

B50

Een nieuwe manier van verkeerswaarneming? Bluetooth

Anton Wijbenga
(*MAP Traffic Management*)

Jacob Bac
(*Havenbedrijf Rotterdam NV*)

Steven Boerma
(*MAP Traffic Management*)

Samenvatting

Sinds kort wordt in Nederland met behulp van Bluetooth antennes “verkeer” waargenomen. Hierdoor kan op relatief eenvoudige en goedkope wijze verkeersgegevens worden ingewonnen zoals reistijden, verkeersdrukte en herkomst-bestemmings relaties. Waarneming gebeurt door het opvangen van Bluetooth signalen van (mobiele) apparaten. Elk apparaat zendt een eigen uniek adres uit waardoor het mogelijk is om op verschillende locaties op het wegennet te zoeken naar matches voor het afleiden van relaties en reistijden.

Het Havenbedrijf Rotterdam gedurende de zomer een pilot project gedaan met MAPtm en de Verkeers Informatie Dienst om te bepalen in hoeverre met voldoende kwaliteit verkeersgegevens op het onderliggend wegennet kunnen worden ingewonnen met Bluetooth. Dit artikel geeft een beknopt overzicht van de bevindingen. Op basis van analyse van de resultaten in het Rotterdamse havengebied blijkt de meetmethode geschikt te zijn voor het afleiden van verkeersgegevens. Vormt deze nieuwe methode een goede toevoeging aan het bestaande arsenaal van meetmethoden?

Trefwoorden

Bluetooth, Meetmethode, Verkeersgegevens, HB-Matrix, Reistijden.

1. Inleiding

Actuele en nauwkeurige verkeersinformatie is in het hedendaagse verkeersmanagement onmisbaar geworden. Met diverse systemen worden direct of indirect voertuigen gedetecteerd om vervolgens bijvoorbeeld reistijden, intensiteiten of herkomst-bestemmingsmatrices (HB-matrices) te berekenen. Deze worden gebruikt om het verkeer te informeren met bijvoorbeeld dynamische route informatie panelen (DRIP's) en te sturen door middel van regelscenario's. Daarnaast wordt met deze gegevens bepaald of de doorstroming voldoet aan de normen, waar wijzigingen in de infrastructuur moeten worden aangebracht of welke VRI's een update nodig hebben. Vaak worden daarbij verkeersmodellen gebruikt die ook weer gevoed worden met deze data.

Het inwinnen van de gegevens kan met diverse systemen. Veel van deze systemen zullen bekend zijn zoals kentekenherkeningscamera's, detectie met lussen en Floating Car Data (FCD), maar ook nieuwe methodes en technieken waaronder Bluetooth. Deze, door Ericsson in 1994, ontwikkelde techniek van draadloze communicatie is vernoemd naar Koning Harald I (blauw tand) van Denemarken met als symbool de gecombineerde initialen in runes † en ᚷ . Hij bracht de stammen van Denemarken en Noorwegen onder één bestuur! In dit paper zal besproken worden hoe deze nieuwe methode werkt, welke eigenaardigheden deze heeft en welke types verkeersinformatie met deze nieuwe methode geleverd kunnen worden. Daarbij wordt ook de vergelijking gemaakt met bestaande systemen.

Het Havenbedrijf Rotterdam(HbR) wil in de periode 2011 – 2016 nauwkeurig de reistijden op haar wegen in het havengebied monitoren, maar ook op belangrijke routes van het goederenvervoer door Nederland. Daarnaast wil het Havenbedrijf meer zicht krijgen op de herkomst/bestemmingsrelaties van vrachtverkeer en woon-werkverkeer van en naar de haven. Aangezien dit meetgebied behoorlijk groot is en veel rijstroken bemeten moeten worden, is het gebruik van kentekencamera's als inwintechniek erg kostbaar. Daarbij komt dat de gegevens vooral gebruikt worden voor het monitoren van reistijden om te bepalen of de doorstroming aan de gestelde normen voldoet waardoor een 'gouden' kwaliteit niet van cruciaal belang is. Het gaat erom dat een betrouwbare indicatie wordt verkregen van de ontwikkeling van reistijden. Daarnaast wordt de informatie op termijn mogelijk ook gebruikt voor operationeel verkeersmanagement, dit is echter geen primair doel. Het HbR heeft daarom gekozen voor een pilot met het Bluetooth meetsysteem om te bepalen of er voldoende gebruik wordt gemaakt van Bluetooth door weggebruikers in de haven en of dit bruikbare reistijd informatie oplevert.

