Een van de maatregelen om tot beter betrouwbare informatie over de “voorspelling” van groen/roodtijden te komen is om de voertuigafhankelijke regeling te “verstarren”.

Leverancier

De leverancier heeft de primaire verantwoordelijkheid voor het leveren van de systemen en technieken langs de kant van de weg. Het blijft ook in de nieuwe situatie veelal een opdrachtgever – opdrachtnemer relatie met de wegbeheerder.

Nieuw hierbij is dat er systemen geleverd moeten worden voor het bepalen van de wachtrijlengte bij een iVRI. Andere belangrijke aspect is dat de iVRI modulair is opgebouwd en er in principe dus meerdere leveranciers kunnen zijn voor 1 iVRI hetgeen. Onduidelijk is wie verantwoordelijk is voor de uiteindelijke correcte werking van het totaal.

Serviceprovider

De Serviceprovider is een complete nieuwe rol binnen de wereld van VRI's. De Serviceprovider vult de laatste schakel in de keten in: de (weg-)gebruiker voorzien van een snelheidsadvies. Dit advies moet op een veilige wijze gepresenteerd worden en ook inhoudelijk veilig zijn, d.w.z. de weggebruiker moet zonder zichzelf of anderen in gevaar te brengen een kruispunt benaderen en passeren.

In de Hybride variant, d.w.z. zowel via TLEX en als ook direct wegwagent-voertuig distributie, moet de Serviceprovider een afwegingsmodel hanteren om de vertaling te kunnen maken van de 2-data stromen naar 1 advies. Hierbij zal het uitgangspunt zijn dat de lokaal ontvangen informatie ten allen tijden prioriteit heeft, evenals een verkeersbord, VRI-lantaarn of verkeersregelaar.

Om de dienst goed en veilig te kunnen gebruiken moeten de gebruikers goed geïnformeerd en geïnstrueerd worden over de werking en risico's van de dienst en interface.

Weggebruiker

GLOSA verandert de interactie met de weggebruiker die hiermee in-car een (snelheids)advies krijgt. Iedere Serviceprovider heeft een eigen wijze van presentatie van de service. Het is van belang dat de weggebruiker geïnformeerd is over de werking van de service en vooralsnog zelf de verantwoordelijkheid heeft voor zijn/haar rijgedrag en dus de veiligheid.

TLEX en Cluster 2

TLEX wordt momenteel beschouwd als het landelijk centrale punt waar, iVRI data verzameld en beschikbaar gesteld wordt voor verder verrijking en distributie (via de zgn. Cluster 2 partijen van TalkingTraffic). De wegbeheerder dient afspraken te maken met TLEX voor het gebruik van de betreffende iVRI data. De Serviceprovider dienen met Cluster 2 partijen afspraken te maken m.b.t. de verrijking, kwaliteit en beschikbaarheid van de informatie. Binnen 4G5 trad Be-mobile op als zowel Serviceprovider als Cluster 2 partij.

Security en Privacy

Mede als gevolg van de AVG-regelgeving is iedere stakeholder in de keten verantwoordelijk voor het borgen van de privacy van (weg)gebruikers. Dit geldt ook voor data die via de iVRI herleidbaar is naar een (weg)gebruiker. Hierdoor kan het noodzakelijk zijn om verwerkersovereenkomsten te sluiten tussen verschillende Stakeholders.

Conclusies en aanbevelingen

- 1 Ondanks dat veel al in standaarden is gevat, vraagt het veel nauwe samenwerking om de gehele keten goed werkend te krijgen. Er is nog te weinig ervaring om, op basis van de standaarden, er op te kunnen vertrouwen dat de keten direct goed werkt. Vooral omdat het een veiligheid gerelateerde service betreft is het van groot belang dat de gehele keten goed werkt;
- 2 In de gehele keten dient gebruik gemaakt te worden van dezelfde standaarden die op dezelfde wijze toegepast moeten worden (profiling). Dit moet vooraf duidelijk afgesproken worden met alle Stakeholders in de keten;
- 3 Dit betekent dat er sprake is van een sterke afhankelijkheid tussen de verschillende stakeholders. Werkt een schakel in de keten niet goed, dan heeft dat gevolgen voor de andere stakeholders en impact op de gehele keten. Een belangrijk evaluatiepunt is dat er op dit moment geen "ketenverantwoordelijke" is voor GLOSA. Het gaat hierbij niet alleen om de technische keten maar ook de functionele; is het uiteindelijke advies aan de bestuurder ook hetgeen "verwacht/gewenst" wordt?;
- 4 De wegbeheerder is verantwoordelijk voor de wijze waarop het verkeer wordt afgewikkeld. Ook de GLOSA-functionaliteit valt onder de verantwoordelijkheid van de wegbeheerder;
- 5 Ketenverantwoordelijkheid" en "ketenbeheer" zijn niet gedefinieerd en daarmee ook niet geborgd. Iedere stakeholder in de keten is verantwoordelijk voor de kwaliteit en het functioneren van de eigen schakel en de link met aangrenzende schakels. Naarmate de keten langer wordt zijn er meer betrokken stakeholders en wordt het belang van deze ketenverantwoordelijkheid dus groter. Voor de GLOSA-variant met TLEX is het daarmee dus complexer dan de variant met directe communicatie tussen de iVRI (wegkant) en het voertuig. Om de werking van de keten te monitoren en tijdig storing en fouten te detecteren is er een "ketenbeheerder" nodig. Deze beheerder (toezichthouder) is bij voorkeur onafhankelijk zodat er ook ingegrepen kan worden daar waar nodig;
- 6 Het "beheer" van de modulaire techniek in de iVRI is (nog) niet georganiseerd. Onduidelijk is wie aanspreekpunt en verantwoordelijk is voor een goed werkende iVRI met modules van verschillende leveranciers. Om te borgen dat een iVRI goed werkt en blijft werken is het van belang om dit beheersvraagstuk landelijk op te lossen;
- 7 GLOSA vraagt meer dan een goed werkende iVRI. Er wordt gebruik gemaakt van dataverbindingen, camera's, modems, etc. Ook deze zaken moeten ingericht en beheerd worden. Het is niet altijd duidelijk wie verantwoordelijk is voor de levering, installatie, bewaking en het beheer ervan.

3.3 ONDERZOEKSVRAAG 3: GESCHIKTHEID iVRI'S VOOR GLOSA

In hoeverre zijn de kruispunten met iVRI's, waarin voertuigafhankelijke regelingen met “slim verstarren” actief zijn, geschikt voor GLOSA en op welke wijze kunnen ze hiervoor beter geschikt gemaakt worden?

Werkwijze

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn er twee sub-vragen gedefinieerd ten behoeve van de analyse. Deze twee vragen zijn:

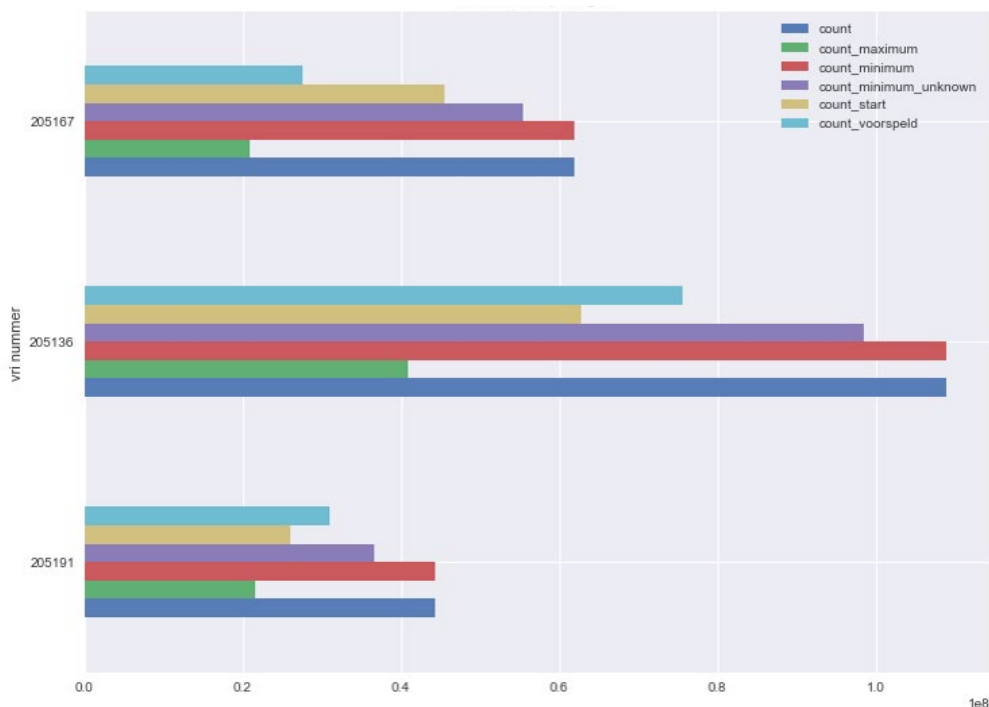
- 1 Wat is de kwaliteit van de voorspelde Groen/Rood standen? De in de VLOG-stream voorspelde tijden voor de verschillende standen worden vergeleken met de werkelijke/gerealiseerde tijden van de standen.
- 2 Hoe betrouwbaar is de timinginformatie van de VA-regeling vs “slim verstarde” regeling? De mate van fluctuatie van de timingdata-elementen (minimum, maximum en voorspelling) wordt hierbij als indicator beschouwd.

De geanalyseerde data is afkomstig van de iVRI's op de N205 waar gedurende de pilotperiode buiten de spitsen een volledig voertuigafhankelijke regeling (free running) en tijdens de spits een slimme verstarde regeling (VAS) draait. Opgemerkt dient te worden dat de verkregen data dus meerdere variabelen kent, nl twee verschillende type regelingen en de periode (spits periode of buiten de spit) waar de betreffende data betrekking op heeft. Voor het onderzoek naar de betrouwbaarheid van de timinginformatie (ad. 2) is gekeken naar de hoofdrichtingen 2 en 8 op de verschillende kruispunten, dit omdat op deze richtingen de verstarring heeft plaatsgevonden.

Ad1 Wat is de kwaliteit van de voorspelde Groen/Rood standen?

Wanneer er gekeken wordt naar alle voorspellingen met informatie over de fasecyclus timing in de meetperiode (Figuur 5) valt het op dat vrijwel alle voorspellingen informatie bevatten over de minimale eindtijd van de fasecyclus (count_minimum in het rood). Deze is even lang als het totale aantal meldingen (count, donkerblauw). Echter wanneer er op de informatie wordt ingezoomd bevat ongeveer 90 procent van de voorspellingen over de minimale eindtijd de waarde -1. Dit betekent dat de eindtijd niet bepaald kan worden. Dit is in de grafiek te zien als het parse staafdiagram (count_minimum_unknown).

Figuur 5 | Aantal voorspellingen

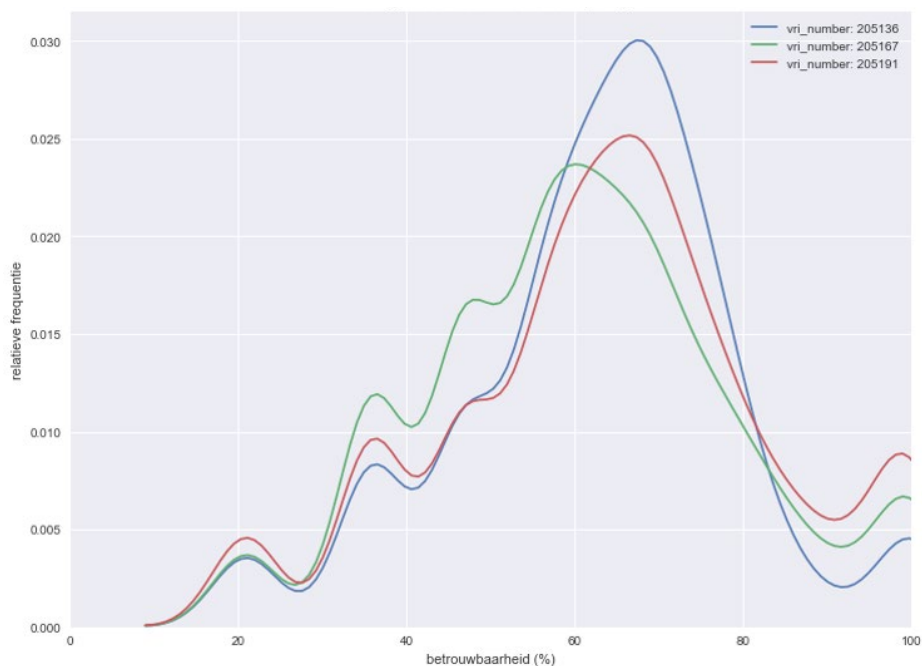


De maximale eindtijd (groen, count_maximum) wordt slechts in 30 tot 50 procent van de voorspellingen meegegeven. Dit betekent dat in veel van de meldingen weinig tot geen informatie beschikbaar is over de eindtijd van de fasecyclus.

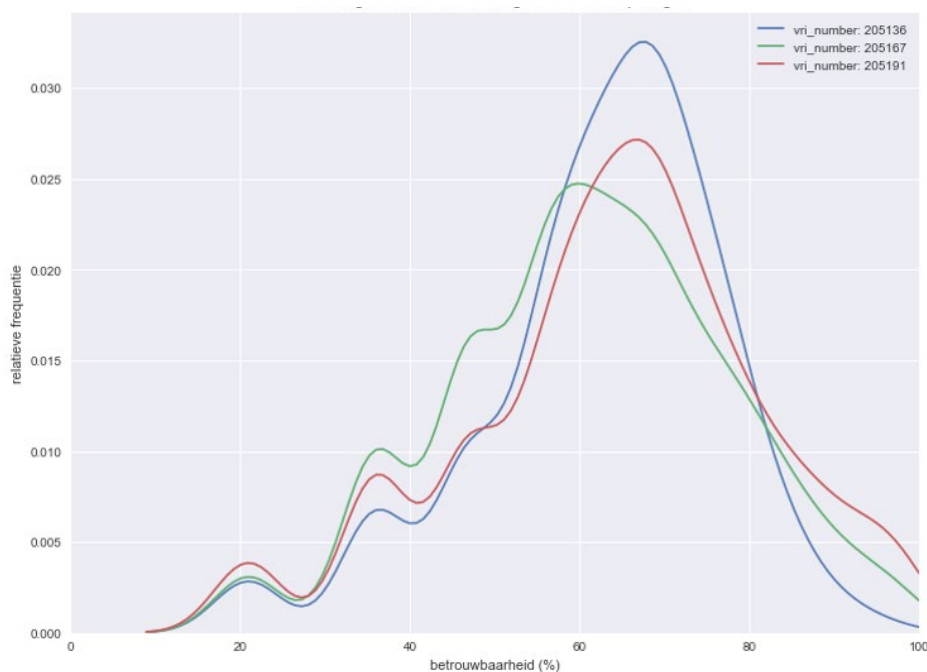
Ongeveer 60 tot 80 procent van alle voorspellingen bevat informatie over de starttijd van de cyclus (kaki, count_start), deze getallen zijn echter allemaal negatief. Dit houdt in dat de starttijd van de fase wordt gemeld wanneer de fase al bezig is. Volgens de vlog documentatie zouden dit ook voorspellingen in de toekomst kunnen zijn, maar die zijn in deze dataset niet waargenomen.

In 40 tot 75 procent van de gevallen worden er voorspellingen gedaan over de resterende duur van de fase cyclus (licht blauw, count_voorspeld). Wanneer de betrouwbaarheid van de voorspellingen worden bekeken (Figuur 6) is te zien dat de het gros van de voorspellingen tussen de 40 en 80 procent betrouwbaar zijn. Bij de 100 procent betrouwbaarheid is ook een piek te zien, echter als de geelstanden uit de dataset gefilterd worden verdwijnt deze piek (Figuur 7). Het gros van de voorspellingen waar een betrouwbaarheid van 100 procent behaald wordt, gaat over de resterende tijd van de geelstand fasecyclus.

Figuur 6 | Verdeling betrouwbaarheid voorspellingen



Figuur 7 | Verdeling betrouwbaarheid alle groen/rood voorspellingen



Uit deze analyse is te concluderen dat een groot deel van de tijd er geen informatie beschikbaar is van de minimale, maximale en voorspellingen van de resterende tijd van de fasecyclus. Van de voorspellingen die wel beschikbaar zijn, is de betrouwbaarheid van zeer wisselende kwaliteit. Met name de geelstanden worden goed voorspeld.

Ad 2 Hoe betrouwbaar is de timinginformatie van de VA-regeling versus de “slim verstarde” regeling?

