



Radio voor OOV

Op weg naar de intelligente kameleon

De ontwikkelingen op het gebied van intelligente radio's gaan gestaag verder. Naast TC-RRS, het Etsi-onderdeel dat de standaard voor RRS (reconfigurable radio systems) heeft ontwikkeld, zijn er veel meer initiatieven. In een 'vierluik' komen vanuit vier invalshoeken: de techniek, een praktijkvoorbeeld vanuit Rotterdamse haven, de relatie met OOV en de regelgeving aan de orde.

DOOR BRAM VAN DEN ENDE, FRANK BROUWER, HANS BORGONJEN EN PETER ANKER



omgeving in staat zijn verbindingen op te zetten en in stand te houden die voldoen aan de prestatie-eisen die de bovenliggende applicatie stelt en die optimaal gebruikmaken van de mogelijkheden die de omgeving op dat moment biedt.

De cognitieve radio (CR) is in staat het effect

princiële problemen op grond waarvan geen sprake zal zijn van implementatie van CR in zijn meest verstrekkende vorm, maar wel van toekomstige radiosystemen die een behoorlijke mate van intelligent gedrag zullen vertonen, zowel zelfstandig als in interactie met elkaar of met informatiesystemen.

In Europa is binnen PublicSafety de breed gedragen opinie dat het in de toekomst een mix zal zijn van technieken.

van zijn 'gedrag' te evalueren en dat aan te passen als de omstandigheden zich wijzigen en wel zo dat aan de performance-eisen kan blijven worden voldaan (en de gebruiker dus niets merkt). In de ruimste interpretatie kunnen diverse omgevingsfactoren hierin een rol spelen. Vaak wordt echter gerefereerd

Hoewel de CR-ontwikkeling nog in de kinderschoenen staat, worden wereldwijd toch belangrijke vorderingen geboekt in diverse R&D-projecten, maar zelfs ook al in marktrijpe systemen of standaarden daarvoor (bijvoorbeeld 5 GHz Wlan met DFS (dynamic frequency selection) en de IEEE 802.22 voor

Technologische ontwikkelingen gaan erg hard en dat geldt bij uitstek voor IT- en communicatiesystemen, die beide van essentieel belang zijn voor het effectief functioneren en optreden van OOV-diensten. De laatste jaren zien we qua draadloze communicatietechnologie belangrijke ontwikkelingen wat betreft capaciteitsvergroting (aantal bits/Hz), maar zeker ook om de behoefte van de eindgebruiker en de systeem mogelijkheden flexibeler en intelligenter op elkaar af te stemmen. Daarom aandacht voor flexibele en intelligente radio's die zich kunnen aanpassen aan hun omgeving.

Cognitieve radiotechnologie

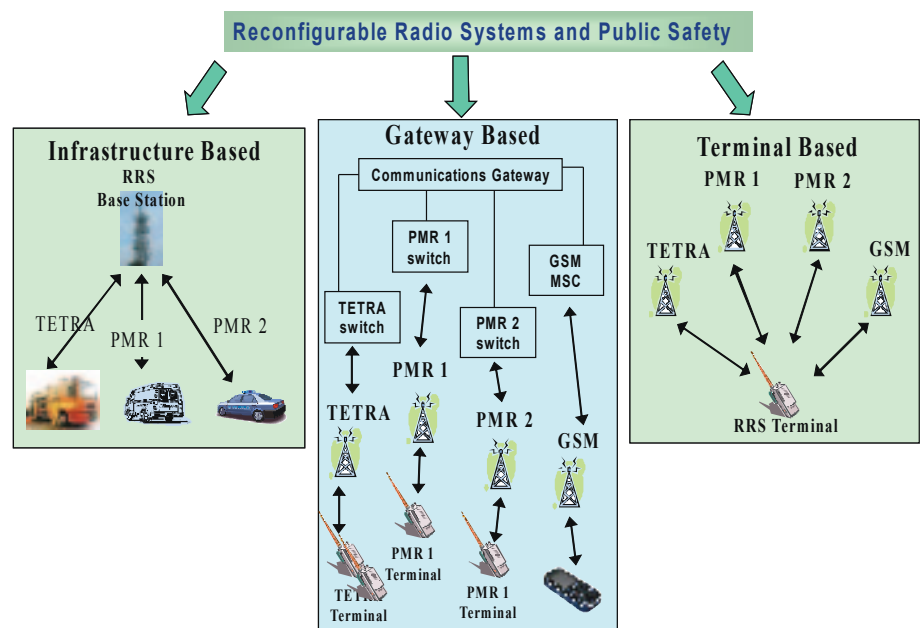
Met de term cognitief wordt binnen de medische en gedragswetenschappen bedoeld het kennen, het waarnemen en het overdenken van de buitenwereld (bron: www.encyclo.nl). De technische interpretatie in het geval van radiosystemen ligt daar dichtbij. Conceptueel zijn cognitieve radiosystemen zo intelligent dat ze op basis van voldoende informatie over hun