MAPtm heeft een analyse van deze pilot met het Bluetooth systeem uitgevoerd. Het Bluetooth systeem werd geleverd door de Verkeersinformatiedienst(VID). De bevindingen en algemene omschrijving van de Bluetooth methode worden in het volgende hoofdstuk besproken. In hoofdstuk 3 zullen andere bestaande meetmethodes kort besproken worden zodat in hoofdstuk 4 een goede vergelijking gemaakt kan worden tussen alle besproken methodes. Als laatste wordt in hoofdstuk 5 geconcludeerd wat de toegevoegde waarde is van de Bluetooth methode en welke discussiepunten er nog zijn.

2. Bluetooth

MAPtm heeft in opdracht van het HbR samen met de VID een pilot uitgevoerd naar de inzetbaarheid van Bluetooth-technologie voor verkeerskundige informatie als reistijden en HB-relaties. In dit hoofdstuk wordt de Bluetooth techniek in het algemeen en de meest interessante resultaten uit deze pilot besproken.

Bluetooth

Bluetooth is een communicatietechniek op basis van elektromagnetische golven. Er zijn diverse apparaten die Bluetooth bevatten zoals telefoons, laptops, carkits, handsfree “oortjes” en navigatieapparaten. Het doel van Bluetooth is om een verbinding tussen twee apparaten te leggen om zo gegevens over en weer te sturen. Aangezien de techniek op basis van elektromagnetische golven werkt is geen directe zichtlijn nodig tussen de apparaten. Om toch te kunnen bepalen met welk apparaat wordt gecommuniceerd heeft ieder Bluetooth apparaat een unieke identiteit: een Media Access Control adres (MAC-adres).

Door apparatuur langs of boven de weg te plaatsen die deze MAC-adressen kunnen lezen is het mogelijk om Bluetoothapparaten die aanstaan te detecteren. Indirect wordt dan het voertuig waar deze apparaten in zitten gedetecteerd. Het is echter niet noodzakelijk dat een apparaat verbonden is met een ander apparaat.

Een groot voordeel van deze techniek is dat de plaatsing van de Bluetooth detector erg flexibel is, omdat geen zichtlijn nodig is. Een nadeel is dat het lastig is te bepalen of het om 3 dicht op elkaar rijdende voertuigen met ieder 1 Bluetooth apparaat gaat of 1 voertuig met 3 Bluetoothapparaten. Bij voldoende grote aantallen is dat echter geen probleem zoals verderop zal blijken.

Welke voertuigen met aan boord Bluetooth apparaten precies gedetecteerd worden hangt af van de combinatie van het te detecteren Bluetooth apparaat en de antenne die gebruikt wordt in de meetunit. Deze combinatie bepaald namelijk de afstand tot waar de apparaten opgemerkt kunnen worden. Daarnaast bepaalt het type antenne hoe het detectievelid eruitziet: een cirkel of bijvoorbeeld een lang gerekte ellips.

Voor zover bekend is het bemeten van een groot gebied, bijvoorbeeld de volledige breedte van een snelweg, geen probleem met deze techniek. Er is echter minder bekend over hoe precies de detectoren gericht kunnen worden. Het is bijvoorbeeld niet bekend of het mogelijk is om 1 weghelft waar te nemen of zelfs 1 rijstrook. Het feit dat richtantennes bestaan en de plaatsing van Bluetooth detectoren erg flexibel is, geeft echter goede hoop.

Het is dus mogelijk om indirect voertuigen te detecteren op basis van Bluetooth. Aangezien daarbij een uniek adres geregistreerd wordt, zijn diverse toepassingen van deze nieuwe meetmethode mogelijk. Deze zullen hieronder bij het toelichten van de Bluetooth pilot worden behandeld.

Opzet van de Pilot

De opzet van het onderzoek is redelijk eenvoudig gehouden. Het doel was om met minimale inzet antwoord te kunnen geven op de volgende onderzoeksvragen:

Reistijden: Wat is de kwaliteit van met Bluetooth bepaalde reistijden ten opzichte van LPR camera's? Hierbij zullen de gemeten reistijden onder andere getoetst worden aan de NDW criteria.