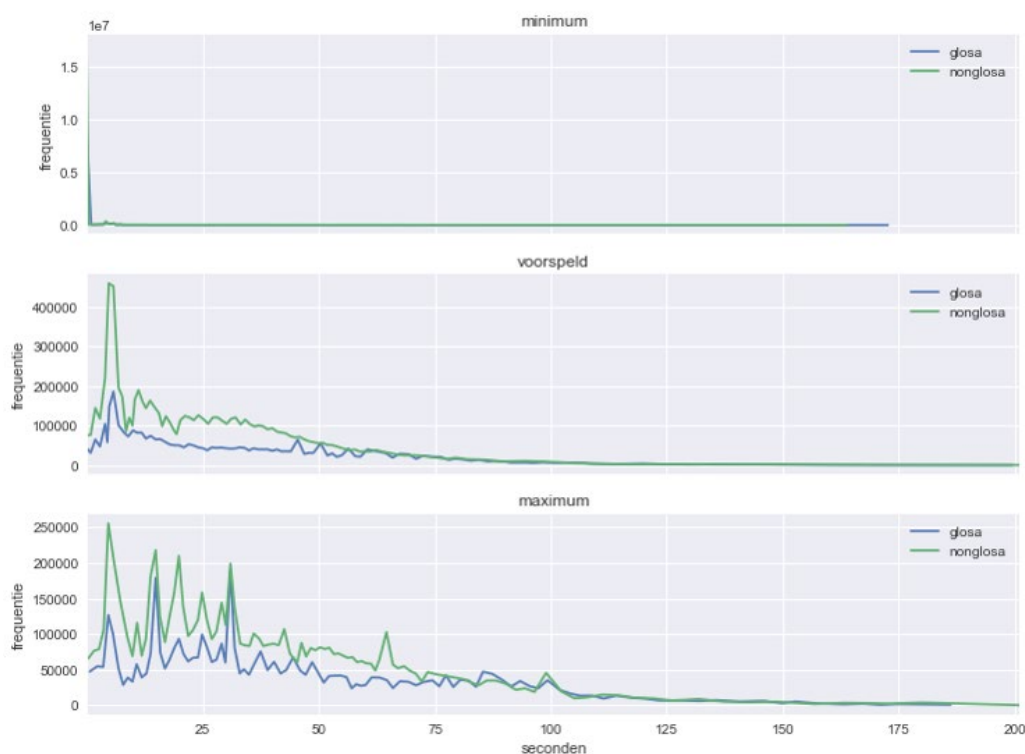
Om de beide regelingen te vergelijken is de dataset verdeeld in twee gedeeltes. De ‘slim verstarde’ regeling tussen 07:00 en 09:00 en tussen 16:00 en 19:00. De VA-regeling tussen 06:00 en 07:00, tussen 09:00 en 10:00, tussen 14:00 en 16:00 en tussen 19:00 en 20:00. Dit is gedaan omdat er in de beschikbare dataset geen vergelijkbare tijden beschikbaar zijn waarbij GLOSA niet actief is. Voor beide regelingen zijn de timingdata-element voor de vri's op de N205 bekeken.

In Figuur 8 tot en met Figuur 10 is voor alle relevante tijdselementen de frequentie plots te zien. Hier is op de x-as de voorspelling te zien in seconden en op de y-as het aantal voorspellingen.

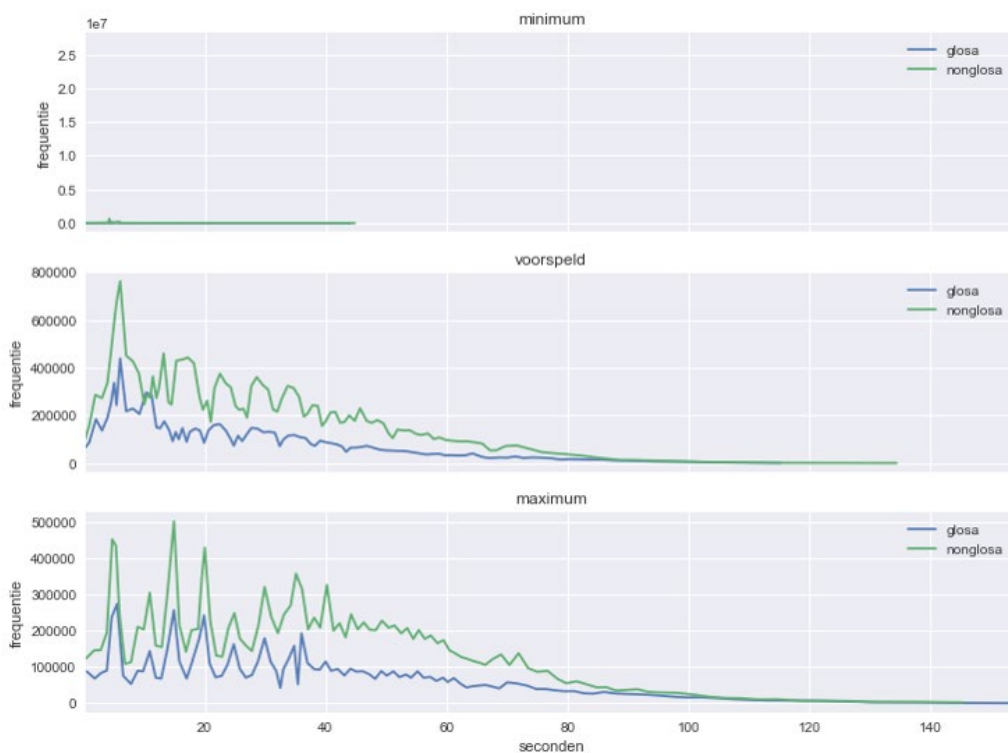
De blauwe lijn geeft hierbij waarden wanneer de slim verstarde regeling (GLOSA) actief is en de groene lijn wanneer deze niet actief is (VA-regeling, non-GLOSA). Wat hierbij opvalt is de verdeling van de grafieken vrijwel gelijk aan elkaar is, het aantal voorspelling in de VA-regeling liggen echter wel hoger dan de voorspellingen in de slim verstarde regeling.

Het lijkt erop dat tijdens periodes waarin de VA-regeling actief is er significant meer voorspellingen worden gedaan dan tijdens periodes dat de slim verstarde regeling actief is. Ook is te zien dat de minimum fase tijd een zeer groot gedeelte van de tijd -1 is, er is dan geen data beschikbaar.

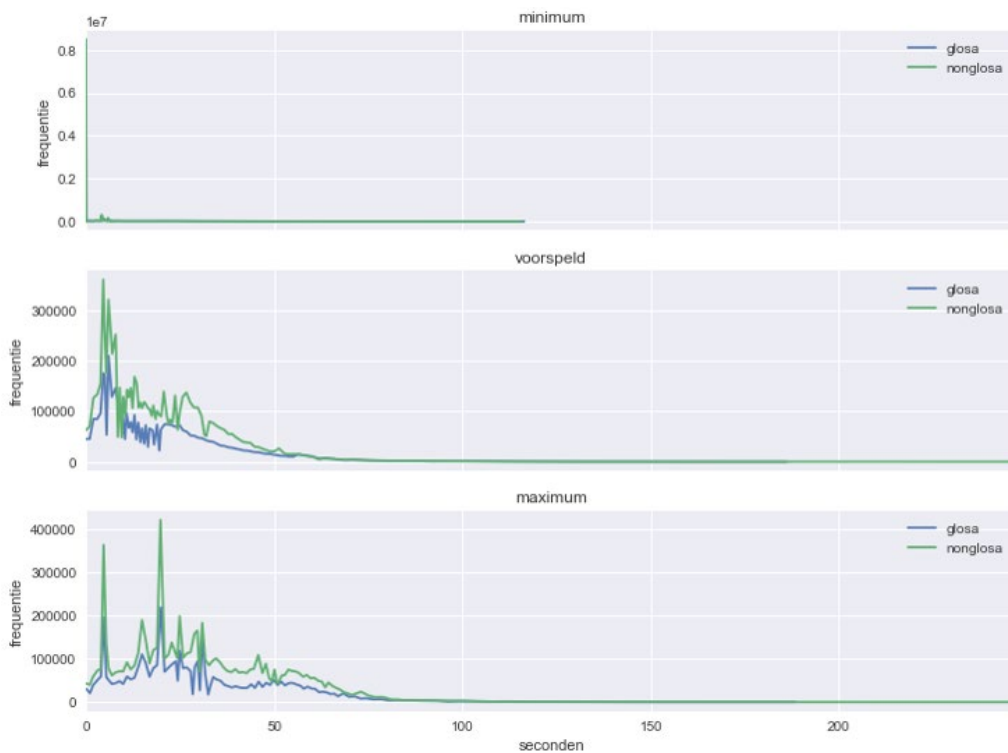
Figuur 8 | Frequentie voorspellingen VRI205167



Figuur 9 | Frequentie voorspellingen VRI 205136



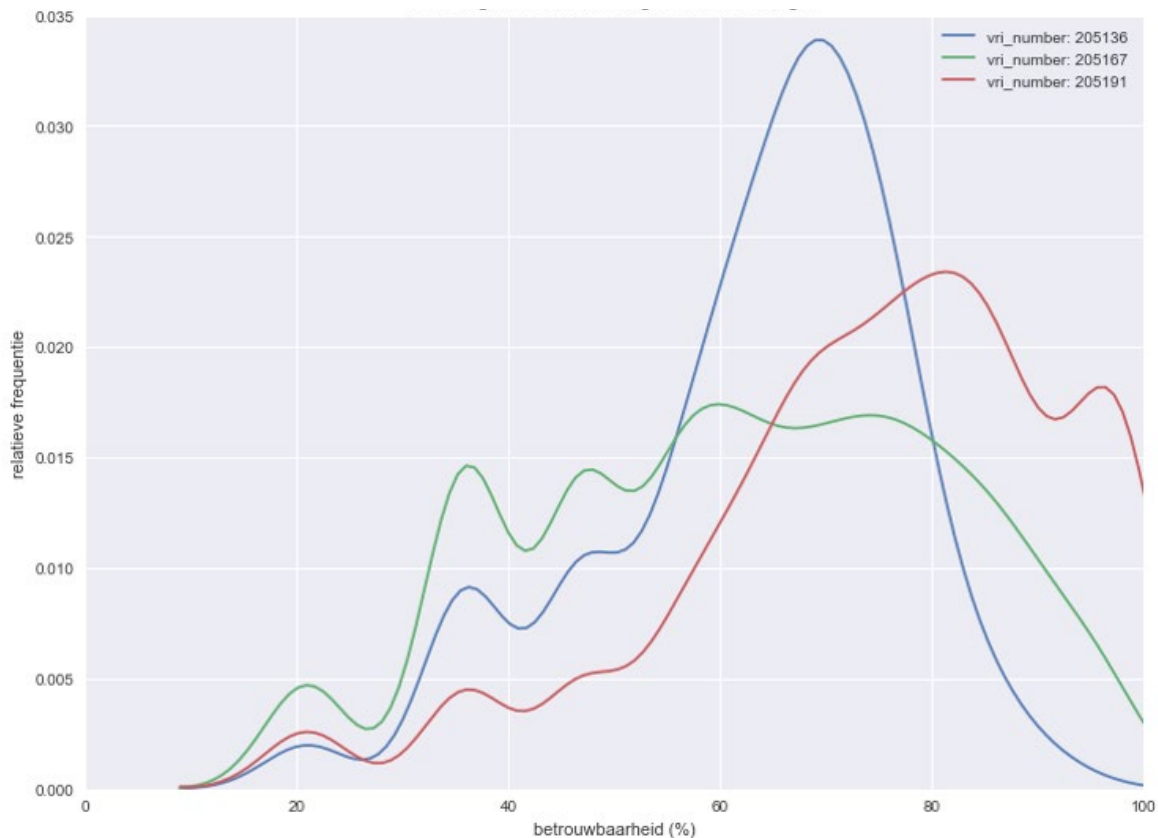
Figuur 10 | Frequentie voorspellingen VRI 205191



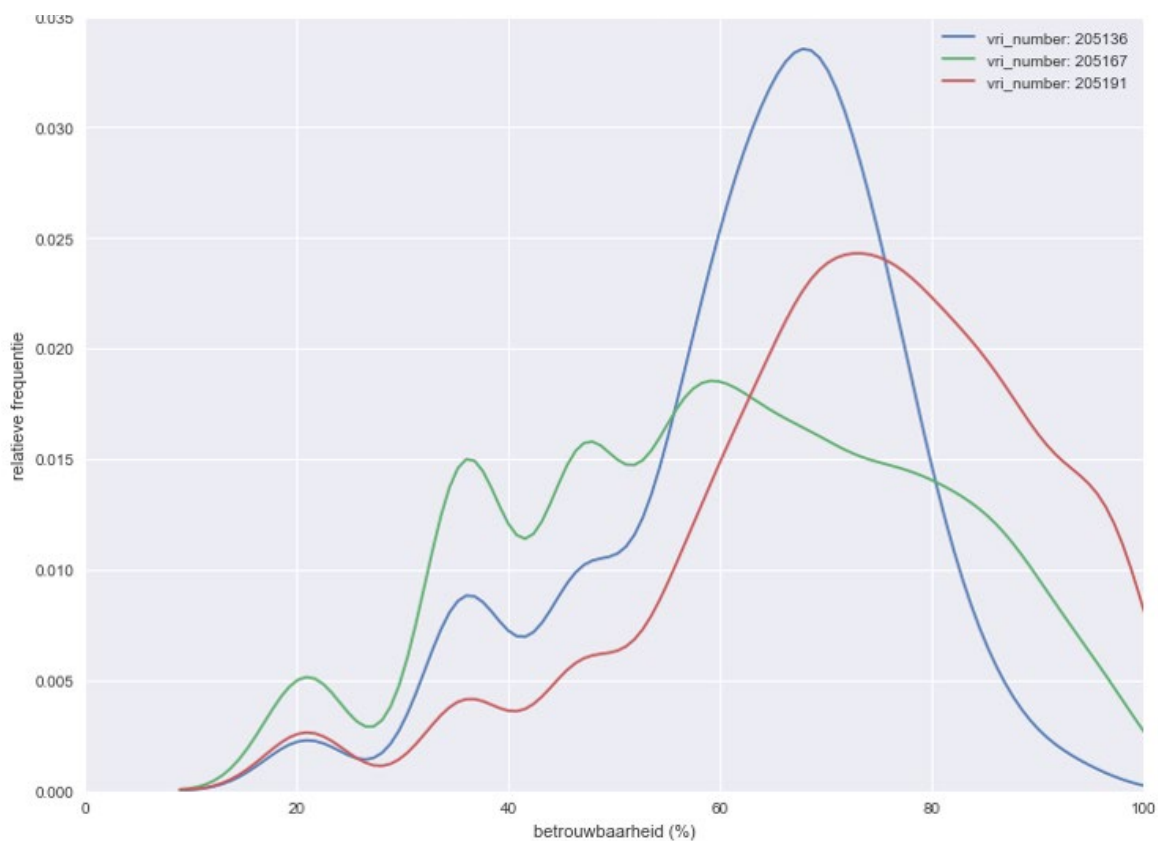
De betrouwbaarheden van de voorspellingen voor de hoofdrichtingen zijn geplot in de figuren 11 en 12. In onderstaande grafiek zijn per iVRI de gemiddelde betrouwbaarheid te vinden. Voor alle VRI's geldt dat er een significant hogere gemiddelde betrouwbaarheid wordt behaald voor de slim versterkte regeling. Dit varieert van 0.37% bij VRI 205136 tot 2.3% bij VRI 205191.

VRI nummer	205136	205167	205191
Slim versterkte regeling	62.98026538040885	61.7425325241413	74.34422188665837
VA-regeling	62.61200863835741	60.485750879378266	72.04279006317708

Figuur 11 | Verdeling betrouwbaarheid Slim versterde regeling (GLOSA)



Figuur 12 | Verdeling betrouwbaarheid VA-regeling (non-GLOSA)



Conclusie en aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat er een groot deel van de tijd er geen informatie beschikbaar is van de minimale, maximale en voorspellingen van de resterende tijd van de fasecyclus. Het vergroten van de beschikbaarheid en het verbeteren van de kwaliteit van voorspellingen zal de betrouwbaarheid van GLOSA-adviezen ten goede komen. Van de voorspellingen die wel beschikbaar zijn, is de betrouwbaarheid van zeer wisselende kwaliteit.

Uit de analyse komt naar voren dat de gemiddelde betrouwbaarheid van de voorspellingen op de hoofdrichtingen 2 en 8 in de slim verstarde regeling hoger is dan in de VA-regeling. Op basis van deze analyse kan worden gesteld dat de kwaliteit van een GLOSA-advies, die gebruik maakt van deze voorspellingen, verbetert als er een slim verstarde regeling actief is.

Aangenomen kan worden dat nog meer verstarren de kwaliteit van de GLOSA-functionaliteit verder verbetert. Hierbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat er een mogelijk negatief effect ontstaat voor de niet-hoofdrichtingen, zoals verminderde doorstroming en geloofwaardigheid.

Het toepassen van slimmere regelingen die meer regelen op basis van voorspellingen (zoals b.v. Flowtack, Smart Traffic) zou een andere mogelijkheid kunnen zijn om de kwaliteit van GLOSA te verbeteren. Hierbij zou dan de voorspelling van het regelen geïntegreerd worden met de voorspelling van de GLOSA-informatie. De hypothese of dit op netwerkniveau en/of kruispuntniveau winst oplevert dient verder onderzocht te worden.