aan het cognitief gebruik van spectrumruimte (de smalle interpretatie) door een radio, door binnen een zeker afstembereik beschikbare frequentiekanalen op te zoeken en een geschikt bevonden kanaal te benutten zolang dit geoorloofd is. Dit is een complex en informatie-intensief proces.

Kinderschoenen

CR is een relatief nieuw en boeiend paradigma. Het theoretische CR-concept kent enkele

'wireless regional networks' in de tv-banden). Dit gaat hand in hand met belangrijke ondersteunende activiteiten qua standaardisatie en regelgeving, zoals het IEEE P1900-protocol voor dynamische spectrumtoegang, en de introductie van een CPC (cognitive pilot channel) dat kan worden beschouwd als een spectruminformatie- en coördinatiekanaal waar radiosystemen naar kunnen luisteren. (Dit suggereert dat de CPC zelf een radiokanaal is, maar dit is niet de enig mogelijke uitvoering.)



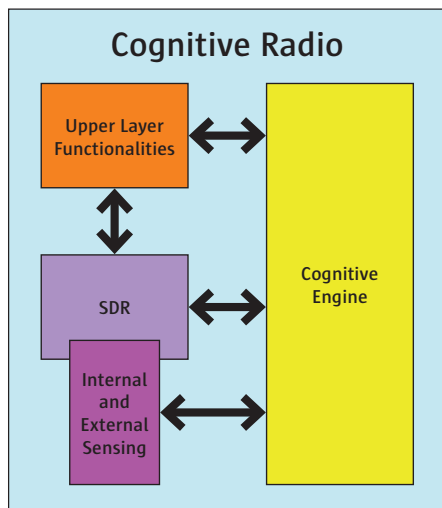
De werking van een systeem gebaseerd op CR-technieken wordt hierna kort toegelicht aan de hand van het concept dat bij de ontwikkeling van de 802.22-standaard is en/of wordt voorzien.

IEEE 802.22 gaat uit van een 'point-to-multi-point'-netwerkinfrastructuur. Deze bestaat uit basisstations die zijn gekoppeld met een aantal CPE-stations binnen hun verzorgingsgebied (customer premises equipment: het 'kastje' bij de abonnee). Het radiosysteem anticipeert op het bestaan van 'vrije' tv-kanalen tussen de 54 en 862 MHz die kunnen worden gebruikt zonder dat merkbare interferentie wordt veroorzaakt in de tv-ontvangst en bij draadloze microfoons in die band. De basisstations zijn gekoppeld met centrale databases die op basis van de opgegeven positie van een basisstation informatie verstrekken over het lokale geregistreerde spectrumgebruik. Een basisstation stelt op basis daarvan een lijst van kandidaatfrequenties samen voor de down- en uplinkverbindingen met zijn CPE-stations.

De CPE-stations zelf zijn in staat nauwkeurige spectrummetingen te verrichten en koppelen de meetresultaten terug naar hun basisstation. Dit evalueert het actuele spectrumplaatje binnen zijn invloedsgebied en pleegt eventueel aanpassingen in de frequentielijst. Diverse radioparameters van basisstations en CPE's zijn flexibel instelbaar, zodat het gehele systeem zich kan aanpassen aan zich wijzigende omgevingscondities.