Penetratiegraden: Wat is de verhouding van het aantal Bluetoothapparaten in voertuigen tot het totaal aantal voertuigen, in dit paper de penetratiegraad genoemd?

Modaliteiten: In hoeverre kan het systeem voldoende specifiek modaliteiten uit het netwerk onderscheiden?

HB-relaties: Met welke nauwkeurigheid kunnen HB-relaties worden achterhaald?

Voor de pilot zijn 13 locaties ingericht met een Bluetooth systeem. Deze systemen hebben gemeten van 21 juni 2010 tot en met 25 juni 2010. In Figuur 2.1 hieronder is een globaal overzicht gegeven van alle Bluetooth locaties die gebruikt zijn in de pilot.

Rond de locaties 283, 284, 285, 286 en 287 bij de waalhaven waren LPR camera's beschikbaar om gemeten reistijden te kunnen vergelijken.



Figuur 2.1: Overzicht locaties van Bluetooth detectoren.

Daarnaast waren er drie locaties (278, 280 en 282) waar telpunten van het HbR liggen en twee (288 en 289) waar Monica-meetpunten van RWS liggen. Aan de hand van deze locaties kon de penetratiegraad worden onderzocht. Locatie 277 lag bij een terminal voor vrachtwagens waardoor er vanuit gegaan kon worden dat deze detector alleen Bluetoothapparaten in vrachtwagens detecteerde. De aantallen vrachtwagens zijn door de terminal ook voor de vergelijking beschikbaar gesteld.

Resultaten

Hieronder worden kort de resultaten besproken.

Reistijden

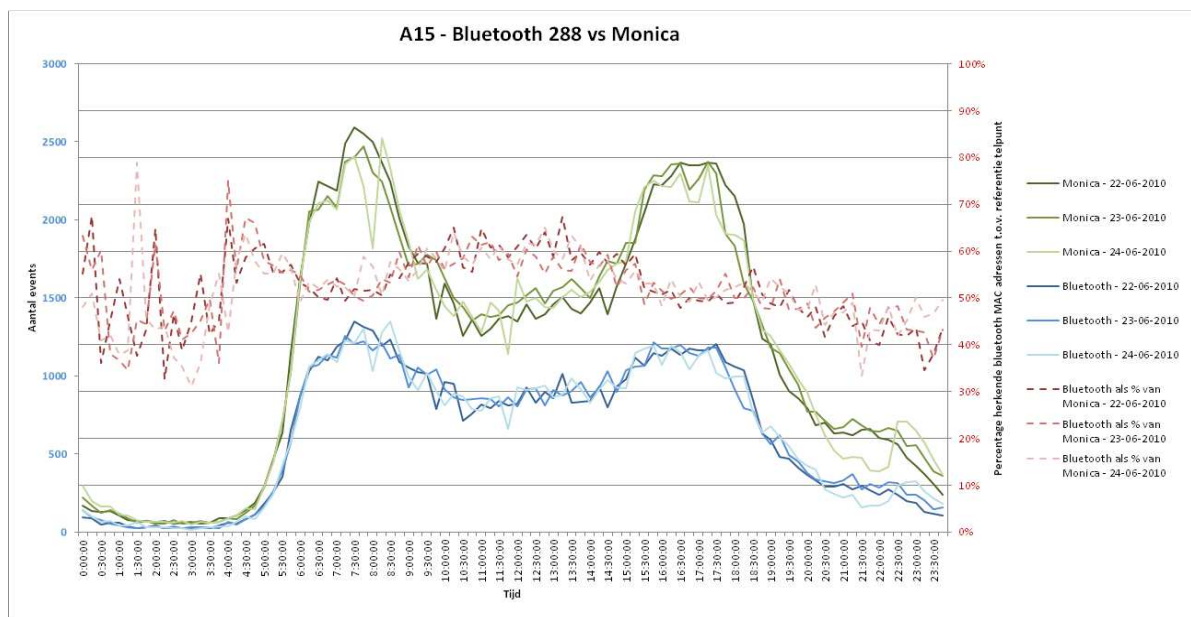
De reistijden zijn bepaald door het verschil in detectietijdstippen uit te rekenen van op twee verschillende locaties herkende MAC-adressen. Deze gemeten individuele reistijden worden vervolgens gefilterd en gemiddeld zodat iedere minuut een gemiddelde reistijd bekend is.