3.4 ONDERZOEKSVRAAG 4: EFFECTEN GLOSA OP DOORSTROMING EN VEILIGHEID

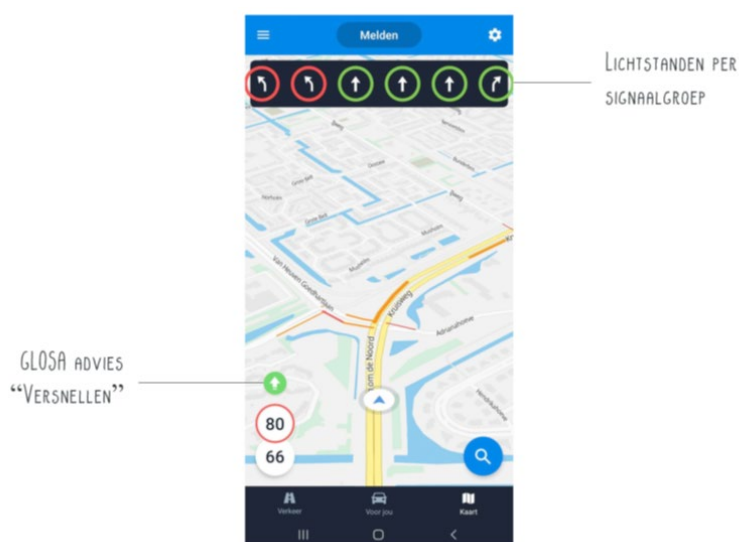
Wat zijn de effecten van GLOSA op de doorstroming en veiligheid en wat is de toepasbaarheid hiervan op provinciale wegen en kruispunten?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, maken we gebruik van de Flitsmeisterapp (FM app). We vergelijken het rijgedrag van bestuurders die een GLOSA-advies hebben gekregen via de Flitsmeister app (testgroep) met het rijgedrag van bestuurders die de Flitsmeister app gebruiken zonder GLOSA-functionaliteit (controlegroep). We beschrijven de verwachte effecten van de GLOSA-informatie op het de veiligheid en doorstroming aan de hand van verschillende onderzoeksvragen. Deze worden samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 2 | Stellingen tbv doelstellingen Veiligheid en Doorstroming

Doelstelling	Stellingen
Veiligheid	Door GLOSA neemt de rijsnelheid van voertuigen op het kruisingsvlak toe
	Door GLOSA neemt de rijsnelheid van voertuigen bij het naderen van het kruispunt toe
	Door GLOSA neemt het aantal roodlichtrijders toe (startgroen/einde groen)
	Door GLOSA zijn voertuigen eerder (na startgroen) op het kruisingsvlak (vliegende start)
Doorstroming	Door GLOSA maken voertuigen minder stops voor de iVRI's
	Door GLOSA zijn de wachttijden van voertuigen aan iVRI's lager
	Door GLOSA zijn de reistijden van voertuigen over een traject met iVRI's korter

Figuur 13 | GLOSA weergave in de FM-app



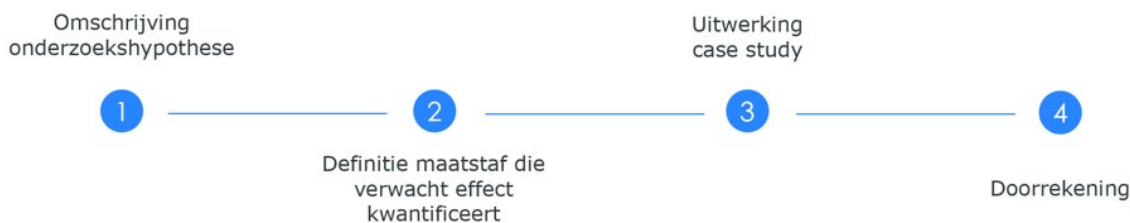
In de Flitsmeister app worden de huidige lichtstanden van de signaalgroepen van de voorliggende intersectie gedeeld met de gebruiker. Het GLOSA-advies wordt getoond aan de hand van een groene of rode pijl. De groene pijl duidt voor de gebruiker aan of hij zijn snelheid moet aanhouden of iets versnellen om groen licht nog te halen. Een rode pijl duidt dan weer aan dat de gebruiker moet afremmen.

In het advies wordt er altijd vanuit gegaan dat de gebruiker rechtdoor over het kruispunt gaat. Het GLOSA advies geldt dus enkel voor de signaalgroep die van toepassing is op de rechtdoor richting vanuit het standpunt van de gebruiker. Het is belangrijk op te merken dat bij stilstand voor de roodfase er geen aftelklok getoond wordt naar de groenfase. De huidige fases per signaalgroep worden bovenaan getoond, zonder extra informatie over aankomende faseveranderingen. In het vervolg van dit document proberen we door middel van analyses van de beschikbare data deze onderzoeksvragen te beantwoorden.

Methodologie

De methodologie die we volgen om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, is samengevat in onderstaande figuur.

Figuur 14 | Methodologie



In een eerste stap proberen we de onderzoeksvraag te verfijnen en het verwachte effect op het rijgedrag van de GLOSA-gebruikers te identificeren in een onderzoekshypothese. Om het verwachte effect cijfermatig te kunnen onderzoeken, definiëren we in een tweede stap een maatstaf die dit effect kwantificeert. Vervolgens bestuderen we het verwachte effect op de maatstaf door uitwerking van een case study. Dit maakt ons bewust van de datagevoeligheden en maakt kenbaar welke voorverwerking van de data nodig is om de effectmeting te kunnen realiseren. Daarnaast kunnen we door voortschrijdend inzicht de onderzoekshypothese verfijnen en de berekening van de maatstaf eventueel bijsturen. De case study illustreert bovendien hoe de effectmeting tot stand komt. In een laatste stap rekenen we de effectmeting door voor het ganse studiegebied. Op basis van deze doorrekening kunnen we een meer algemene inschatting maken en een besluit formuleren over het onderzoek naar het verwachte effect.

Beschrijving van de dataset

Alvorens we de effectmetingen aanvatten, willen we de lezer meer inzicht geven in de data.

De data kan grofweg ingedeeld worden in 3 groepen:

- Statische data intersecties: indeling van de intersecties (aantal aanrijrichtingen, kruisingsrichtingen, iVRI's, signaalgroepen);
- Dynamische data intersecties: V-Log data per signaalgroep;
- Dynamische data FM-gebruikers: GPS-posities FM-gebruikers, verrijkt met tijdstempel, snelheid, richting en GLOSA aanduiding.

In de separaat bijgevoegde rapportage 'GLOSA-onderzoeksvragen, rapport Be-mobile wordt in hoofdstuk 5 de bovenstaande databronnen verder toegelicht.

Analyse

• Voorverwerking

De ruwe data an sich kan niet dienen als input voor de analyses. Het is nodig om verschillende voorverwerkingstappen toe te passen zodat we tot een bruikbare dataset komen met relevante informatie. In de separaat bijgevoegde rapportage 'GLOSA-onderzoeksvragen, rapport Be-mobile wordt in hoofdstuk 6 de bovenstaande databronnen verder toegelicht.

• Statistische analyse

We proberen de onderzoeksvragen te beantwoorden aan de hand van statistische analyses van de beschikbare data voor de niet-GLOSA gebruikers (controlegroep), en de GLOSA-gebruikers (testgroep). Om te bepalen of er een significant verschil is in het rijgedrag tussen beide groepen gebruiken we de t-test statistiek. Hierbij wordt de gemiddelde snelheid, wachttijd en reistijd met elkaar vergeleken. We passen de t-test enkel toe voor cases waarbij we voor elke groep minstens 30 observaties hebben.

Om te bepalen of er een significant verschil is in de proportie van gebeurtenissen (stops, roodlichtnegatie) voor beide groepen berekenen we de z-score. Ook hier eisen we minstens 30 observaties per groep.

Om de significantie van de resultaten te bepalen, gebruiken we steeds een alpha waarde van 0.05. Dat wil zeggen dat een verschil tussen beide groepen als significant beschouwd wordt als de waarschijnlijkheid dat er geen verschil is tussen de groepen kleiner is dan 5%.

Gezien het zeer beperkt aantal observaties van GLOSA-gebruikers over de hele pilot is het niet mogelijk om in de statistische analyses externe factoren zoals weer en drukte te controleren. Er zouden dan immers te weinig observaties overblijven om de analyse uit te voeren.

Bovendien geldt dat hoe minder observaties we hebben, hoe minder waarschijnlijk het is dat een significant effect gevonden kan worden. Het valt niet uit te sluiten dat dit een invloed heeft op het vinden van evidentie dat de verwachte effecten optreden.

Voor de doelstellingen omtrent veiligheid en doorstroming zijn verschillende stellingen gedefinieerd (zie Tabel 2). Elk van de stellingen is volgens de beschreven methodologie bestudeerd en uitgewerkt. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in de separaat bijgevoegde rapportage 'GLOSA-onderzoeksvragen, rapport Be-mobile, hoofdstuk 7.

Conclusie en aanbevelingen

In dit rapport hebben we geanalyseerd of het delen van GLOSA-informatie (weergave huidige lichtfases en snelheidsadvies) met autobestuurders leidt tot effecten op veiligheid en doorstroming die significant verschillend zijn dan wanneer geen GLOSA-informatie gegeven werd.

De verwachte effecten werden omschreven in 7 onderzoeksvragen: 4 naar veiligheid, en 3 naar doorstroming. We hebben verschillende maatstaven gedefinieerd die het verwachte effect van de GLOSA-informatie kwantificeren. Met deze maatstaven konden we telkens het verschil meten tussen de niet-GLOSA gebruikers (*controlegroep*) en de GLOSA-gebruikers (*testgroep*). Zoals we bij het begin van de analyse hebben onderstreept, is de beschikbare data van GLOSA-gebruikers erg beperkt. Deze beperking speelt op twee niveaus. Enerzijds kunnen we zo goed als niet controleren voor externe factoren, omdat een verdere opdeling tot nog minder beschikbare data per case zou leiden. Anderzijds geldt dat hoe minder observaties we hebben, hoe minder waarschijnlijk het is dat een significant effect gevonden kan worden.

We hebben bij de onderzoeksvragen naar het effect van GLOSA op de veiligheid evidentie gevonden voor het effect van GLOSA op de snelheden op het kruisingsvlak (bij 6 van de 7 intersecties) en de snelheden bij het naderen van de intersecties (bij 5 van de 7 intersecties). In deze gevallen leidde het GLOSA-advies tot hogere snelheden. We vonden in de analyse echter geen evidentie dat GLOSA leidt tot een grotere proportie rood-lichtrijders. Deze resultaten moedigen verder onderzoek aan. Het kan interessant zijn om te onderzoeken in welke omstandigheden het GLOSA-advies tot hogere snelheden heeft geleid, en of dit een verklaring kan geven voor het feit dat er in deze analyse voor sommige kruisingsrichtingen wel en andere kruisingsrichtingen geen effect kon worden vastgesteld. Er kan ook onderzocht worden wat het effect is van het GLOSA-advies op het snelheidsprofiel (tijdreeks van snelheden) van bestuurders over het kruispunt. Mogelijk interessante onderzoeksvragen zijn:

- Wat is het opvolgedrag van bestuurders als reactie op het gegeven advies?
- In welke omstandigheden wordt het advies beter of minder goed opgevolgd?
- Leidt het advies daadwerkelijk tot gevaarlijkere situaties (bruusk versnellen of vertragen)?

Aan de andere kant kon er zo goed als geen effect van het GLOSA-advies op de doorstroming van de GLOSA-gebruikers vastgesteld worden. Heel verrassend is dit niet. Onze inschatting is dat de penetratiegraad van de GLOSA-gebruikers in het studiegebied tijdens de pilot te laag was om een effect te kunnen verwachten op de doorstroming. De GLOSA-gebruikers rijden rond op de openbare weg en reageren op het gedrag van de andere weggebruikers. Bovendien wordt de doorstroming aan kruispunten grotendeels gedreven door de inregeling van de iVRI's. De GLOSA-informatie heeft in die zin weinig toegevoegde waarde voor de doorstroming bij een lage penetratie van GLOSA-gebruikers in het verkeer. Op het eerste gezicht lijkt het resultaat van de analyse naar het effect van het GLOSA-advies op de doorstroming van de GLOSA-gebruikers teleurstellend. Echter, de analyses werpen andere onderzoeksvragen op voor toekomstige studies. In die zin zou het onderzoek naar het opvolgedrag van GLOSA-gebruikers op het gegeven advies erg nuttig zijn. Passen GLOSA-gebruikers hun snelheid aan op basis van het gegeven advies zodat ze een stop voor de intersectie kunnen vermijden? Hiertoe lijkt verder onderzoek naar het snelheidsprofiel (tijdreeks van snelheden) voor het kruispunt relevant. Anderzijds kan er ook onderzocht worden bij welke penetratiegraad het GLOSA-advies leidt tot een betere doorstroming op kruispuntniveau. In dit geval zouden we dus niet het gedrag van GLOSA-gebruikers met niet-GLOSA gebruikers vergelijken. Het is correcter om op kruispuntniveau na te gaan of de doorstroming verbetert met een voldoende hoge GLOSA-penetratie, in vergelijking met de situatie waar er geen of minder GLOSA-gebruikers in het verkeer aanwezig waren.

3-5 ONDERZOEKSVRAAG 5: BRUIKBAARHEID EN KWALITEIT CAM BERICHTEN

Op welke wijze zijn in de iVRI binnenkomende CAM-berichten (OBU device met ITS-G5 met eigen GPS-antenne en consumenten device met cellulaire communicatie met GPS-antenne van een (smartphone) bruikbaar in een voertuigafhankelijke verkeersregeling en is de kwaliteit van de CAM-berichten (locatie per rijstrook, tijdigheid, betrouwbaarheid, frequentie) voldoende voor deze toepassing. Wat is het verschil in exploitatie (beheer) kosten tussen klassieke detectie inputs bij iVRI's (lussen en drukknoppen) en in de iVRI binnenkomende CAM-berichten van beide type devices?

Aanpak onderzoeksvraag

Deze onderzoeksvraag kan beantwoord worden door de volgende aanpak:

- 1 Kunnen de CAM-berichten van een OBU device en van een consumenten device eenduidig op een rijstrook geplaatst worden op basis van de GPS-informatie en de rijstrookinformatie in de MAP.
 - a Wat is daarbij de gemiddelde afstand tot het midden van de rijstrook?
 - b Wat is de gemiddelde vertraging van de ontvangen positie?
 - c Wat is de updatefrequentie?
- 2 Kan de kwaliteit van de GPS-informatie in de CAM-berichten van OBU device en van consumenten device gevalideerd worden met de werkelijke positie van het betreffende voertuig op een camera beeld. Dit kan gedaan worden voor:
 - a Referentie voertuig waarin beide type devices actief zijn.
- 3 Wat zijn de verschillen in exploitatiekosten voor klassieke detectie en C-ITS CAM berichten. Wat is het verschil tussen CAM-berichten via:
 - a Consumenten product met cellulaire communicatie via TLEX en Service Provider(s).
 - b OBU directe communicatie.

Configuratie

Bij dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt naar 2 soorten van bron informatie nl professioneel OBU en een consumenten device waarbij 2 type verbindingen worden gebruikt nl ITS-G5 en cellulair ontvangen CAM-berichten.

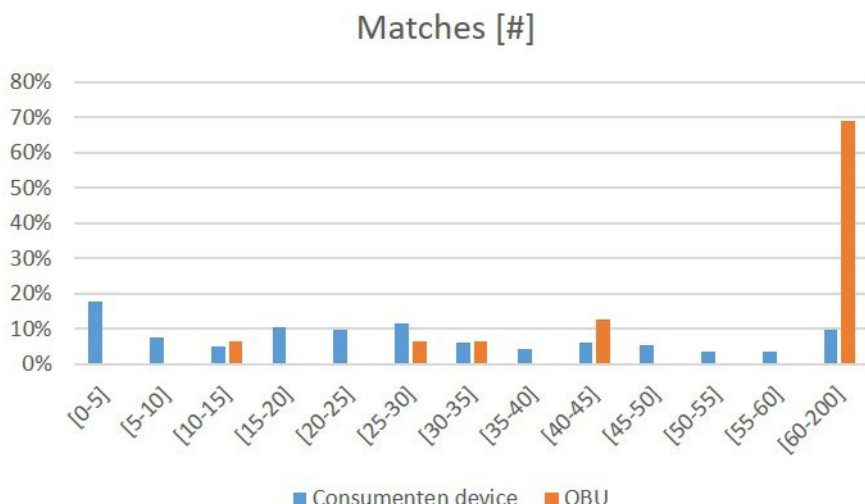
De professionele OBU met HMI heeft een eigen GPS-antenne in het voertuig en andere middelen zoals koppeling op CAN bus voertuig en toegang tot odometer. Communicatie van dit device is direct tussen OBU en RSU (via ITS-G5).

De cellulaire configuratie betreft als bron een consumenten device met geïntegreerde GPS-antenne en een app met HMI functionaliteiten. Communicatie verloopt via een mobiele provider (cellulair), een Service Provider, TLEX, een iVRI en de RSU.

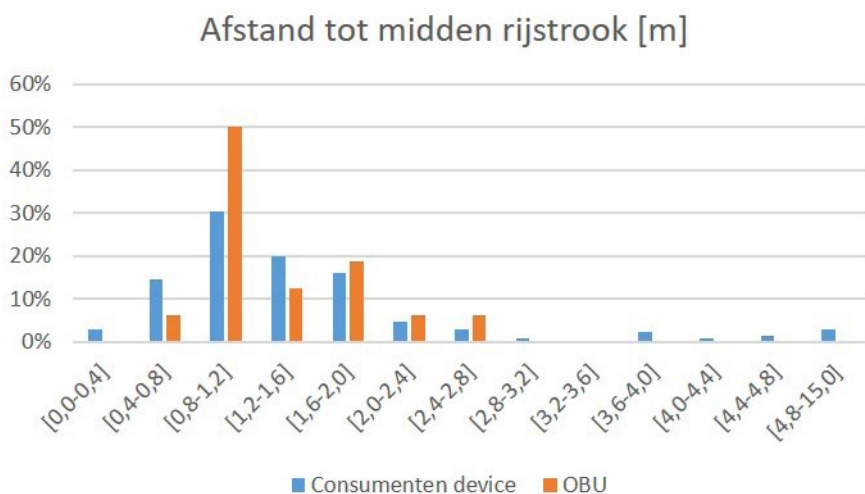
Ad 1 Kwaliteit van de informatie in de ontvangen CAM-berichten

Bij de analyse naar de bruikbaarheid van de CAM-berichten wordt in eerste instantie gekeken of op basis van de meegestuurde GPS-coördinaten eenduidig bepaald kan worden of het voertuig zich op een rijstrook bevindt. Bij deze analyse wordt uitgegaan van de standaardbreedte van 3 meter van de rijstroken in het MAP-bestand. Indien op basis van de GPS-coördinaten de afstand tot de dichtstbijzijnde rijstrook minder dan 1.6 meter is (de helft van de standaardbreedte + 0.1 m marge), kan het voertuig eenduidig op een rijstrook geplaatst worden. Per kruispuntpassage wordt bepaald hoeveel CAM-berichten binnen deze marge vallen. Dit aantal is uiteraard ook afhankelijk van de frequentie. Hoe meer goede matches, hoe bruikbaarder de informatie.

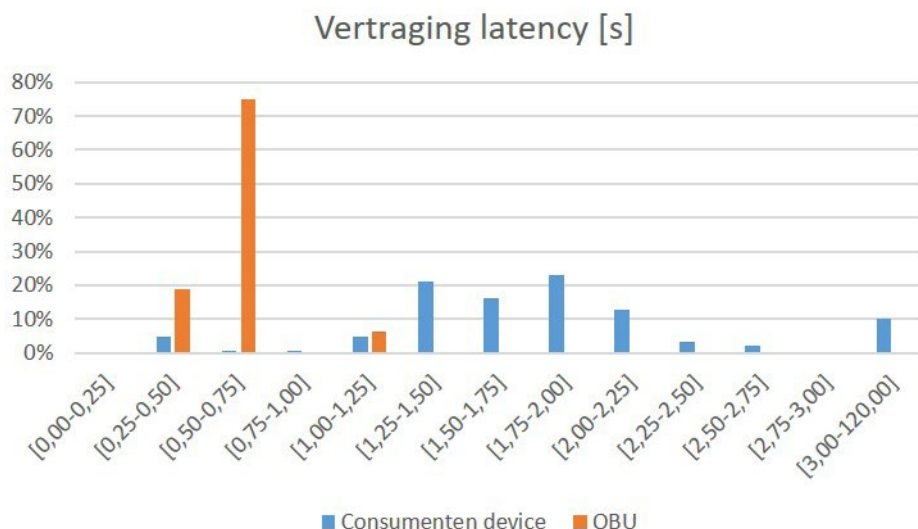
In de volgende grafiek staat het per aantal-categorie het percentage matches per kruispuntpassage. Hierin valt duidelijk op dat de bron info van OBU relatief veel hoge aantallen matches heeft, van consumenten device is het meer verdeeld. Doordat de OBU-HMI een eigen GPS-antenne gebruikt is de GPS-positiebepaling nauwkeuriger dan bij cellulair die gebruik maakt van de GPS-antenne in een smartphone. Voor een goede bruikbaarheid is het nodig dat er meerder berichten tot aan de stopstreep goed gematched kunnen worden zodat het voertuig gevolgd kan worden op zijn route naar de stopstreep. Hiermee kan ook een groen aanvraag gedaan worden in de iVRI voor de juiste signaalgroep.

Figuur 15 | Percentage matches per kruispuntpassage

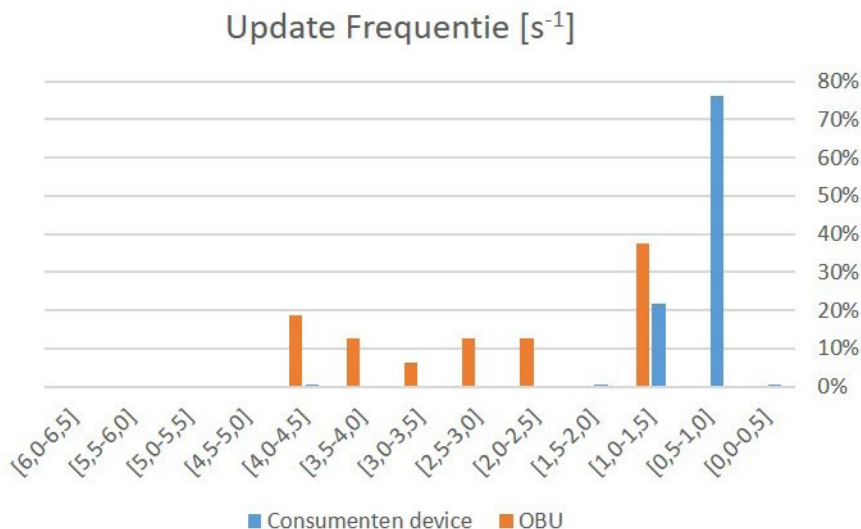
Bij het bepalen van de afstand tussen de GPS-coördinaten van het CAM-bericht en de dichtstbijzijnde rijstrook wordt een maximale afstand van 15 meter gehanteerd. Dit wordt gedaan om te voorkomen dat voertuigen van andere straten onterecht gematched worden op het kruispunt. In de volgende grafiek staat per afstandscategorie het relatief aantal passages. Hierin valt op dat van smartphone relatief meer passages zijn met een kleinere afstand, maar ook een veel grotere spreiding van de afstand (tot 15 m). Van OBU is deze spreiding minder, hier zit de afstand met name rond 1 m. Het is met name van belang dat de afstand klein genoeg is om het voertuig eenduidig op de juiste rijstrook te kunnen positioneren.

Figuur 16 | Per afstandscategorie het relatief aantal passages

Op basis van de ontvangen tijdstempels in de CAM-berichten kan bepaald worden wanneer het CAM-bericht is gegenereerd (voertuig zijde). Met de tijdstempels die de iVRI bij ontvangst van het bericht vastlegt kan de vertraging (van de transmissie) van het CAM-bericht bepaald worden. De gedetecteerde tijdvertraging kan veroorzaakt worden door een werkelijke tijdvertraging tussen het genereren en ontvangen van het CAM-bericht, maar ook door klokverschillen. De ITS-G5 keten bestaat uit een OBU (voertuig zijde) en een RSU (wegkant zijde). De cellulaire keten bestaat uit een smartphone met een app, een Service Provider, TLEX, de iVRI en RSU. Voor de werking van de C-ITS-keten is het van essentieel belang dat de interne klokken gelijklopen. Alle componenten in de keten zijn tijd gesynchroniseerd, maar niet per se met dezelfde bron. De enige component die buiten de invloedssfeer van de C-ITS-keten valt is de smartphone, dit wordt door de gebruiker zelf bepaald, maar heeft dus ook te maken met een langere keten. In de volgende grafiek is per vertragingencategorie het relatief aantal CAM-berichten weergegeven. Hierin valt duidelijk op dat data van consumenten device meer vertraging, en ook een grotere spreiding te zien is.

Figuur 17 | Per vertragsingscategorie het relatief aantal CAM-berichten

De update frequentie van een CAM-bericht geeft aan hoe goed een voertuig gevolgd kan worden. Bij een snelheid van 80 km/u (maximumsnelheid op dit kruispunt), betekent een frequentie van 1 keer per seconden dat elke 22,22 meter een update van de positie wordt ontvangen. Bij dezelfde snelheid en een frequentie van 4 keer per seconde is dit elke 5,56 meter en bij elke 8 seconde is dit 2,78 meter. In de volgende grafiek is per frequentie categorie het relatief aantal passages aangegeven. Hierin valt op dat professionele OBU hogere frequenties worden gehanteerd (1 tot 4 keer per seconde). Via consumenten device is de frequentie lager, rond 1 keer per seconde, conform de ontwerprequirement in de cellulaire keten.

Figuur 18 | Per frequentie categorie het relatief aantal passages

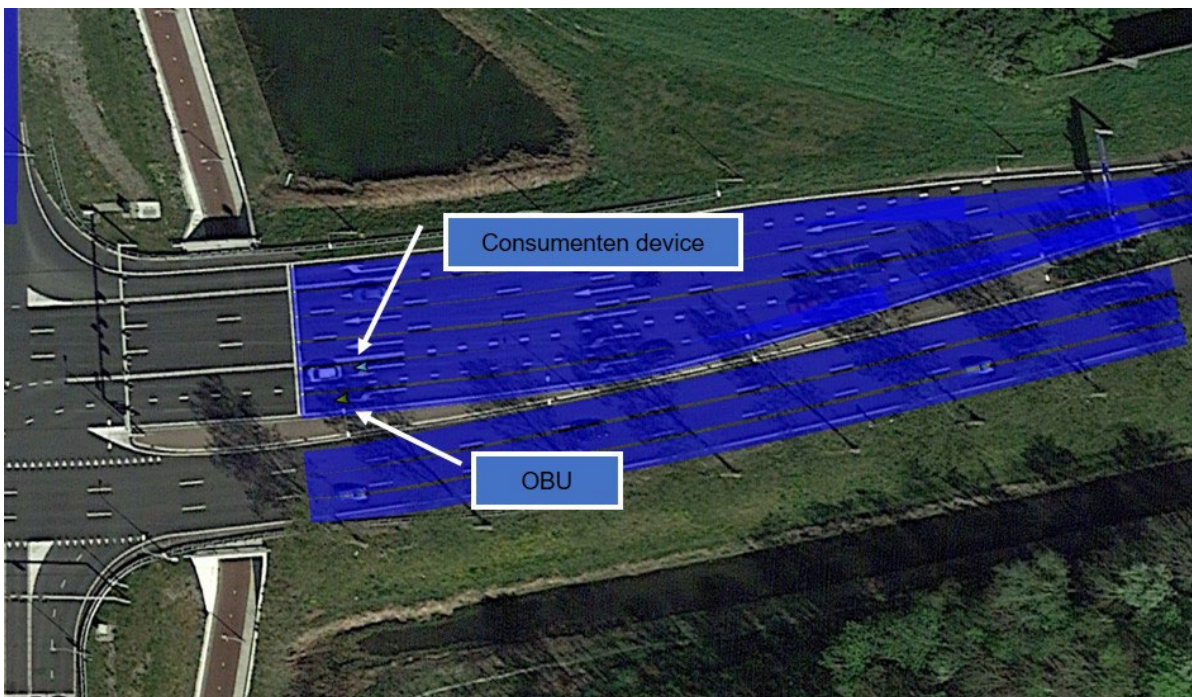
Ad 2 Werkelijke positie van het voertuig

De analyse van de GPS-informatie in het CAM-bericht door middel van de positiebepaling op het MAP-bericht zegt nog niks over de werkelijke positie van het betreffende voertuig. Het is goed mogelijk dat de GPS-informatie suggereert dat een voertuig op een bepaalde rijstrook rijdt, terwijl het voertuig eigenlijk op een andere rijstrook rijdt.

Om hier een uitspraak over te doen wordt een vergelijking gemaakt met de camerabeelden. In onderstaande foto rijdt het C-ITS-voertuig op de middelste rechtdoor-strook.

Figuur 19 | C-ITS-voertuig op de middelste rechtdoor-strook

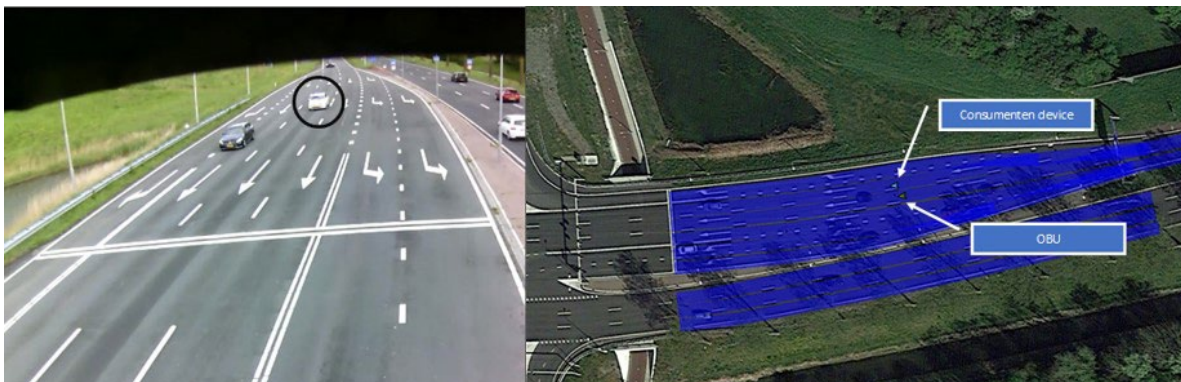
In onderstaande figuur is de GPS-informatie op het satellietbeeld en het MAP-bericht (blauwe vlakken) geplaatst. Zowel het smartphone bericht als de OBU bericht kan op basis van de GPS-informatie goed op een rijstrook geplaatst worden. Via smartphone wordt het voertuig echter op de rechter rechtdoor-strook geplaatst.

Figuur 20 | CAM-posities; consumenten device op de rechter rechtdoor-strook; OBU op de middelste rechtdoor-strook

Hier geeft de smartphone bericht de verkeerde rijstrook aan, maar in dit geval is dat nog steeds dezelfde richting (rechtdoor).

Hieronder nog een keer beide figuren naast elkaar weergegeven.

Figuur 21 | Positie van het C-ITS-voertuig en de CAM-berichten naast elkaar



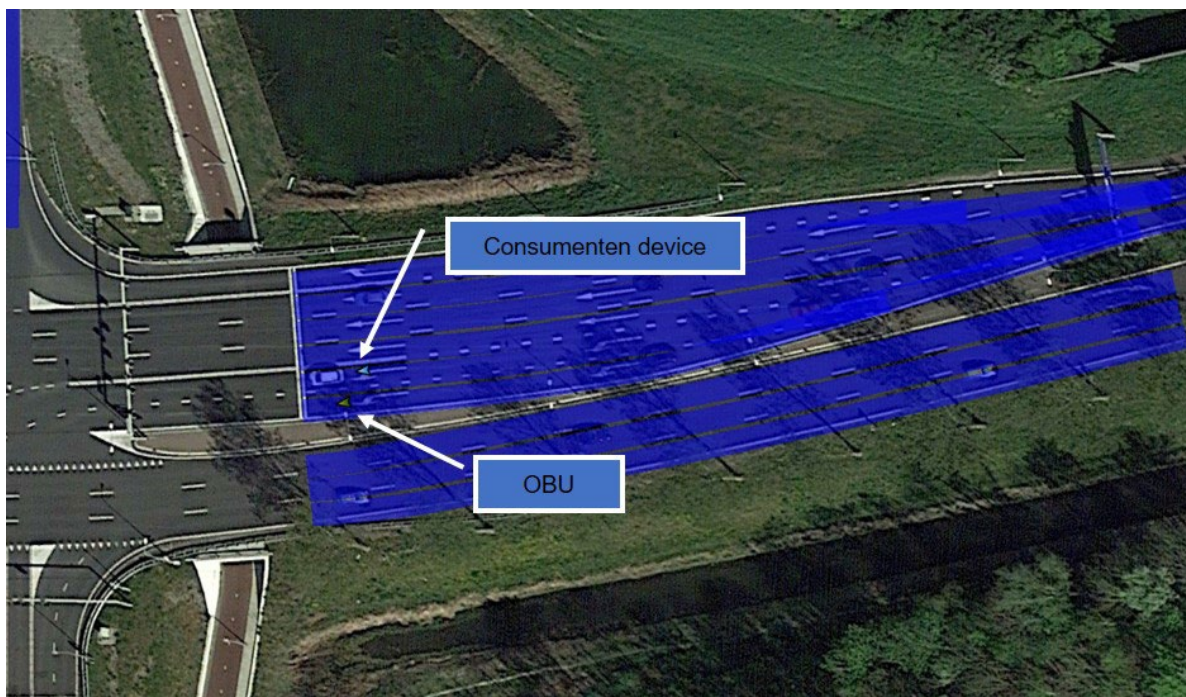
In de volgende foto rijdt het C-ITS-voertuig op de linker linksaf-strook.

Figuur 22 | C-ITS-voertuig op de linker linksaf-strook



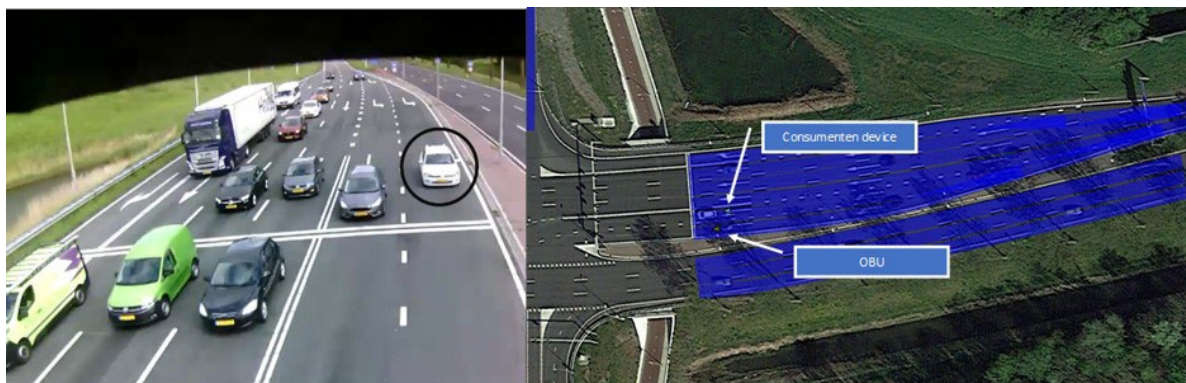
De corresponderende CAM-posities zijn in onderstaande figuur weergegeven. Consumenten device op de rechter linksaf-strook en OBU op de linker linksaf-strook.

Figuur 23 | CAM-posities; Smartphone op de rechter linksaf-strook; OBU op de linker linksaf-strook.



Hieronder nog een keer beide figuren naast elkaar weergegeven.

Figuur 24 | Positie van het C-ITS-voertuig en de CAM-berichten naast elkaar.



Deze analyse toont aan dat positiebepaling via voertuig met als bron OBU-HMI en het gebruik van een eigen GPS-antenne beter overeenkomt met de werkelijke positie dan via een consumenten device en het gebruik van een GPS-antenne geïntegreerd in de consumenten device.

In deze getoonde gevallen komt het voertuig met consumenten device op de rijstrook naast de rijstrook waar het werkelijke referentie voertuig zich bevindt. In dit geval is dat telkens een rijstrook die dezelfde richting op gaat. Maar, afhankelijk van de werkelijke positie van het voertuig kan dat ook een andere rijrichting zijn. In dat geval wordt in de iVRI een aanvraag gedaan voor de verkeerde richting.

Voor de iVRI is het uiteindelijk van belang dat nauwkeurig bepaald kan worden welke richting de verkeersdeelnemer opgaat, en wanneer het vervoersmiddel de stopstreep zal passeren of passeert. Voor het nauwkeuriger bepalen van de richting kan eventueel gebruik gemaakt worden van de status van de bv richtingaanwijzer. Het komt in de praktijk echter ook voor dat de richtingaanwijzer niet gebruikt wordt wanneer dat wel zou moeten en andersom. Een ander mechanisme om aan te geven welke richting het voertuig opgaat is SRM/SSM. In dit geval moet het "systeem" (de OBU of het consumenten device) weten welke richting het voertuig opgaat. Dit zou bij het gebruik van routenavigatie kunnen, maar ook hiervoor geldt dat deze route door het voertuig gevolgd moet worden.

Met een nauwkeurige positiebepaling via voertuig device (en een eigen GPS-antenne) kan de juiste rijstrook en richting bepaald worden. Ook nieuwere locatiebepaling (bv. galileo) kan in de toekomst hier verbeteringen aanbrengen.