Op twee routes, Waalhaven Zuid en Waalhaven Noord, was referentiedata beschikbaar vanuit het NDW, gemeten met LPR camera's. De frequentie van de aangeleverde data was echter eens per 5 minuten en de precisie was beperkt doordat de reistijden waren afgerond op gehele minuten. Daarnaast was niets bekend over de kwaliteit van deze reistijden en hoe deze tot stand zijn gekomen. Aangezien de NDW criteria uitgaan van reistijden afgerond op seconden voor iedere minuut was een vergelijking met de Bluetooth reistijden niet mogelijk volgens de NDW criteria.

Voor zover mogelijk is wel vast gesteld dat de met Bluetooth gemeten reistijden dichtbij de reistijden van het NDW liggen. Bovendien vertoonde beide reistijden een gelijke trend. Het meten van reistijden op zich lijkt dus goed te werken, ook op het onderliggend wegennet, Om toch een beter zicht te krijgen op de kwaliteit van de Bluetooth reistijden zijn deze in een grafiek gezet naast de individuele reistijden afkomstig van de Bluetooth metingen. Bovendien zijn naast de Bluetooth reistijden, reistijden berekend volgens de opschoningsmethode van de NDW op basis van de individuele Bluetooth reistijden. Op die manier wordt een beter beeld gekregen van zowel de kwaliteit van de gemiddelde Bluetooth reistijden als het door de VID gebruikte algoritme. Gesteld kan worden dat het algoritme van de VID vergelijkbare prestaties levert als de opschoningsmethode van de NDW.

Penetratiegraden

Uit de resultaten blijkt dat het aantal MAC-adressen gemiddeld 40% tot 50% bedraagt ten opzichte van het aantal voertuigen. Dat is ruim voldoende om reistijden te kunnen meten. Alleen bij zeer lage intensiteiten wordt het lastig om reistijden te bepalen zoals gebleken is op enkele routes in het Botlek gebied. Hierbij is het van groot belang dat de meetsensoren worden geplaatst op locaties waar voldoende verkeer rijdt. Dus niet aan het einde van een industrieweg. Daarnaast geldt dat hoe hoger de aantallen hoe kleiner de variatie in de penetratiegraad (zie ook Figuur 2.2).



Figuur 2.2: Aantallen geregistreerd met Bluetooth vergeleken met Monica. Monica is groen, Bluetooth is blauw en de verhouding is rood (2^e y-as).

Gezien de resultaten bestaat het sterke vermoeden dat het systeem over langere periodes vrij betrouwbare intensiteiten kan schatten, mits de systemen zorgvuldig geplaatst worden en deze geen last hebben van niet-relevant verkeer zoals fietsers, scooters en OV. Wanneer de verhouding van MAC-adressen ten opzichte van aantallen voertuigen constant is, kan namelijk het aantal geregistreerde MAC-adressen met een factor vermenigvuldigd worden om een schatting te krijgen van het werkelijk aantal voertuigen. Om te bepalen of de penetratiegraad constant is, is uitgebreider en langduriger onderzoek nodig.

Modaliteiten

Bij een in/uitgang van de terminal in de haven was specifiek een meetpunt geplaatst om te bepalen hoeveel procent van het vrachtverkeer opgepikt wordt door het systeem. Uit de beperkte gegevens die beschikbaar waren is gebleken dat dit zo rond de 75% is. Dat is meer dan de 50% die hierboven is genoemd. Wellicht is dat te verklaren doordat het hier om vrachtverkeer gaat. Om daar meer over te kunnen zeggen is echter meer onderzoek nodig.

HB-Relaties

De laatste onderzoeksvraag is in hoeverre herkomst en bestemmingen van het verkeer in kaart gebracht kunnen worden met het Bluetooth systeem en of vrachtverkeer gevolgd kan worden in het verkeersnetwerk.