Ad 3 Exploitatie kostenberekening

Om dit deel van de onderzoeksvraag te beantwoorden zijn de kosten voor detectielussen en voertuigberichten op basis van CAM in beeld gebracht.

Voor de onderhavige kruising zijn een 80-tal detectielussen aangebracht met gemiddeld 3 detectielussen per rijstrook.

De aanleg van zo'n detectie veld kost ongeveer € 32.000, gemiddeld € 400 per lus.

De levensduur van een detectielus is circa 6 jaar nabij de stopstreep en verder weg 8 jaar. Dit komt door de invloed van het remmen voor de stopstreep. Asphalt heeft een levensduur van 6-8 jaar. Het ligt voor de hand om te sturen op het vervangen van het detectieveld tijdens de renovatie van het asphalt.

Incidentele reparatie van defecten van de detectielus vergt een kostenpost van €3.500 per jaar. Verkeersmaatregelen vormen hier een belangrijke rol in de kosten. Uitgaande van 2% defecte lus per jaar per kruispunt, kost dit € 7.000 voor dit kruispunt.

Zo'n dergelijk detectie veld heeft dus een 24 uren beschikbaarheid ten tijde van het actief regelen van het verkeer. Elk voertuig wordt dus bediend en niet afhankelijk van een penetratiegraad.

De vraag is wat de kosten zijn voor een voertuigbericht op basis van CAM-bericht. En hoeveel voertuigen (penetratiegraad) moeten zijn uitgerust met een OBU om een acceptabel/vergelijkbaar niveau van regelen te behalen.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een OBU en consumenten device.

Bij OBU heeft het CAM bericht een hogere vernieuwing frequentie en een nauwkeurigere positiebepaling. Daarnaast geldt voor short range communicatie van CAM berichten een open data principe en een verplichting om uit te sturen als C-ITS station.

Bij consumenten device is de vernieuwing frequentie maximaal 1 seconde in de zogenaamde high-density mode. Een voertuig afhankelijke verkeersregeling ververst haar actuele detectie beeld elke 100 milliseconde. De frequentie van ontvangst van CAM-berichten is tevens sterk afhankelijk van het aantal voertuigen die deze informatie versturen/beschikbaar stellen. Omdat een CAM bericht snelheidsinformatie bevat en de ontvangst ervan per definitie betekent dat er een voertuig is, is de verkeerskundige waarde relatief hoog.

Marktmodel CAM-data

De kosten van cellulaire CAM-berichten bij zowel een consumenten device inrichting als ingebouwde OBU kunnen niet eenvoudig berekend worden. Het is nog onduidelijk hoe de markt rondom CAM-data gaat werken en wat dit betekent voor de kosten en de waarde van CAM-berichten. Ter referentie geven we inzicht hoe het gebruik van in-car locatiedata nu al tot een datamarkt heeft geleid die vooral rond verkeersinformatiediensten al grootschalig is uitgerold.

Er zijn afgelopen decennium marktmodellen ontstaan waarbij dienstverleners in-car locatie data verhandelen. Typische afrekenmodellen komen op een marktwaarde per positie die zo geleverd wordt. Bij deze marktmodellen worden typisch kwaliteitseisen (bv nauwkeurigheid van posities, al of niet rijdende voertuigen, minimale en maximale frequentie van datalevering, ...) en leveringsvoorwaarden (bv. latency tussen het inwinnen van een positie en het aanleveren, continuïteitseisen, privacy eisen, ...) vastgelegd. Ook de gebruiksvoorwaarden (bv exclusief of niet voor bepaalde toepassingen) worden hierin meegenomen.

Dit model kan ook een basis vormen voor CAM-data waarbij dus een afrekenmodel voor de uitwisseling van data ontstaat.

In de huidige markt van in-car locatiedata zien we een markt waar voertuigdata verhandeld wordt aan prijzen die lager zijn dan 100 euro per miljoen geldige posities. Door de sterke toename van het aantal aangesloten voertuigen zien we ook dat deze prijs over de jaren heen is gedaald.

De verwachting is dat de kwaliteitseisen en leveringsvoorwaarden voor CAM-data iets strikter zullen zijn. Er zijn dan ook kansen en aangrijppunten om prijzenmodellen op deze manier te organiseren.

In Tabel 3 zijn voor een voorbeeld kruispunt met 80 detectielussen de kosten inzichtelijk gemaakt.

Tabel 3 | Kosten detectiesysteem voor wegbeheerder over periode van 6 jaar

Variant Communicatie	Detectielussen	CAM
	Provincie	Short range Provincie
Capex:		
Detectielussen minimum	€ 32.000,-	€ 12.000,-
Apparatuur	€ 8.000,-	€ 4.000,-
Opex:		
Schade lusreparatie	€ 24.000,-	€ 12.000,-
Onderhoud	€ 3.000,-	€ 2.000,-
PKI-productie	€ 0,-	€ 24.000,-
Communicatienetwerk	€ 0,-	€ 600,-
Exploitatie totaal 6 jaar	€ 67.000,-	€ 54.600,-
Exploitatie naar 270 VRI's	€ 18.090.000,-	€ 14.472.000,-

NB. Met de huidige consumenten device kan je geen volledig voertuigafhankelijke verkeersregeling realiseren. De inschatting is dat je iets meer dan een derde van de kosten voor detectielussen nodig hebt.

Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden:

- CAM-berichten van OBU zijn van goede kwaliteit en bruikbaar om een voertuigafhankelijke verkeersregeling mee te bedienen.
- CAM-berichten van consumenten devices zijn in huidige vorm niet geschikt voor een rijstrook georiënteerde detectie en daarmee nog niet bruikbaar om een voertuigafhankelijke regeling mee te bedienen.

Een wegbeheerder zou in de toekomst een beperkt detectie veld (koplus en een verlenglus) moeten aanleggen en een inrichting om OBU-voertuigberichten te ontvangen. Een bijkomend voordeel is tevens dat deze voertuigen ook direct geïnformeerd kunnen worden over bepaalde gevaren. De kwaliteit van de verkeersregeling zou dan tenminste een gelijke performance moeten halen. In het kader van borgen van de verkeersveiligheid en beschikbaarheid van CAM-berichten dient een beperkt detectieveld altijd aanwezig te zijn.

In bovenstaande uitwerking (ad.3) zijn rekenvoorbeelden gegeven om inzicht te krijgen in de kosten en potentiële waarde van CAM-berichten. Voor een goed gefundeerd antwoord op de onderzoeksvraag is door alle partijen geconcludeerd dat een diepgaander onderzoek noodzakelijk is.

Opmerking: De authenticiteit van de "berichten" van de verkeersdeelnemer moet worden vastgesteld om valse meldingen te voorkomen. Het begrip PKI (Public Key Infrastructure) moet gevolgd worden in het geval van short range communicatie. Bij cellulaire communicatie is de keten contractueel wel al geborgd en vervallen de PKI-productie kosten.

3.6 ONDERZOEKSVRAAG 6: VOOR- EN NADELEN HYBRIDE UITVOERING GLOSA

Welke functionele, technische en operationele voor- en nadelen (b.v. m.b.t. data validatie en fallback) heeft de hybride uitvoering van GLOSA (ITS-G5 en 4G)?

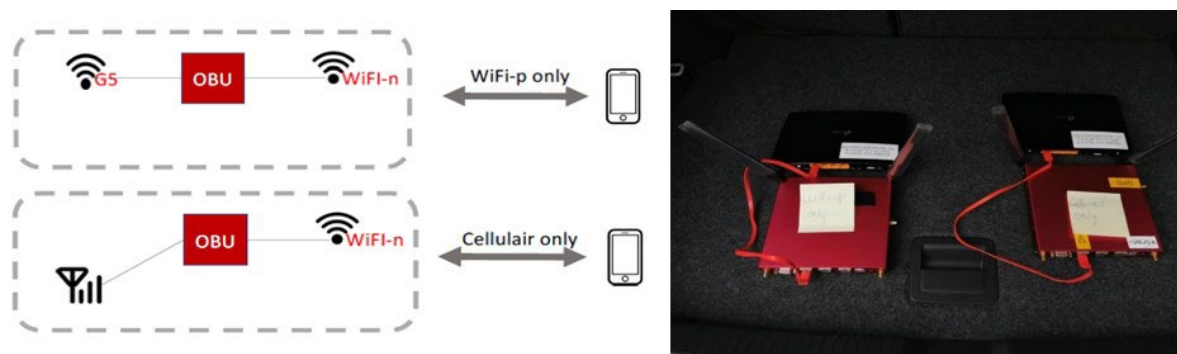
Leeswijzer

In deze paragraaf is de werkwijze, resultaten van de testen en de conclusies en aanbevelingen opgenomen. Een uitgebreide beschrijving van de onderzoeksresultaten zijn opgenomen in het separaat bijgevoegde document 'Testrapport 4G5 V-tron'. Daarnaast wordt ook verwezen naar de TNO rapportage (TNO 2020 R10647) die eveneens als separaat document is toegevoegd.

Werkwijze

V-tron is meerdere malen naar Noord-Holland gekomen om de GLOSA-techniek op de N205 en N201 te beproeven. Op 4 december 2019 stond hiervoor een officiële testdag gepland waarbij alle betrokken partijen aanwezig waren. Doel van deze dag was om te verifiëren of de in-car en weggantsystemen naar behoren werkten. V-tron heeft voor deze dag een testvoertuig opgebouwd welke voorzien is van een Cellulair only OBU en ITS-G5 only OBU. Hiermee kunnen beide communicatiekanalen naast elkaar worden getest en worden vergeleken. Voorin de testauto zijn twee HMI's geplaatst (zie Afbeelding 5) waarop de verkregen informatie bij het passeren van een IVRI wordt getoond.

Afbeelding 5 | Gebruikte OBU's



Tijdens het testen wordt van elk kruispunt genoteerd of de SPAT en MAP-berichten zijn ontvangen en via welke kanalen deze berichten zijn binnengekomen. Daarnaast wordt gekeken of de getoonde informatie overeenkomt met de werkelijke situatie buiten het voertuig. De resultaten zijn hierna gedeeld met de betrokken partijen zodat afwijkingen of fouten verholpen kunnen worden.

Binnen het 4G5 project zijn twee kruispunten op het testtraject uitgerust met camera's welke de wachtrij voor een verkeerslicht meten. Deze wachtrijinformatie wordt vanuit de weggant meegestuurd met het SPAT bericht en ontvangen door de OBU in het voertuig. Om de wachtrijinformatie te verwerken heeft V-tron een nieuw algoritme geschreven voor het berekenen van een snelheidsadvies. Op 14 januari 2020 is deze nieuwe toepassing door V-tron getest. Hiervoor was de testauto uitgerust met twee OBU's. Op één OBU was het nieuwe algoritme geïnstalleerd en op de andere OBU werd met het originele algoritme gereden. Door deze OBU's met elkaar te vergelijken konden de verbeterpunten worden geconstateerd.

Resultaten testen

Hieronder zijn de resultaten van de verschillende testdagen weergegeven. Deze resultaten zijn uitgebreid beschreven in het separaat bijgevoegde document 'Testrapport 4G5 rapport - V-tron'.

> Resultaten 4 december 2019

Tijdens deze testdag heeft V-tron alle kruispunten 3 of 4 keer benaderd uit elke mogelijke richting. Hierbij is een tabel bijgehouden omtrent de ontvangen berichten. Deze is terug te vinden in bijlage 8 van het testrapport. Voor een aantal kruispunten zijn er verbeterpunten waargenomen, deze zijn hieronder (Tabel 4) weergegeven.

Tabel 4 | Verbeterpunten per kruispunt

Kruispunt	Verbeterpunt
N205/Vijfhuizenweg TLC ID: 7AA40064 Name: 205167	Bij het aanrijden van de kruising wordt in de HMI al de maximumsnelheid van 70 km/h te zien terwijl het snelheidsbord nog niet is gepasseerd. Op dat moment is de geldende maximumsnelheid nog 100 km/h. Op de HMI werd vanuit richting 4 een maximumsnelheid getoond van 60 km/h, vervolgens werd er een snelheidsadvies gegeven van 65 km/h. Dit is conflicterend en moet voorkomen worden.
N205/Afslag P+R TLC ID: 7AA4005A Name: 205195	Er zijn geen berichten ontvangen via ITS-G5.
N201/verbindingsweg TLC ID: 7AA4001E Name: 201234	Er zijn geen berichten ontvangen via ITS-G5.
N201/Leenderbos TLC ID: 7AA40028 Name: 201239	Uit rijrichting 4 wordt een extra rijstrook getoond op de HMI terwijl dit in werkelijkheid een busbaan is.
N201/IJweg TLC ID: 7AA400FA Name: 201249	Er zijn geen berichten ontvangen via ITS-G5.
N201/Adrianahoeve – Weg Om de Noord TLC ID: 7AA40078 Name: 201291	Tijdens testrun 1 en 2 is geen ITS-G5 ontvangen, tijdens testrun 3 zijn de berichten wel via ITS-G5 ontvangen. De MAP voor rijrichting 3 klopt niet. Hierin wordt de mogelijkheid om af te slaan naar links niet weergegeven.

In de rapportage van TNO, waarin de Human Factors beoordeling ten aanzien van GLOSA zoals toegepast in Noord-Holland is beschreven, wordt ook melding gemaakt van het feit dat er niet altijd data werd getoond. Voor ITS-G5 is dit terug te voeren op de afhankelijkheid van de wegwijk. Dit is in deze korte keten de enige afhankelijke ketenpartner.

Naast de genoemde constatering op communicatiegebied is er ook een aandachtspunt voor het aftellen naar groen waargenomen op de HMI. Na het aftellen springt het verkeerslicht op de HMI vaak eerst terug naar rood en dan pas naar groen. Hiervoor is na afloop van de testdag een analyse gedaan van de logdata en de opgenomen HMI-beelden. Hieruit blijkt dat dit een timingprobleem lijkt te zijn tussen de HMI en de OBU. De situatie is als volgt; de ZOOF-app haalt 1 keer per seconde een advies op bij de OBU. Dit advies bevat informatie omtrent de CURRENT_PHASE en hoe lang deze fase nog geldig is. De ZOOF-app telt op basis van CURRENT_PHASE met bijbehorende tijd af, en wanneer deze bij 0 komt schakelt de HMI over naar NEXT_PHASE om vervolgens weer te kijken naar CURRENT_PHASE. Echter als de ZOOF-app in dat korte tijdsbestek nog geen nieuw advies heeft opgehaald van de OBU, dan zou het kunnen zijn dat CURRENT_PHASE niet overeenkomt met de actuele status van het stoplicht, totdat hij een nieuwe update van de OBU heeft ontvangen en even naar de NEXT_PHASE schakelt, om vervolgens weer naar de CURRENT_PHASE te schakelen. Dit probleem zorgt ervoor dat er onlogische verspringingen op de HMI waar te nemen zijn welke als verwarrend door de gebruiker worden ervaren.

Gebruik First come principe

Een implementatie met hybride communicatie brengt voordelen met zich mee, zo vergroot dit het communicatiebereik van de OBU en maakt dit de communicatie robuuster. Wanneer bijvoorbeeld 'short-range' communicatie zoals ITS-G5 buiten bereik valt, gezien het 'low-latency' en 'short-range' karakter van deze technologie, wordt de dekking automatisch overgenomen door het cellulair pad. Informatie kan op deze manier langer van tevoren beschikbaar worden gemaakt, en waar noodzakelijk automatisch met een lagere latency worden afgeleverd wanneer bijvoorbeeld wordt overgeschakeld van cellulair naar ITS-G5 communicatie. Daarnaast zorgt de hybride modus er ook voor dat wanneer één van de communicatiekanalen tijdelijk wegvalt, bijvoorbeeld in een gebied zonder LTE-dekking, dit automatisch wordt opgevangen door het andere communicatiekanaal. Dit betekent dat in de huidige implementatie ook het 'fallback' principe verwerkt is wat deze methode versterkt.

De huidige implementatie van de VTRON OBU maakt gebruik van het 'First come' principe, dat houdt in dat de berichten (MAP, SPAT) die als eerste binnenkomen in de OBU verwerkt worden voor de GLOSA-adviezen. Deze implementatie hanteert wel een check op dubbele berichten, zodat wanneer hetzelfde bericht (bijvoorbeeld dezelfde MAP) via twee communicatiekanalen binnenkomt, deze niet twee keer verwerkt hoeft te worden.

Het vergroten van de dekking kan echter ook nadelen met zich meebrengen, zo kan het betekenen dat er meer informatie in de OBU wordt ontvangen die niet direct relevant is, waardoor de load op een OBU (onnodig) omhoog kan gaan. Hier zou in backoffice-implementaties rekening mee gehouden kunnen worden door bijvoorbeeld het toepassen van slimme filteringsmechanismen. Ook heeft 'short-range' communicatie zoals ITS-G5 het voordeel dat als je in gebied komt waar je als Service Provider de IF2 niet kent, of die er niet is, of niet voor iedereen toegankelijk is (zoals de TLEX) de 'short-range' communicatie nog werkt.

> Resultaten 14 januari 2020

Tijdens deze testdag is er gereden met twee OBU's in het voertuig om een vergelijking te maken tussen een snelheidsadvies met wachtrijinformatie verwerkt en een snelheidsadvies waarbij geen wachtrijinformatie is verwerkt. Het testen van deze toepassing is een grote uitdaging gebleken omdat het moment van aanrijden op het kruispunt erg belangrijk is. In veel gevallen stonden wij al ruim voor het kruispunt in de file waardoor er geen snelheidsadviezen zichtbaar waren op de HMI maar de huidige status van het verkeerslicht. De HMI is namelijk zo opgebouwd dat er onder de 20km/h geen snelheidsadviezen getoond worden maar de huidige status van het verkeerslicht.

Op de momenten dat wij niet in de file stonden en op het juiste moment de kruising naderden waren er duidelijk verschillen tussen de HMI's waar te nemen. Wanneer er een wachtrij voor het kruispunt stond kregen wij lagere adviezen te zien met de nieuwe logica. Ook werden er geen adviezen gegeven wanneer de wachtrij erg lang was. Hierdoor hebben wij geen adviezen ontvangen welke niet opvolgbaar waren door de lange wachtrij.

Wij hebben deze techniek tijdens de testdag op slechts één kruispunt kunnen testen omdat het andere kruispunt buiten werking bleek te zijn. Bij dit kruispunt hebben wij genoeg data verzameld en ervaringen kunnen opdoen om te stellen dat het verwerken van wachtrijinformatie in het SPAT bericht een positief effect heeft op het snelheidsadvies.

Conclusies

Voorafgaand aan de testdagen was het niet mogelijk om zonder gebruik van een testauto de werking van de ITS-G5 communicatie te testen. Voor het cellulaire kanaal is een monitoringsysteem online waarmee de werking van de cellulaire datastream kan worden waargenomen. Het is wenselijk om een dergelijk systeem ook voor ITS-G5 geschikt te maken zodat serviceproviders niet voor verrassingen komen te staan wanneer er testen uitgevoerd moeten worden en zodat er meer inzicht is in de werking van de IVRI's op het testtraject.

Doordat niet bij elke IVRI beide communicatiemethodes actief bleken te zijn waren er op de Cellulair only en ITS-G5 only OBU's testsessie, niet bij alle kruispunten adviezen beschikbaar. Wanneer er een keuze zou zijn gemaakt om met slechts één van deze kanalen te werken waren gebruikers tijdens de testsessies niet voldoende geïnformeerd. De hybride communicatiemethode die de OBU momenteel hanteert blijkt hierin een goede uitkomst te hebben geboden waardoor er tijdens de gebruikerstesten van elk kruispunt adviezen zijn ontvangen. Het 'First come' scenario blijkt hierin een perfecte oplossing te zijn doordat ook het 'fallback' scenario hierin verwerkt zit en daardoor altijd tijdig de informatie aan de gebruiker toont.

De verwerking van de wachtrijinformatie in het SPAT bericht lijkt juist te werken. Door de aanpassingen in de OBU-logica worden er minder niet-opvolgbare adviezen getoond bij benadering van het uitgeruste kruispunt. Indien de wachtrijinformatie bij meerdere IVRI's beschikbaar komt, biedt dit mogelijkheden voor serviceproviders om betere adviezen te tonen aan de weggebruikers. Momenteel is dit echter slechts op één kruispunt uitvoerig getest, het zou goed zijn om deze test in de toekomst uit te breiden.

Is het berekenen van een snelheidsadvies in het individuele voertuig middels de huidige architectuur wel de beste oplossing. Het individuele voertuig heeft minder bruikbare informatie omtrent het overige verkeer op

het kruispunt dan een iVRI. Daarnaast bestaat er de kans dat toekomstige ‘nieuwe’ serviceproviders elk op hun eigen manier snelheidsadviezen gaan berekenen waardoor er onnodige conflicterende adviezen bestaan tussen weggebruikers. De mogelijkheid om een kwalitatief snelheidsadvies vanuit de IVRI aangeleverd te krijgen in het SPAT bericht zou hier een uitkomst kunnen bieden.

Aanbevelingen

De huidige HMI blijkt aanzienlijk veel verbeterpunten te bevatten welke het GLOSA –systeem van V-tron naar een volgend level kunnen brengen. Ook de uitkomsten van de gebruikerstest en het antwoord op onderzoeksvraag 7 kunnen hierin worden meegenomen. Voor er een volgende gebruikerstest plaats gaat vinden zouden deze verbeterpunten verwerkt moeten worden.

Om een verbeterd snelheidsadvies te genereren ten opzichte van het omringende verkeer van een voertuig zou er een verbetering gemaakt kunnen worden door ook CAM-berichten vanuit andere voertuigen te verwerken op de OBU of op de IVRI. Momenteel kunnen CAM-berichten (via ITS-G5) worden ontvangen door de OBU maar deze worden niet verwerkt. Indien het snelheidsadvies vanuit de IVRI komt zouden zowel ITS-G5 als Cellulaire CAM-berichten verwerkt kunnen worden in het snelheidsadvies.

Momenteel worden door de Hybride-OBU enkel CAM-berichten verstuurd via ITS-G5. Het is namelijk niet mogelijk om via de IF2 waar V-tron gebruik van maakt Cellulaire CAM-berichten terug te leveren. Het zou wenselijk zijn om het terugsturen van CAM-berichten via het Cellulaire kanaal wel mogelijk te maken om zo het ‘First come’ en ‘fallback’ scenario ook bi directioneel te laten werken richting de IVRI.

Afbeelding 6 | Testvoertuig V-tron



3.7 ONDERZOEKSVRAAG 7: BIJDRAGE GLOSA BIJ INFORMEREN WEGGEBRUIKERS

Op welke wijze draagt hybride GLOSA bij aan het op juiste en actuele wijze informeren van de weggebruiker en welke invloed heeft dat op de weggebruiker? Hoe ziet het 'juiste' of 'meest wenselijke' GLOSA-advies aan de weggebruiker eruit?

Leeswijzer

In deze paragraaf is de werkwijze, resultaten van de testen en de conclusies en aanbevelingen opgenomen. Een uitgebreide beschrijving van de onderzoeksresultaten zijn opgenomen in het separaat bijgevoegde document 'Testrapport 4G5 V-tron' en de TNO rapportage (TNO 2020 R10647).

Werkwijze onderzoek invloed GLOSA op weggebruiker (onderzoek TNO)

Hoe GLOSA bijdraagt aan het op juiste en actuele wijze informeren van de weggebruiker en welke invloed het heeft op de weggebruiker en hoe deze GLOSA ervaart is nagegaan in een gedragsonderzoek. Dit gedragsonderzoek bestond uit een eerste Human Factors beoordeling van de HMI (Human Machine Interaction) zoals toegepast bij GLOSA en het uitvoeren van een (beperkte) pilot met proefpersonen die zelfstandig een vooraf aangegeven parcours met in totaal acht verkeersregelininstallatie (VRI's) heen en terugreden.

Eerst zijn twee versies van GLOSA (ZOOF en Flitsmeister) door twee human factors experts beoordeeld op hun functionaliteit en wijze van informatiepresentatie. De HMI van beide lijkt goed bruikbaar, maar er zijn ook enkele verbeterpunten geïdentificeerd.

De pilot met proefpersonen is gehouden met de ZOOF-app van V-tron zonder verdere aanpassingen aan de HMI. In deze proef zijn ritten waarin de proefpersonen de GLOSA-snelheidsadviezen kregen aangeboden via het HMI-display (Met GLOSA) vergeleken met ritten waarin deze informatie evenzo beschikbaar was maar NIET werd doorgegeven aan de proefpersoon via het HMI-display (Zonder GLOSA). Door van de VRI-passages de ritten Met en Zonder GLOSA met elkaar te vergelijken, kan de invloed van het GLOSA-advies op het objectieve gedrag van de proefpersonen nader worden onderzocht. Tevens is naar hun mening en ervaringen gevraagd met behulp van vragenlijsten.

Conclusies

- In iets meer dan de helft van alle VRI-passages wordt op dit moment GLOSA-advies gegeven.
- Als er met GLOSA wordt gereden hoeven automobilisten iets minder vaak te stoppen voor een verkeerslicht en dat effect wordt vooral zichtbaar als automobilisten vaker met GLOSA gaan rijden.
- GLOSA-advies komt op dit moment het best tot zijn recht voor 'rechtdoor manoeuvres'.
- De HMI is gebruiksvriendelijk, maar kan worden geoptimaliseerd door het mogelijk te maken om advies ook auditief te ontvangen.
- Een speciale GLOSA-app zullen weggebruikers niet gaan gebruiken, het moet onderdeel zijn van bijvoorbeeld een routenavigatie app als Google Maps.
- GLOSA-advies op korte afstand (vanaf +/- 300 meter) van de verkeerslichten werkt vooral afleidend en biedt geen meerwaarde.

Aanbevelingen

- Het onderzoek wijst uit dat er wel degelijk potentie is met GLOSA. De techniek moet echter verder worden ontwikkeld zodat het vaker en beter bruikbaar advies kan geven aan de weggebruikers. Weggebruikers zijn in dat opzicht erg verwend en verwachten dus meer van de techniek dan dat GLOSA nu biedt. Een mooi systeem, maar als het niet 90% van de keren goed werkt dan zal het gebruik minimaal blijven.
- Samenwerking zoeken met partijen als Google of TomTom om GLOSA onderdeel te maken van grote, veelgebruikte routenavigatie apps. Gebruikers vinden GLOSA als opzichzelfstaande app weinig meerwaarde bieden en zullen een app met alleen GLOSA-advies niet snel gebruiken.
- Na doorontwikkeling van GLOSA nogmaals op veel grotere schaal de pilot herhalen zodat meer gegevens beschikbaar zijn op basis waarvan wetenschappelijke conclusies kunnen worden getrokken.

Werkwijze onderzoek 'juiste' of 'meest wenselijke' GLOSA-advies

Voor het onderzoek hoe het 'juiste' of 'meest wenselijke' GLOSA-advies aan de weggebruiker eruit moet zien, hebben wij gebruik gemaakt van een aantal fysieke bijeenkomsten van specialisten. Deze hebben plaatsgevonden op de volgende data:

- 14 mei 2019
- 16 juli 2019
- 17 september 2019
- 30 oktober 2019

In het separaat bijgevoegde document 'Testrapport 4G5 rapport - V-tron zijn in de bijlage de betreffende notes opgenomen.

Belangrijkste conclusies uit de specialisten sessies

Vooraf tijdens de laatste sessie hebben we een samenvatting proberen te maken waarmee invulling kan worden gegeven voor een richtlijn van een toekomstig gerichte HMI.

Hier volgt de samenvatting van deze conclusies - aanbevelingen

- Het optimaliseren van de ontruimingstijd van een kruispunt, op basis van voertuigtype - elektrische voertuigen zouden bijvoorbeeld een ander advies kunnen ontvangen vanwege hun snellere acceleratievermogen
- De rijstrookbezetting optimaliseren en doorstroom waarborgen door, op basis van de kruispuntbezetting - eventueel in combinatie met voertuigtype, een rijstrookadvies te geven voor voorsorteren tijdens het aanrijden
- Een persoonlijk rijstrookadvies met bijbehorende verkeerslichtweergave van enkel het licht dat voor de richting van de vooraf ingegeven bestemming geldt
- Het geven van een afwijkend advies aan de voertuigen die in de eerste positie van hun rijstrook staan om de optimale acceleratie te krijgen gezien ontruimingstijd en veiligheid
- Het ondersteunen van de bestuurder door te laten zien welk gedrag hij of zij moet vertonen om te kunnen blijven rijden (groen te krijgen)
- Individuele snelheden voor voertuigen op basis van een plek in de wachtrij of op de rijstrook tijdens het naderen van een kruispunt of het optrekken bij groen licht
- Directe feedback ter bevestiging dat het kruispunt je aanwezigheid heeft waargenomen
- Een HMI die de gemiddelde wachttijd bij een rijstrook op een kruising toont, op basis van historische data van de VRI
- Niet alleen de manier waarop de getoonde informatie of de indeling van een scherm een rol kunnen spelen bij de beleving van de gebruiker, maar ook de manier waarop de informatie gecommuniceerd wordt - de 'tone of voice' die de HMI hanteert.

De toekomst voorziet een grotere inzet voor automatisering in het verkeer: want waarom moeten mensen nu zelf (vaak op niet-optimale wijze) terugkerende handelingen verrichten?

Een voorbeeld van automatisering in een ander domein is de 'Opdrachten'-app die Apple onlangs heeft uitgebracht. Hiermee kunnen iPhone-gebruikers dagelijks terugkerende taken automatiseren op basis van vooraf gedefinieerde triggers, zoals een berichtje sturen naar een bepaald persoon als je een bepaalde locatie bereikt. Daarmee kun je je afvragen of je in de toekomst nog borden nodig hebt en of je informatievoorziening - en in de toekomst misschien nog wel een stapje verder, zoals het besturen van de auto - ook op basis van events geautomatiseerd moet laten gebeuren.

Gedachte vanuit gebruikersperspectief

De huidige advisering richting de bestuurder is op basis van absolute snelheid. Dit is best lastig, omdat de absolute snelheid geen geijkte referentiegrootte is. Hiermee doelen wij dan vooral op de afwijking in het voertuig, waarbij de snelheidsmeter, op basis van verschillende factoren, tot 8% afwijking kan leiden. Door deze afwijking is het dus nooit mogelijk om exact het advies op te volgen.

Dit punt kan natuurlijk opgelost worden, door op basis van GPS-snelheid te gaan rijden, maar dit is in de meeste gevallen niet gewenst. Vanuit de oorspronkelijke toelating van het voertuig is de snelheidsmeter een verplicht instrument om een voertuig goedgekeurd te krijgen voor gebruik op Europese wegen. Hierin zit wel

een vorm van paradox, waarbij advisering in de vorm van absolute snelheid in de praktijk lastig te realiseren is. Hierover later meer.

Conclusies

Belangrijkste conclusie uit dit onderzoek is, dat de manier van informeren van de bestuurder, vaak veel te complex gemaakt wordt. Dit is ook min of meer terug te lezen in de feedback vanuit de gebruikerstest.

Meest in het oog springende is de feedback inzake opvolgbaarheid, nu wordt de bestuurder geadviseerd in de vorm van een absolute snelheid. Dit is niet eenvoudig om op te volgen, laat staan dat het advies ook daadwerkelijk een groene golf tot gevolg heeft.

Achter deze advisering zitten eigenlijk twee discussies:

- 1 Advies wordt in het voertuig bepaald
- 2 Advies in de vorm van absolute snelheid

Het eerste punt is meer een algemene architectuur discussie. Hierbij is in het verleden besloten om snelheidsadvisering in het voertuig te berekenen, op basis van de data uit de VRI. Dit is echter zeer dynamische data waarbij het individuele voertuig niet voldoende overzicht heeft ten aanzien van de hele kruising en verkeerssituatie. Deze discussie hebben wij binnen dit project niet verder opgepakt maar dient wel aanbeveling om goed gevoerd te worden.

Het tweede punt is wel een onderwerp binnen scope van dit project en dan specifiek de HMI-werkgroep. Vanuit de feedback van de gebruikers is duidelijk gebleken dat advisering in de vorm van een absolute snelheid niet de ultieme vorm van advisering is. De afleesbaarheid en interpretatie enerzijds, maar ook de opvolgbaarheid anderzijds zijn erg lastig gebleken.

Aanbevelingen

Nabouwen van de werkelijkheid buiten het voertuig

De huidige HMI, zoals ingezet in dit project, is vooral gebaseerd op het feit dat wij de situatie buiten het voertuig nabouwen op een scherm. Dit is eigenlijk een interne representatie van de werkelijkheid zoals die door de voorruit van het voertuig waarneembaar is. Dit laatste noemen wij het voorruitperspectief.

De meerwaarde van het op deze manier in-car brengen van de informatie die door de voorruit waarneembaar is, is zo goed als nul.

Voor de ultieme toekomstbestendige HMI zal er een aantal zaken toegepast moeten worden, te weten:

- 1 Minimaliseren van de informatie, kunst van het weglaten
- 2 Alleen informatie /advies tonen welke van toepassing is
- 3 Informatie/ advies moet direct toepasbaar zijn

Juridisch kader

Hiervoor benoemden wij al het voorruitperspectief. Het is op dit moment niet helemaal duidelijk wat je nu wel en niet mag met de informatie die op een andere manier is verkregen, vergeleken met dat wat je door de voor- en/of zijruit van het voertuig kunt waarnemen. Er zijn enkele uitspraken, waarbij mensen op basis van navigatie informatie te water zijn geraakt. De rechter oordeelt in dit soort gevallen, dat de bestuurder op basis van de waarneming door de voorruit, had kunnen zien dat het niet mogelijk was. Dit zijn juridisch lastige discussies, vooral als wij de werkelijkheid van buiten nabouwen in het voertuig. Dit punt gaat voor dit project te ver, maar dient wel aandacht te krijgen in de toekomstige ontwikkelingen van dit soort diensten in het voertuig.

Google CAR en Apple CarPlay

De opkomst van deze twee platformen, zorgt ervoor dat het steeds makkelijker wordt, om dit soort toepassingen, ook in een after-market in het zichtveld van de bestuurder te krijgen. Nadeel is wel dat dit vooral nieuwe voertuigen betreft en dat de app's speciaal geschikt moeten worden gemaakt om hierop te functioneren. Een ander nadeel is, dat de leveranciers van deze platformen, in dit geval Apple en Google, bepalen wat er wel en niet mogelijk is. Dit werkt beperkend richting de creativiteit van de app developers. Als voordeel kunnen we dan echter wel stellen, dat je gedwongen wordt om de kunst van het weglaten te praktiseren.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zijn de conclusies en aanbevelingen die voortkomen uit de verschillende onderzoeksvragen opgenomen. Voor elk van de onderzoeksvragen is een kort samenvattend antwoord gegeven inclusief de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

Daarna volgt de integrale conclusie op de hoofdvraag of de huidige techniek rondom GLOSA voldoende ontwikkeld is en wat de gebruiker hiervan vindt.

Beantwoording onderzoeksvragen

1 Hoe zien de functionele en technische architectuur eruit (Talking Traffic gekoppeld aan ITS-G5) en welke invloed heeft dit op de architectuur van de provincie?

De hybride architectuur zoals uitgewerkt door de betrokken partijen in het project functioneerde gedurende de pilot. Deze architectuur bouwt voort op de hybride architectuur in de pilotomgeving in de provincie Noord-Holland rondom Schiphol. Daarmee is het mogelijk tegelijkertijd data uit te wisselen over het cellulaire netwerk (4G) als via directe communicatie (ITS-G5). De toekomst zal uitwijzen hoe de verdeling van communicatieverkeer over de beide type kanalen zal plaatsvinden.

Een aantal belangrijke aspecten die het noemen waard zijn in relatie tot de architectuur zijn:

- 1 De GLOSA use case werkt zowel over cellulaire als via directe communicatie binnen de technische randvoorwaarden.
- 2 De architectuur wordt gevormd door een technische keten geleverd en beheerd door verschillende organisaties. Ketenbeheer en goede monitoring en logging zijn van groot belang, maar niet ingeregeld.
- 3 Het is van groot belang dat de verschillende klokken in de keten voldoende accuraat zijn voor de use case GLOSA waarbij deze tijd gebruikt wordt voor het nemen van beslissingen. Verder mag de vertraging in het netwerk tussen de bron en de ontvanger van berichten niet te groot worden.