Aangezien bij iedere reistijd een uniek MAC-adres hoort, kan ook het aantal trips tussen meetpunten bepaald worden. De aantallen trips tussen verschillende locaties kunnen in een matrix geplaatst worden waardoor een HB-matrix ontstaat. De getallen in deze matrix mogen niet als absolute aantallen geïnterpreteerd worden, omdat Bluetooth niet 100% van het verkeer opmerkt. De verhoudingen tussen de aantallen in de matrix mogen echter wel worden gebruikt, mits aan 3 aannames voldaan wordt:

1. Er moet zich voldoende verkeer verplaatsten tussen de verschillende locaties. Bij zeer lage aantallen kunnen verschuivingen optreden tussen de verhoudingen van de gemeten aantallen verplaatsingen en verhoudingen van het werkelijk aantal verplaatsingen. Zolang over niet te korte periodes gemeten wordt en/of op drukke trajecten zou dit geen probleem hoeven zijn.
2. De verhouding tussen het aantal MAC-adressen en het aantal voertuigen moet vrijwel homogeen verdeeld zijn over het netwerk. Dit betekent dat het niet zo moet zijn dat op de ene locatie veel meer MAC-adressen zijn ten opzichte van het aantal voertuigen en op een andere locatie veel minder. Het vermoeden bestaat dat deze verhouding inderdaad vrij constant is over het netwerk (zie ook hoofdstuk 3).
3. De kans op het detecteren van een Bluetooth apparaat moet op iedere locatie ongeveer gelijk zijn. Zolang hetzelfde type detector wordt gebruikt en de plaatsing daarvan zorgvuldig gebeurt, gaat dit goed.

De resultaten geven aan dat het zeer goed mogelijk lijkt om HB-relaties op basis van Bluetooth te berekenen. Wanneer de gemiddelde verhouding tussen het aantal MAC-adressen en het aantal voertuigen constant is (eventueel gemiddeld over langere periode) en deze bepaald kan worden, dan kan deze verhouding gebruikt worden om de HB-matrix op te schalen zodat die geschatte werkelijke aantallen verplaatsingen bevat. Het HbR kan op deze wijze bepalen waar het verkeer in de haven naartoe gaat en/of vandaan komt. Ook kunnen dominante goederenvervoer routes in kaart worden gebracht.

Conclusies en Leerpunten

De resultaten geven aan dat het goed mogelijk lijkt om met Bluetooth reistijden te meten. In het onderzoek is naar voren gekomen dat bij lage intensiteiten het lastig is een betrouwbare reistijd te bepalen. Wat uiteindelijk precies de kwaliteit is van de reistijden en hoeveel verkeer geregistreerd moet worden voor een betrouwbare reistijd is van meer factoren afhankelijk dan het aantal (opgemerkte) voertuigen. Dergelijke factoren zijn bijvoorbeeld: de aanwezige infrastructuur op een traject (parkeerplaatsen, tankstations, etc), het type weg, voertuigtypes, langzaam verkeer en absolute aantallen voertuigen. Bovenstaande opmerkingen gelden echter ook voor andere technieken dan Bluetooth welke in het volgende hoofdstuk zijn toegelicht (LPR camera's, Floating Car Data en dubbele lussen).

Wat betreft de penetratiegraad kan uit de pilot worden opgemaakt dat deze over een langere periode rond een constante van 50% ligt. Wanneer de intensiteit hoog is, dan geldt die 50% ook voor relatief korte periodes (15 minuten). Het is belangrijk hierbij op te merken dat het om geregistreerde Bluetoothapparaten gaat en niet om geregistreerde voertuigen. Sommige voertuigen zenden mogelijk meerdere Bluetooth signalen uit

Wanneer deze verhouding in uitgebreider onderzoek ook constant blijkt te zijn kan die verhouding gebruikt worden om intensiteiten en absolute H/B-matrices te schatten. Op dit moment kunnen in elk geval de verhoudingen van verkeersstromen bepaald worden en in een HB-matrix gezet worden.

In de pilot is vrachtverkeer gemeten bij een specifieke locatie. Die voertuigen zijn vervolgens ook op andere meetlocaties teruggevonden. Wanneer de locaties en de te volgen voertuigen goed worden bepaald lijkt Bluetooth een goede techniek om inzicht te krijgen in de verkeersbewegingen van een specifieke groep voertuigen. Mogelijke toepassingen zijn ook het volgen van het OV-wagenpark of verkeer van en naar een stedelijk distributiecentrum. Daarbij kan ook bedacht worden om een vloot voertuigen te volgen waarvan bekend is welke MAC-adressen bij welk voertuig hoort.