2 Welke invloed heeft GLOSA op de samenwerking tussen de wegbeheerder, de iVRI leverancier en serviceprovider?

Om een GLOSA-service te kunnen leveren is een (technische) keten van systemen (architectuur) nodig waarin verschillende stakeholders een rol spelen. Het beheren van de keten, en daarmee borgen van continuïteit en kwaliteit is een belangrijk aandachtspunt. Zoals in alle ketens bepaalt ook hier de zwakste schakel de kwaliteit van de gehele keten. Bij een architectuur die bestaat uit een directe “verbinding” tussen de iVRI en het voertuig is deze keten aanzienlijk korter dan in de cellulaire variant.

In de gehele GLOSA keten dient gebruik gemaakt te worden van dezelfde standaarden die op dezelfde wijze toegepast moeten worden (profiling). Dit moet vooraf duidelijk afgesproken worden met alle Stakeholders in de keten. Dit betekent dat er sprake is van een sterke afhankelijkheid tussen de verschillende stakeholders. Werkt een schakel in de keten niet goed, dan heeft dat gevolgen voor de andere stakeholders en impact op de gehele keten. Een belangrijk evaluatiepunt is dat er op dit moment geen “ketenverantwoordelijke” is voor GLOSA. Het gaat hierbij niet alleen om de technische keten maar ook de functionele; is het uiteindelijke advies aan de bestuurder ook hetgeen “verwacht/gewenst” wordt?

Gedurende de pilot is de meerwaarde van een hybride aanpak (d.w.z. 2 verschillende technische ketens) duidelijk naar voren gekomen. Toepassen van complementaire technologie is een maatregel die vaak gebruikt wordt om continuïteit te vergroten bij storingen en zorgt er in het geval van de GLOSA-service

tevens voor dat het bereik (aantal gebruikers) groter is. De uitdaging in de hybride aanpak is de complementariteit op functioneel niveau (proces rondom berichtenformat, ID's, uniform C-ITS profile etc.) te borgen.

3 In hoeverre zijn de kruispunten met iVRI's, waarin voertuigafhankelijke regelingen met "slim verstarren" actief zijn, geschikt voor GLOSA en op welke wijze kunnen ze hiervoor beter geschikt gemaakt worden?

Uit de analyse komt naar voren dat er een groot deel van de tijd er geen informatie beschikbaar is van de minimale, maximale en voorspellingen van de resterende tijd van de fasecyclus. Van de voorspellingen die wel beschikbaar zijn, is de betrouwbaarheid van zeer wisselende kwaliteit. Het verbeteren van de kwaliteit van voorspellingen zal de betrouwbaarheid van GLOSA-adviezen ten goede komen.

Kijkend naar de twee type regelingen die actief zijn geweest gedurende de pilot periode, te weten de 'slim verstarde' regeling en de VA-regeling, kan na analyse van de betrouwbaarheid van de voorspellingen gesteld worden dat deze verbetert als er sprake is van 'slimme verstarren'. Dit heeft een positief effect op de kwaliteit van de GLOSA-adviezen. Verder verstarren of het toepassen van "slimmere" regelingen die meer regelen op basis van voorspellingen kan de betrouwbaarheid nog verder vergroten.

4 Wat zijn de effecten van GLOSA op de doorstroming en veiligheid en wat is de toepasbaarheid hiervan op provinciale wegen en kruispunten?

Om de effecten van GLOSA-informatie op de veiligheid en doorstroming te onderzoeken, is gebruik gemaakt van de beschikbare data van Flitsmeister. Aan de hand van de GPS-posities van Flitsmeister gebruikers, verrijkt met tijdstempel, snelheid, richting en GLOSA-aanduiding, is het rijgedrag geanalyseerd van de niet-GLOSA gebruikers (controlegroep) en de GLOSA-gebruikers (testgroep).

In sommige gevallen is vastgesteld dat de bestuurders die een GLOSA-advies kregen een significant hogere snelheid hanteerden op een kruispunt in vergelijking met bestuurders die dit advies niet kregen. Hieruit concluderen dat het geven van een GLOSA-advies leidt tot meer onveilige verkeerssituaties, kan niet zomaar getrokken worden. Het effect werd namelijk niet op alle kruispunten vastgesteld.

Er is geen significant verschil vastgesteld qua doorstroming tussen de controlegroep en de testgroep. Dit resultaat is niet verrassend. De GLOSA-gebruikers worden in hun rijgedrag gehinderd door de andere bestuurders op de weg. Gegeven de beperkte penetratiegraad van het aantal GLOSA-gebruikers in het studiegebied wordt ingeschat dat de doorstroming voornamelijk gedreven wordt door de inregeling van de iVRI's op de kruispunten en de drukte op de baan.

De resultaten van deze analyses moedigen verder onderzoek aan. Op basis van de analyses kunnen de onderzoeksvragen verder aangescherpt worden en in vervolgstudies beantwoord worden. Verder lijkt het nuttig om meer data van GLOSA-gebruikers te verzamelen. Op die manier kan de invloed van externe factoren beter gescheiden worden van het effect van het GLOSA-advies.

5 Op welke wijze zijn in de iVRI binnenkomende CAM-berichten (ITS-G5 en 4G) bruikbaar in een voertuigafhankelijke verkeersregeling en is de kwaliteit van de CAM-berichten (locatie per rijstrook, latency, betrouwbaarheid, frequentie) voldoende voor deze toepassing? Wat is het verschil in exploitatie (beheer)kosten tussen klassieke detectie inputs bij iVRI's (lussen en drukknoppen) en in de iVRI binnenkomende CAM-berichten (ITS-G5 en 4G)?

Uit de analyse komt naar voren dat de nauwkeurigheid van binnenkomende CAM-berichten met als bron een OBU groter is dan voor een smartphone. Na analyse van de videobeelden blijkt dat de 'smartphone' voertuigen regelmatig aanvragen doen op de verkeerde richting omdat de positiebepaling niet nauwkeurig genoeg is. Daarnaast is ook gebleken dat als er gekeken wordt naar de vertraging van het CAM-bericht dat er verschillen zijn. De ITS-G5 keten bestaat uit een OBU (voertuig zijde) en een RSU (wegkant zijde). De cellulaire keten bestaat uit een smartphone met een app, een Service Provider, TLEX, de iVRI en RSU. Voor de werking van de C-ITS-keten is het van essentieel belang dat de interne klokken gelijklopen. Alle componenten in de keten zijn tijd gesynchroniseerd, maar niet per se met dezelfde bron. De enige component die

momenteel buiten de invloedssfeer van de C-ITS-keten valt is de smartphone. De tijdsinstelling wordt door de weggebruiker zelf bepaald, terwijl deze tegelijkertijd ook te maken heeft met een langere keten. Hierdoor ontstaat via cellulair meer vertraging en ook een grotere spreiding van de vertraging.

Het eenvoudigweg vergelijken van de kosten van gebruik van lussen vs. CAM-berichten blijkt niet mogelijk. De kostentoe wijzingen, marktwaarden en marktmodellen voor CAM-berichten zijn nog onduidelijk. De waarde van de CAM-berichten zal moeten blijken uit de waarde van de toepassingen die ze mogelijk maken. De toepassing stelt op zijn beurt eisen aan kwaliteit, inhoud en penetratiegraad.

6 Welke functionele, technische en operationele voor- en nadelen (b.v. m.b.t. data validatie en fallback) heeft de hybride uitvoering van GLOSA (ITS-G5 en 4G)?

Om een compleet antwoord op deze onderzoeksvraag te kunnen geven zijn tijdens de looptijd van het project een aantal technische testen en gebruikerstesten uitgevoerd. Tijdens deze testen zijn de nieuwe ontwikkelingen voor GLOSA die tijdens dit project zijn geïmplementeerd succesvol gebleken. Deze ontwikkelingen dragen bij aan het verbeteren van het in-car GLOSA-advies.

Het is gebleken dat het op afstand beheren/ monitoren van de lokale ITS-G5 infrastructuur niet altijd foutloos functioneerde. Hierdoor werd niet correct functioneren veelal pas tijdens de testdagen op locatie zichtbaar, te laat voor grondig herstel. Het hybride communicatiesysteem heeft zich hiermee wel bewezen. Middels de hybride communicatiemethode was er gelukkig altijd de mogelijkheid tot fallback op een andere communicatietechnologie. Belangrijkste conclusie is hierbij wel, dat er nog verbetering nodig is in het beheer van de dienst in de gehele keten. Daarnaast zijn er een aantal verbeterpunten in kaart gebracht, dit zijn zowel technische leerpunten, architectuur leerpunten maar ook HMI-leerpunten. Dit geeft voor alle betrokken partners in het project inzicht in de stappen die nog genomen moeten worden om GLOSA tot een succes te maken.

7 Op welke wijze draagt hybride GLOSA bij aan het op juiste en actuele wijze informeren van de weggebruiker en welke invloed heeft dat op de weggebruiker? Hoe ziet het 'juiste' of 'meest wenselijke' GLOSA-advies aan de weggebruiker eruit?

Om antwoord te krijgen op onderzoeksvraag 7 is onderzoek uitgevoerd naar gedrag van weggebruikers in combinatie met het gebruik van GLOSA. Er heeft een pilotperiode plaatsgevonden waarbij GLOSA in real life met weggebruikers is getest. Deze weggebruikers waren voorafgaand aan de pilot niet bekend met GLOSA. Tijdens de pilotperiode hebben weggebruikers zelfstandig meerdere keren een parcours afgelegd waarbij ze zowel met als zonder GLOSA hebben gereden. Het GLOSA-advies ontvingen de weggebruikers via een device in de auto. Om een gevoel te krijgen wat het effect van GLOSA is op het gedrag van de weggebruikers is zowel onderzoek gedaan naar objectief gedrag (wat doet GLOSA daadwerkelijk met het rijgedrag?) en het subjectieve gedrag (hoe hebben weggebruikers GLOSA ervaren?). Bij het onderzoek naar het subjectieve gedrag lag de nadruk op de human factors 'waarnemen, begrijpen, kunnen en willen'. Het advies moet goed zichtbaar zijn, weggebruikers moeten de adviezen begrijpen, ze moeten de adviezen kunnen uitvoeren en uiteindelijk moeten ze de adviezen willen opvolgen. Als één van deze schakels ontbreekt is de kans op gewenst gedrag (het opvolgen van het advies) klein.

Objectief gedrag

Uit dataonderzoek blijkt dat van alle VRI-passages in 56% van de gevallen GLOSA-advies is gegeven. Dat betekent dat het dus bij iets minder dan de helft van alle VRI-passages niet mogelijk was om een advies te geven. Uit dit onderzoek blijkt tevens dat de ritten waarbij gebruikers met GLOSA hebben gereden iets beter scoren dan de ritten die zonder GLOSA zijn gereden. Dat wil zeggen dat er bij de ritten met GLOSA minder vaak gestopt is voor een verkeerslicht dan wanneer er zonder GLOSA werd gereden. Dit effect werd vooral zichtbaar bij ritten waarbij weggebruikers voor de tweede keer met GLOSA hebben gereden. Gewenning kan dus van invloed zijn op de mate waarin GLOSA een positieve bijdrage levert aan het verkeersgedrag van weggebruikers. GLOSA-advies lijkt in de huidige vorm het best tot zijn recht te komen voor 'rechtdoor manoeuvres'. Bij afslaan bewegingen moesten weggebruikers in de test ondanks de adviezen in veel gevallen wachten voor het verkeerslicht. Uit de metingen van het objectieve verkeersgedrag blijkt dus dat GLOSA-advies in de huidige vorm in beperkte mate invloed heeft op het rijgedrag van weggebruikers. Om hier echt wetenschappelijke conclusies aan te hangen is verder onderzoek noodzakelijk.

Subjectief gedrag

Uit het onderzoek naar het subjectieve gedrag blijkt dat weggebruikers GLOSA-advies gemakkelijk vinden in het gebruik en dat ze begrijpen wat van hen wordt verwacht. GLOSA-advies ziet er volgens de weggebruikers het meest optimaal uit als het ook mogelijk is om het advies auditief te ontvangen. Daarbij zouden weggebruikers het liefst de keuze hebben tussen visueel of auditief. Een aantal weggebruikers vindt het namelijk storend en afleidend als je ter hoogte van een verkeerslicht met je smartphone bezig bent. Een specifieke app voor GLOSA-advies vinden weggebruikers minder waardevol dan wanneer GLOSA wordt toegevoegd aan een navigatie app. Een speciale GLOSA-app zullen weggebruikers niet snel gaan gebruiken. Daarnaast wordt aangegeven dat weggebruikers de adviezen op te korte afstand van het verkeerslicht ontvangen waardoor ze het advies als afleidend ervaren.

Belangrijkste argument voor weggebruikers om GLOSA-advies op dit moment nog niet te gaan gebruiken is het feit dat de adviezen in veel gevallen niet kloppen met de werkelijkheid of niet opgevolgd kunnen worden. Men ziet de potentie van het advies en vinden de wijze waarop het wordt aangeboden prettig, maar er moeten nog een aantal slagen gemaakt worden om de adviezen accurater te maken. Uit het onderzoek naar subjectief gedrag blijkt dat voornamelijk de human factor 'kunnen' op dit moment een struikelblok is waardoor weggebruikers GLOSA waarschijnlijk niet gaan gebruiken als het op de markt komt. Het advies is goed waarneembaar, weggebruikers begrijpen wat van hen wordt verwacht, maar het is in veel situaties niet mogelijk om het advies op te volgen wat tot irritaties leidt en ervoor zorgt dat het GLOSA-advies op dit moment niet van toegevoegde waarde is voor de weggebruikers. Hoewel dus uit het onderzoek naar het objectieve gedrag blijkt dat GLOSA wel degelijk (beperkte) invloed heeft op het rijgedrag, laat het onderzoek naar het subjectieve gedrag zien dat volgens weggebruikers de toegevoegde waarde van GLOSA in de huidige status ontbreekt.

Voor de ultieme toekomstbestendige HMI zal er een aantal zaken toegepast moeten worden, te weten:

- 1 Minimaliseren van de informatie, kunst van het weglaten
- 2 Alleen informatie/advies tonen welke van toepassing is
- 3 Informatie/advies moet direct toepasbaar zijn

Beantwoording hoofdvragen

Met de uitvoering van het onderzoeks- en ontwikkelproject 4G5 is onderzocht of de huidige techniek voldoende ontwikkeld is om een goed snelheidsadvies te geven en onderzocht wat de weggebruiker van de huidige service vindt.

Geconcludeerd kan worden dat voor een goede, betrouwbare werking van de GLOSA-functionaliteit, nog verdere ontwikkeling nodig is. Het gaat hierbij met name om het genereren van betere voorspellingen van de timing in de iVRI. Daarnaast is aangetoond dat de toevoeging van actuele wachtrij-informatie, betere voorspelling van lichtstanden in de iVRI en het presenteren van de data aan weggebruikers in verschillende vormen significant bijdragen aan de GLOSA-functionaliteit. Verdere verbetering kan wellicht gevonden worden in het geven van een snelheidsadvies vanuit de iVRI om de berekening in het voertuig te verbeteren.

Op dit moment is de kwaliteit van het advies en dus de service die geboden wordt nog niet van voldoende toegevoegde waarde voor de weggebruikers. Verdere ontwikkelingen op dit gebied zou de potentie, die de weggebruikers en de wegbeheerder wel zien, verder kunnen verhogen.

EVALUATIE

5.1 EVALUATIE OP ONDERZOEK EN PROCES

De stuurgroep is gedurende het gehele project betrokken geweest bij zowel het onderzoek als het proces om tot resultaten te komen. Hieronder een aantal punten die ofwel betrekking hebben op het onderzoek of het proces.

Implementatie camera's

Het implementeren van camera's op een tweetal kruispunten om wachtrijmetingen te kunnen doen (ten behoeve van het verbeteren van de betrouwbaarheid van het GLOSA-advies) was initieel bedoeld voor één specifieke onderzoeksvraag, maar werd toch door meer partijen interessant gevonden (buiten 4G5 project). Besloten is dit af te wachten alvorens verder te gaan. Achteraf hadden we dat niet moeten koppelen. Levering camera's, implementatie aan de wegwijk, vergunningverlening hebben ons heel veel tijd gekost.

Grote diversiteit aan onderzoeksvragen

Het project is uitgevoerd door een consortium met daarin veel partijen. Dit heeft geresulteerd in een groot aantal en zeer diverse onderzoeksvragen (beheer, aansturing, techniek, gebruiker). Het direct aansturen van deze grote diversiteit aan onderzoeksvragen en het daarbij behorende aantal betrokken medewerkers van de verschillende partijen bleek lastig. Er bleken meer onderlinge afhankelijkheden dan gedacht. Mogelijk was het beter gegaan als het meer losstaande deelprojecten waren geweest met een eigen projectleider/eigenaar, tijdsplanning en escalatiepaden. De indeling van de werkgroepen matchte hier niet goed mee.

Kwantitatieve analyse vs kwalitatieve analyse

Het verkrijgen van voldoende data uit gebruikerstesten om wetenschappelijk onderbouwde uitspraken te kunnen doen is heel moeilijk als je met producten en omgevingen werkt die nog niet ontwikkeld zijn. De zit hem voornamelijk in de benodigde kwantiteit van data (aantallen gebruikers en aantallen ritten) en reproduceerbaarheid van testen. Vanuit de kwalitatieve analyse is echter wel heel veel interessante informatie naar voren gekomen voor de verdere ontwikkeling van de diensten vanuit de gebruikers gezien. Dit hebben we gaandeweg het project aangepast, maar goed om een volgende keer goed van te voren mee te nemen.