Voor alle toepassingen dat geldt de plaatsbepaling van de Bluetoothdetectoren zeer zorgvuldig moet gebeuren. Bij het meten van reistijden kan het namelijk zo zijn dat verkeer al opgemerkt wordt wanneer het staat te wachten voor de stopstreep, terwijl het pas gedetecteerd moet worden wanneer het verkeer het kruispunt gepasseerd is. Ook verkeer uit andere richtingen wordt wellicht waargenomen door de Bluetoothdetector terwijl dit niet de route rijdt waarover reistijden moet worden bepaald. Een vergelijkbaar probleem kan ontstaan wanneer er drukke parallel wegen of fietspaden zijn.

3. Bestaande methodes

ANPR/LPR Camera's

Automatic Number Plate Recognition (ANPR) of ook wel License Plate Recognition (LPR) is een systeem waarmee kentekens van voertuigen herkend kunnen worden. Over het algemeen worden de camera's gemonteerd aan een portaal boven de weg. Het is ook mogelijk om vanaf de berm voertuigen te herkennen, maar de prestatie is dan wel iets minder. Naast permanente opstellingen bestaan ook mobiele varianten. De camera's worden het meest gebruikt voor reistijden. Door op twee locaties te meten kunnen de herkenningstijdstippen van dezelfde kentekens vergeleken worden om zo reistijden te bepalen.

Over het algemeen worden de reistijden aan een specifieke route gekoppeld. Het is echter niet bekend hoe de voertuigen van begin naar de eindlocatie zijn gereden. Daar zitten ook voertuigen bij die zijn omgereden of een stop hebben gemaakt. Bij het berekenen van gemiddelde reistijden tussen een set camera's is het dan ook noodzakelijk om de gegevens eerst te filteren. Dit geldt overigens ook voor Bluetooth.

Naast het meten van reistijden worden LPR camera's ook gebruikt voor het meten van intensiteiten en het classificeren van voertuigen op basis van kentekenreeksen, al worden ze vrijwel nooit alleen daarvoor ingezet. De meetresultaten zijn betrouwbaar aangezien LPR camera's meestal meer dan 90% van het verkeer registreren. Bij ongunstige omstandigheden zoals sneeuw, hevige regen, mist of een laagstaande zon die in de camera schijnt daalt dat percentage. Dit geldt ook voor situaties waarbij het verkeer dicht op elkaar rijdt.

Andere toepassingen zijn trajectcontrole, toegangs controle (parkeren) en het bepalen van HB-matrices.

Lusdetectie

Lusdetectie vindt plaats door koperen lussen in het asfalt welke via magnetische inductie voertuigen detecteren. Bij VRI's worden lussen vooral gebruikt om te detecteren of daar een voertuig staat te wachten, er nog een wachtrij aanwezig is etc. Daarnaast wordt deze methode veel gebruikt om te tellen. Bij VRI's gaat het vaak om een enkele lus, maar er worden ook veel dubbele lussen toegepast, voornamelijk op het snelwegennet (Motorway TrafficManagement) en bij permanente meetpunten. De lussen liggen op een vaste afstand, veelal 1 meter, achter elkaar. Op basis van het verschil in detectietijdstippen kan de snelheid en de (elektrische) lengte van een voertuig worden berekend. Bij het MTM-systeem wordt onder andere de reistijden berekend. Immers, wanneer om de zoveel meter de snelheid bekend is, kan een goede inschatting van de reistijd worden gemaakt.

Floating Car Data (FCD)

FCD is een verzamelbegrip voor een databron welke van een (bewegend) object, met een bepaalde frequentie, informatie doorgeeft. Dit kan vrij rudimentair zijn, bijvoorbeeld de latitude en longitude positie elke minuut. Uitgebreide vormen zijn echter ook mogelijk zoals plaatsbepaling volgens navigatie, richting, snelheid, bestemming en informatie over het voertuig (remmen, rensensor, etc.).

Een voorbeeld van vrij rudimentaire FCD is het monitoren van verkeersstromen via GSM toestellen die aanwezig zijn in voertuigen. Bij deze vorm zijn snelheden en locatie lastig te bepalen, voornamelijk wanneer het wegennet dichter wordt en verstoringen optreden door metingen van openbaar vervoer gebruikers, wandelaars, fietsers etc.

Wanneer FCD afkomstig is van GPS metingen (Global Positioning System) is deze veel nauwkeuriger. In een voertuig zit dan een GPS sensor die op de één of andere manier de gegevens verstuurd (bijvoorbeeld GSM/GPRS). Als een vloot voertuigen met deze techniek is uitgerust wordt de verplaatsing van deze voertuigen zeer gedetailleerd vastgelegd. Snelheid, richting, route, herkomst en bestemming en zelfs intensiteiten kunnen worden bepaald.

FCD is min of meer de heilige graal van verkeersinformatie. Als alle voertuigen met deze techniek zijn uitgerust, verschuift de uitdaging van het inwinnen van verkeersinformatie naar het correct verwerken en interpreteren van die informatie en het voorspellen van toekomstige verkeerstoestanden. Overigens is dat al lastig genoeg in combinatie met veel bestaande technieken, want bij iedere methode is het een uitdaging om de relevante informatie uit de ruwe data te halen.

Overig

Er zijn nog diverse andere technieken om verkeersinformatie in te winnen zoals VBM (Video Based Monitoring), infrarood sensors, radar en waarnemers. Ook enquêtes kunnen als bron van informatie dienen, bijvoorbeeld voor het bepalen van woon/werkverkeer stromen. Deze methodes zijn echter minder wijdverspreid en zullen hier niet verder toegelicht worden.

4. Vergelijking Bluetooth: Discussie

In tabel 4.1 zijn de meest voorkomende meetmethoden kort op een rij gezet. Wat betreft het meten van reistijden lijkt Bluetooth erg op LPR camera's. Er zijn echter een paar belangrijke verschillen. Bluetooth is veel sneller in te zetten doordat het de detectoren eenvoudiger te plaatsen zijn, want er is geen zichtlijn nodig. Ook kan in veel situaties met één Bluetooth detector volstaan worden, omdat die bijvoorbeeld een snelwegdoorsnede volledig kan dekken. Door bovenstaande punten en lagere kosten per detector is de techniek bovendien veel goedkoper en zorgt Bluetooth voor een rustiger wegbeeld.

	LPR	Bluetooth	FCD	Waarnemers/ video	Lussen
Tellen	Per meetpunt in te regelen mbv referentietelling Per rijstrook te meten	Per onderzoeksgebied in te regelen. Let op detectieveld! OWN twee richtingen	Alleen bij een hoge penetratiegraad	Ja	Ja
Reistijden	ja	Ja	Ja	Ja	O.b.v. benadering door bezetting van de weg
HB-matrix	Ja	Ja (opmerking)	Ja	Ja	Nee
voertuigtypen	Mogelijk via RDW	Nee, alleen wanneer voorbereid	Ja, wanneer meegezonden.	Ja door waarneming	Minimaal
Realtime	Met vertraging van verwerking	Met vertraging van verwerking	Indien real-time communicatie aanwezig is.	Nee	Ja (bij directe ontsluiting data)
Achteraf	Vanuit database	Vanuit database	Ja, mits gelogd.	Verwerken met database	Ja
Kosten relatief	●●●●●	●●	●●●●●	●●	Infrastructuur aanwezig ●● aan te leggen ●●●●
Inzetbaarheid	Lange voorbereiding	Snel	Zeer lange termijn.	Snel	Gemiddeld
Locatiekeuze	Rijstrook specifiek	Werkt in een straal	In voertuig + wegkant.	Vrije keus inzet	o.b.v. aanwezige infra
Inzetperiode	Langere periode tot permanent	Van kort tot permanent	Permanent.	Korte perioden	Permanent

Tabel 4.1: Verschillende meetmethodes vergeleken

Aan deze voordelen kleven wel een paar nadelen. Met LPR Camera's kan per rijstrook gemeten worden en kunnen bovendien voertuigen geclassificeerd worden. Daarnaast detecteren LPR camera's een groter percentage van het totale verkeer. Daardoor zijn in sommige gevallen LPR camera's voldoende om een betrouwbare reistijd te meten en Bluetoothdetectoren net niet.