Ontbreken ketenverantwoordelijkheid

Een belangrijk issue in dit project is dat er geen direct "ketenverantwoordelijke" is voor GLOSA. Dat wil zeggen dat alle partijen een stukje van de puzzel in handen heeft, maar om het geheel goed werkend te krijgen moeten ze "goed" gelegd worden. Daar komt bij dat pas gaandeweg duidelijk is geworden hoe dat precies moet. Ook bleken er puzzelstukjes te ontbreken zoals de wachtrijlengte waarvoor extra maatregelen getroffen moesten worden.

Afhankelijkheid keten

Bij de verschillende partijen is vertraging opgelopen doordat er afhankelijkheden waren in de keten. Deze afhankelijkheden waren niet op te lossen en de partijen die hier last van hebben gehad hebben daar mee moeten dealen.

5.2 LEERPUNTEN

Gedurende de uitvoering van het onderzoek- en ontwikkeltraject 4G5 zijn er verschillende 'lessons learned' naar voren gekomen. Dit zijn voornamelijk zaken die op voorhand nog niet geheel duidelijk waren en gedurende het onderzoek naar voren zijn gekomen en uitgezocht om uiteindelijk het doel te kunnen behalen en onderzoeksvragen te beantwoorden. Deze 'lessons learned' zijn voor het project 4G5 minstens zo belangrijk als het uiteindelijk doel dat we gezamenlijk hebben geformuleerd.

Mate van intelligent verstarren van de iVRI

Binnen het pilot gebied zijn er 7 iVRI's operationeel (zie Afbeelding 1)

De oorspronkelijke situatie is als volgt:

- N205: Volledige voertuigafhankelijk regeling (freerunning)
- N201: Groene golf regeling (groene golf)

Om het GLOSA-advies betrouwbaarder te maken blijkt het noodzakelijk om de regelingen minder flexibel te maken, zodat TTG en TTR met hoge mate van betrouwbaarheid bepaald kunnen worden.

Om deze reden is er op de N205 een variant toegevoegd namelijk een voertuigafhankelijke starre regeling (VAS). Kenmerken van deze regeling zijn:

- Type halfstar
- 100% betrouwbare voorspelling TTG (MinEndTime= MaxEndTime= likelyTime)
- Verstarring op de hoofdrichting (TTG en TTA is geoptimaliseerd)

De Timingsdata van de Hoofdrichtingen (2 en 8) wordt ingevuld op basis van het in de halfstarre structuur opgegeven Start en Einde groen moment. (MinEnden MaxEnd). Maar alleen indien ook het uitstel en verleng moment zijn ingevuld (TXA = TXB en TXC = TXD)

Voor de uitvoering van de pilot is deze regeling ingezet (dit is ook gelogd).

- Integratietest (3 december 2019)
 - N205: VAS
 - N201: Groene Golf
- Test met studenten (28 januari 2020)
 - N205: VAS
 - N201: Groene Golf
- Pilotperiode (15 januari – 28 februari 2020)
 - N205: VAS in de spitsperiode
 - N205: Free flow buiten de spits
 - N201: Groene Golf

SPAT informatie beschikbaar

In testen is gebleken dat TTG/TTR informatie niet altijd beschikbaar aanwezig is in alle SPAT berichten, die uitgestuurd worden. Ondanks dit kunnen de apps de statussen van de lichten wel goed aangeven en voorspellen.

Belang testritten

Het belang van testritten moet niet onderschat worden. Het leidt tot waardevolle inzichten bij wegbeheerders, applicatieontwikkelaars en gebruikers. Er zijn altijd locatie specifieke zaken die pas bij testen zichtbaar worden.

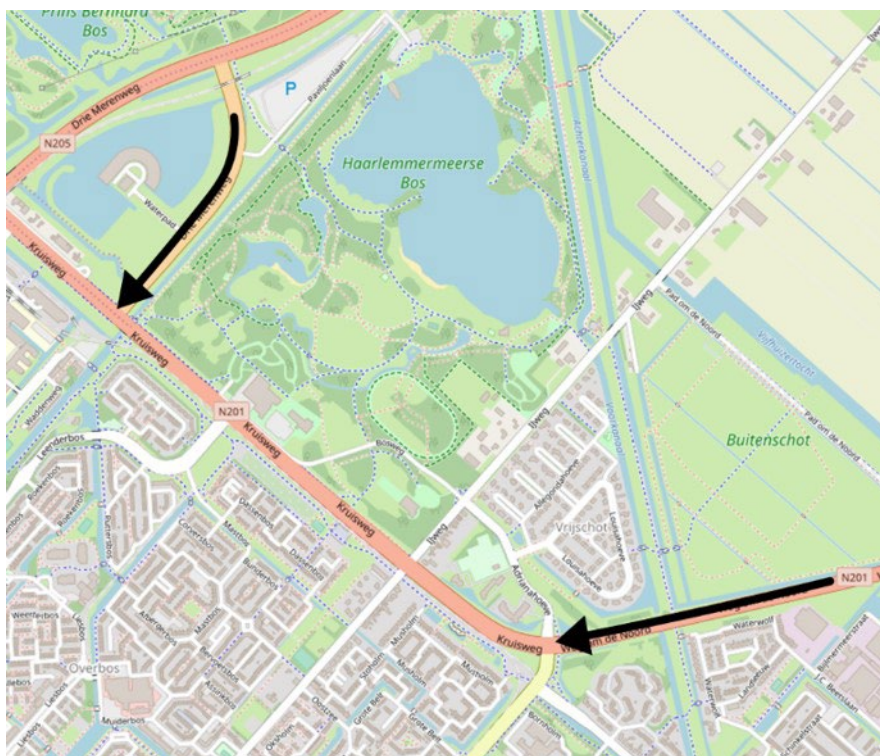
Wijze waarop wachtrijlengte meegenomen wordt in GLOSA-advies

De partijen die vanuit de OBU een snelheidsadvies moeten maken hebben aangegeven dat niet goed te kunnen zonder aanvullende informatie over wachtrijen. Deze informatie zou dan vanuit de verkeersregel-installatie doorgestuurd worden in het SPaT bericht.

Er is gekozen de wachtrijlengte te meten met Camera's, die ook gebruikt kunnen worden om videobeelden vast te leggen die gebruikt kunnen worden voor de analyses voor 4G5.

De Camera's maken gebruik van zowel video- als radardetectie.

De Camera's zijn gemonteerd op twee kruispunten op de N201 en meten beiden op één arm de wachtrijlengte. Dit is hieronder weergegeven met de zwarte pijlen.



Met behulp van video en/of radar worden zones gedefinieerd die als virtuele detectielussen fungeren. Wanneer voertuigen aanwezig zijn in de zone is de virtuele lus bezet. Op basis van deze bezetting wordt in de ITS-APP de wachtrijlengte berekend die vervolgens per signaalgroep wordt doorgegeven aan de RIS. In de RIS wordt deze informatie aan het SPaT bericht toegevoegd. Hieronder een voorbeeld:

```
<SPATEM>
<header>
...
<spat>
<intersections>
  <IntersectionState>
    ...
    <states>
      <MovementState>
        ...
        <maneuverAssistList>
          <ConnectionManeuverAssist>
            <connectionID>4</connectionID>
            <queueLength>32</queueLength>
          </ConnectionManeuverAssist>
          <ConnectionManeuverAssist>
            <connectionID>5</connectionID>
            <queueLength>32</queueLength>
          </ConnectionManeuverAssist>
        </maneuverAssistList>
      </MovementState>
    </states>
  </IntersectionState>
</intersections>
</spat>
</SPATEM>
```

Lessons learned tijdens ontwikkeling GLOSA door V-tron

- Wijze waarop snelheidsadvies wordt gecalculeerd
- Aanpassingen doorgevoerd zodat ook bij onvolledige SpaT berichten advies gegeven kan worden
- Berekening aangepast zodat advies nooit boven max. snelheid uitkomt

Lessons learned tijdens ontwikkeling GLOSA door Be-mobile

• Snelheidsadvies

Om een betrouwbaar snelheidsadvies te kunnen genereren moet de timing informatie in de SPATs voldoende betrouwbaar en frequent zijn. Indien we geen estimated end time beschikbaar hebben, baseren we ons op de huidige status van het licht en doen we geen inschattingen. Bij groen adviseren we dan de toegelaten max snelheid en bij rood adviseren we de gebruiker te vertragen vermits dit de normale reacties zijn van weggebruikers. Als de eindtijd alternerend in de SPAT berichten aanwezig is, gaat het effect van snelheidsadvies ook verloren.

• Topologie

Bikelanes kunnen op verschillende manieren gedefinieerd worden in een MAP bericht. Ons systeem houdt hier nu ook rekening mee.

• Algemeen projectmatig

Er is een harde dependency op TLEX en ITS-applicaties. Wanneer hier iets verkeerd gaat of vertraging is, kunnen we vaak niet verder met testing, verder ontwikkelingen, etc.

Gesegmenteerde MAP via ITS-G5

De maximale grootte van berichten die via ITS-G5 verstuurd worden is 1500 bytes. Dit is de totale bericht-grootte inclusief overhead (Basic Transport Protocol, Geonetworking, Security, ...). Bij het inschakelen van PKI bleek dat een aantal MAP-berichten te groot werden om via ITS-G5 verstuurd te kunnen worden. Naast het inschakelen van PKI zijn ook de ingress lanes verlengt tot 1 kilometer. Hierdoor werd het MAP bericht voor een aantal andere locaties ook te groot. De standaard (ISO 19091) voorziet in het opsplitsen van MAP-berichten in verschillende lagen. Het opsplitsen van het MAP bericht is vervolgens geïmplementeerd voor alleen het ITS-G5 kanaal. Voor de TLEX-verbinding geldt geen maximale berichtgrootte en de MAP wordt hier dan ook in één bericht doorgestuurd. Voor ITS-G5 wordt het bericht, indien het te groot is, automatisch opgesplitst in verschillende lagen. Deze worden vervolgens in afzonderlijke MAP-berichten uitgestuurd. Om een volledig beeld te krijgen in het voertuig zullen de verschillende MAP lagen samengevoegd moeten worden om zodanig weer een compleet beeld van het kruispunt te krijgen.

Benodigde juridische afbakening

- Verwerkersovereenkomst voor analyse camerabeelden
- Rechtsgeldigheid: de situatie buiten op de weg, dus alles wat de chauffeur door de voorruit kan waarnemen wordt als rechtsgeldig gezien. Alles wat wij binnen de in de auto gaan doen, is hier dus geen onderdeel van. Bij het aanzetten van handelen door informatie in het voertuig te verstrekken, blijft de chauffeur verantwoordelijk om te kijken of dit ook klopt met de situatie buiten op de weg.

Tijdsynchronisatie

Voor de juiste werking van de techniek is het een randvoorwaarde dat de verschillende klokken gesynchroniseerd zijn. In eerdere pilots bleek dit soms niet goed te lukken. Het is bekend dat er in de keten voor GLOSA (via 4G en ITS-G5) op verschillende wijze gesynchroniseerd wordt (bv. mobiele telefoon via GPS, VRI via NTP), maar dit leidt niet tot problemen.

Standaarden

In de iVRI wordt op verschillende vlakken gebruik gemaakt van nationale en/of internationale standaarden. In de iVRI zijn er standaarden voor de koppelvlakken tussen TLC, ITS-APP en RIS. Daarnaast is de verbinding tussen de iVRI en TLEX gebaseerd op een Nederlandse standaard. Tenslotte worden alle C-ITS berichten gemaakt volgens de internationale standaarden met, daar bovenop, de Dutch Profiles. Vlak voor het starten van de pilotperiode 4G5 is een tekortkoming in de standaard van het koppelvlak tussen de RIS en de ITS-APP ontdekt. Deze tekortkoming heeft te maken met het goed verwerken van “verdwijnde” voertuigen als gevolg van incorrecte GPS-informatie, of het niet meer ontvangen van een GPS-update na de stopstreep.

VERANTWOORDELIJKHEDEN STAKEHOLDERS

	Wegbeheerder (Provincie NH)	(i)VRI leverancier(s)	Service provider	Weggebruiker
1. Traditioneel: "klassieke" VRI - zonder GLOSA	W1 Veiligheid verkeersafwikkeling, doorstroming en	L1 Levering en instandhouding VRI, conform gestelde	NVT	G1 Veilig rijgedrag
	W1.1 De wegbeheerder is eigenaar en beheerder van de VRI. W1.2 Voor beheerdoeleinden zijn de VRI's aangesloten op een VRI centrale van de wegbeheerder. W1.3 Voor beheerdoeleinden wordt verkeersdata vanuit de VRI's ontsloten (VLOG) W1.4 De wegbeheerder realiseert en beheert het ICT netwerk om de communicatie tussen VRI's en VRI centrale mogelijk te maken.	L1.1 In opdracht van de wegbeheerder levert de leverancier VRI's L1.2 In opdracht van de wegbeheerder voert de leverancier het technische beheer van de VRI uit (hoeft niet dezelfde leverancier te zijn als van de iVRI). L1.3 In opdracht van de wegbeheerder wordt een applicatie geleverd (hoeft niet dezelfde leverancier te zijn als van de iVRI)		G1.1 Krijgt via verkeerslantaarns rood, geel, groen informatie en past zijn rijgedrag daar op aan. G1.2 Kan desgewenst gebruik maken van navigatiediensten van serviceproviders
2. iVRI met GLOSA op basis van TLEX	W2 Aanvullend: leveren van juiste en betrouwbare informatie uit iVRI (SPAT/MAP data) t.b.v. GLOSA	L2 Aanvullend: camera's/wachrijmeting en regelapplicatie.	S2 Verstrekken van juiste en begrijpelijke (snelheids)advies aan de weggebruikers	Aanvullend G2 Rijgedrag aanpassen op basis van GLOSA
	W2.1 De wegbeheerder zorgt er voor dat de iVRI informatie over de werking van de iVRI (SPAT/MAP) ter beschikking stelt aan TLEX. W2.2 De wegbeheerder zorgt er voor dat de aan TLEX beschikbaar gestelde informatie van "voldoende" kwaliteit is (o.m. kwaliteitsmonitoring). W2.3 De wegbeheerder is verantwoordelijk voor het eventueel geschikt (laten) maken van de regelapplicatie (Slim verstarren). W2.4 Realiseert apparatuur (camera's) om wachrijlengte te meten, indien noodzakelijk voor een goed werkende GLOSA. W2.5 Vanuit TLEX krijgt de wegbeheerder de beschikking over informatie van voertuigen (CAM/SRM). Hierdoor krijgt de wegbeheerder de mogelijkheid om de verkeersregelingen aan de hand van deze informatie te optimaliseren. W2.6 De wegbeheerder realiseert en beheert het ICT netwerk om de benodigde data uit te wisselen met TLEX waarbij wordt voldaan aan alle beschikbaarheid, latency, privacy en security eisen. W2.7 De wegbeheerder stelt kruispunttopologiebestanden (MAP) beschikbaar aan TLEX en zorgt dat deze actueel blijven.	L2.1 De leverancier heeft de verantwoordelijkheid voor het in opdracht van de wegbeheerder leveren en in stand houden van goed werkende iVRI's met als onderdeel daarvan evt. camera's voor de wachrijmeting en een slimme regel-applicatie geschikt om informatie te leveren t.b.v. van GLOSA. L2.2 De leveranciers houden zich aan alle standaarden en achterliggende afspraken (w.o. Talking Traffic)	S2.1 De SP's zijn verantwoordelijk voor het als dienst verstrekken van juiste en begrijpelijke GLOSA informatie aan de weggebruikers. S2.2 De SP's moeten informatie ontvangen over de werking van de iVRI (SPAT/MAP) S2.3 Op basis van de iVRI informatie bepalen de SP's de GLOSA informatie voor de weggebruiker. S2.4 SP's presenteren (op eigen wijze) de informatie aan de weggebruikers en dragen zorg voor de kwaliteit van de informatie. S2.5 SP's houden zich aan alle standaarden en achterliggende afspraken (w.o. Talking Traffic) S2.6 De SP's verstrekken informatie over locatie en rijgedrag voertuigen (CAM, SRM) S2.7 De SP's voeren beheer uit op hun diensten en de daarvoor noodzakelijke app S2.8 De SP's borgen de privacy van hun gebruikers S2.9 De SP's moeten hun gebruikers van voldoende instructies voorzien om een goed en veilig gebruik te borgen	G2.1 Weggebruiker krijgt op basis van iVRI data persoonlijke GLOSA informatie (mogelijk geïntegreerd met andere soortige informatie zoals navigatie) en past op basis hiervan rijgedrag eventueel aan.
Datastromen lopen via TLEX (centraal landelijk iVRI data verzamelpunt) en C2 partijen (verrijking data)				
Alle Stakeholders: Synchronisatie van klokken en tijdstempels				
Alle Stakeholders: Gebruik standaarden en uniforme afspraken omtrent gebruik				
3. iVRI met hybride GLOSA	W3 Aanvullend: iVRI informatie m.b.t. werking (SPAT/MAP) rechtstreeks naar voertuigen	L3 Aanvullend: Instandhouding verbindingen	S3 Aanvullend: Verstrekken van GLOSA informatie op basis van hybride datastroom	
	W3.1 De wegbeheerder zorgt er voor dat de iVRI informatie over de werking van de iVRI (SPAT/MAP) ter rechtstreeks (direct tussen voertuig en iVRI) beschikking wordt gesteld aan voertuigen. W3.2 De wegbeheerder realiseert veilige verbindingen (Wifi-	L3.1 De leverancier heeft de verantwoordelijkheid voor het in opdracht van de wegbeheerder leveren en in stand houden van werkende goed werkende (Wifi-P) verbindingen	S3.1 De service providers ontvangende SPAT/MAP zowel via TLEX als Wifi-p en baseren de informatie in de dienst zo mogelijk op beide datastromen.	

Colofon

Uitgave

Provincie Noord-Holland
Postbus 123 | 2000 MD Haarlem
Tel.: 023 514 31 43 | Fax: 023 514 40 40
www.noord-holland.nl
post@noord-holland.nl

Eindredactie

Provincie Noord-Holland
Directie BU| Sector SMO

Fotografie

Provincie Noord-Holland
V-tron
Be-mobile
Swarco
MAPtm

Grafische verzorging

Xerox Mediaservices

Haarlem, december 2020