Bluetooth kan geen voertuigen classificeren, maar wanneer van een vloot voertuigen de MAC-adressen bekend zijn, al dan niet door ze specifiek met Bluetooth uit te rusten, kan deze vloot wel gemonitord worden.

Met dubbele lussen reistijden meten levert het voordeel op dat er instantane reistijden worden bepaald die minder achterlopen op de actuele reistijd dan gerealiseerde reistijden. In de praktijk is het echter te duur om specifiek lussen aan te leggen voor het monitoren van reistijden. De kwaliteit is bovendien sterk afhankelijk van de dichtheid van de meetlocaties.

Voor het bepalen van HB-matrices lijkt Bluetooth beter geschikt dan andere methodes, voornamelijk door de prijs/kwaliteit verhouding. Wanneer niet alleen naar de verhoudingen van de verkeersstromen gekeken wordt, maar ook naar absolute waarden, dan is het wel noodzakelijk om op meer locaties na te gaan of de penetratiegraad vergelijkbaar is.

Voor intensiteiten lijken lussen nog altijd het meest geschikt. De gegevens daarvan zijn betrouwbaarder en nauwkeuriger, maar voor sommige toepassingen is Bluetooth wellicht een alternatief vanwege de prijs/kwaliteit verhouding.

In het geval dat ieder voertuig is uitgerust met FCD en de informatie real-time wordt ontsloten levert FCD vrijwel perfecte informatie. Het implementeren van FCD is echter een grote onderneming en brengt veel maatschappelijke discussie met zich mee. Op dit moment is de methode FCD in elk geval nog niet zover dat het een actuele concurrent is voor andere methodes. FCD heeft echter weer een voordeel omdat detectie van verkeer juist met de objecten zelf wordt gedaan en dus niet afhankelijk is van een vaste meetlocatie en dus accurater locaties van verkeerssituaties bepaald. Al met al nog genoeg punten voor de discussie in hoofdstuk 5

5. Discussievragen en Conclusie

Discussie

Is Bluetooth een goede aanvulling op het arsenaal aan meetinstrumenten?

Als het gaat om kosten en snelheid van inzetbaarheid lijkt dit toch zeker het geval. Wanneer de betrouwbaarheid of volledigheid van de data (penetratiegraad) wordt bekeken dient het systeem zich voor het grote publiek nog te bewijzen. De vraag of het systeem voldoende detailinformatie geeft hangt sterk af van het doel waarvoor het systeem gebruikt wordt.

Uit de beschreven pilot blijkt dat bij voldoende verkeersaanbod en gemeten over een langere periode de techniek intensiteiten kan bepalen en zelfs H/B-matrices kan schatten. Aandachtspunten zitten, evenals bij concurrerende methoden in de voorbereiding en uitvoering. Tot slot dient, evenals bij andere systemen, slim naar de resultaten te worden gekeken. Bij Bluetooth is dit met name om ongewenst verkeer en andere verstoringen uit data te filteren. Data zonder gedegen bewerking en analyse levert immers geen bruikbare informatie.

Is vervuiling in de vorm van het meten van niet-relevant verkeer een issue?

Voor het bepalen van relaties of reistijden hoeft het meten van 'niet-relevant verkeer' geen probleem te vormen mits in de projectering van de meetlocaties hier rekening mee is gehouden. Als een volgend meetpunt zodanig is gepositioneerd dat alleen bijvoorbeeld autoverkeer 'meet' kunnen prima reistijden uit de matches worden berekend. Het meetpunt met verstoring kan echter geen dienst doen voor bepalen van verkeersintensiteiten en bij het afleiden van HB-patronen moet extra omzichtig te werk worden gegaan.

Conclusie

Bluetooth is ten opzichte van de huidige methoden een snel in te zetten techniek. Snelheid, flexibiliteit en kosten maken deze techniek zeker interessant voor grote meetgebieden en/of kortdurende monitoringsprojecten. Bij voldoende verkeer op een locatie/traject is de techniek bijzonder geschikt voor een gedegen verkeerswaarneming. Indien per meetperiode het aantal waarnemingen terugloopt/beperkter is kan het wel een indicatie van de doorstroming op een bepaald wegvak geven maar is dan minder geschikt voor operationeel verkeersmanagement.