Toegevoegde waarde van software defined radio

Een belangrijke ontwikkeling voor toekomstige generaties radiosystemen is software defined radio (SDR). SDR-technologie staat in feite los van cognitieve radio, maar kan wel als een belangrijke enabler voor dat laatste worden beschouwd. SDR is een ontwikkeling



Hybride radiotechniek in de Rotterdamse Haven

Steeds meer ambulante bedrijfsprocessen bouwen op het hebben van actuele, betrouwbare en complete informatie. Zeker in een complexe omgeving als de Rotterdamse haven is dat geen eenvoudige taak. De behoefte aan deze informatie is des te sterker in het geval van een incident. Deze informatie komt uit diverse bronnen, zoals GIS, data, beeld en spraak, met een toenemende behoefte aan bandbreedte.

Naast de uitdaging om de informatie actueel, betrouwbaar en compleet te hebben, is ook radiocommunicatie een serieuze uitdaging. De communicatie moet onder alle omstandigheden in het veld beschikbaar zijn. Tegelijk mankeert het aan dekking en beschikbaarheid van de verschillende radiosystemen als we het havengebied bekijken. CR kan hierin op termijn een bijdrage leveren, maar is nu wettelijk nog niet toegestaan. WMC heeft al wel een aantal principes van CR toegepast in Figo, een slimme, zelfdenkende hybride radio. Deze bevat de technieken die een aantal principes toepassen, en zo een handige manier vormen om toch volledige beschikbaarheid te realiseren.

Enkelvoudige radiosystemen hebben per definitie beperking in dekking, capaciteit

en andere cruciale karakteristieken. Elk systeem is geoptimaliseerd voor bepaalde omstandigheden. Er zijn altijd situaties waarin elk individueel systeem niet voldoet. Tijdens operationele inzet komen de beperkingen van individuele systemen telkens naar voren. Zo bleek bij metingen op de Waal en Rijn tussen Ewijk en de Duitse grens dat dekking door één umts-operator beperkt was tot circa 85%. Ook metingen in het Rotterdamse havengebied tonen dergelijke beperkingen van enkelvoudige systemen. Productietests in het kader van het programma 'Ladinggegevens' laten zien dat het combineren van verschillende radiotechnieken deze beperkingen zeer goed kunnen verhelpen. De beperkte dekking tussen Ewijk en de Duitse grens werd vrijwel volledig teniet gedaan door de hybride radiotechniek. Door naadloos te schakelen tussen twee operators was de beschikbaarheid opgelopen tot boven de 99 procent. In de gebruikte opstelling was het ook mogelijk via een satelliet te communiceren, wat zorgde voor de laatste 1%. Hierdoor was er voor de volle 100% van de tijd communicatie beschikbaar. Naast het naadloos schakelen tussen verbindingen met de infrastructuur wordt in de Rotterdamse haven ook gebruik gemaakt van ad hoc radiocommunicatievoorziening

die in eind jaren negentig in de Verenigde Staten opkwam als antwoord op het probleem dat de Amerikaanse strijdkrachten een te groot assortiment van militaire radio's in beheer hadden. Dit dreef de kosten voor training en onderhoud sterk op en vormde een blokkade wat betreft interoperabiliteit tussen de diverse onderdelen bij gezamenlijke operaties. Last but not least kon met deze praktijk niet worden geprofiteerd van de schaalvoordelen van een standaardconcept voor een militaire radio.

In het JTRS-programma (joint tactical radio system) onder leiding van de Amerikaanse ministerie van Defensie werd gewerkt aan een nieuwe generatie radio's gebaseerd op SDR-technologie. Het principe is vergelijkbaar met dat van de pc waarop de gebruiker zeer diverse applicaties kan laten draaien, mits deze voldoen aan de interface-eisen die door het besturingssysteem (bij pc's vaak Windows) worden gesteld. Vertaald naar verbindingsmiddelen is elke radio-interface (Tetra, gsm, umts, Wimax) in feite een softwareapplicatie (golfvorm in SDR-terminen) die draait op een krachtig computerplatform

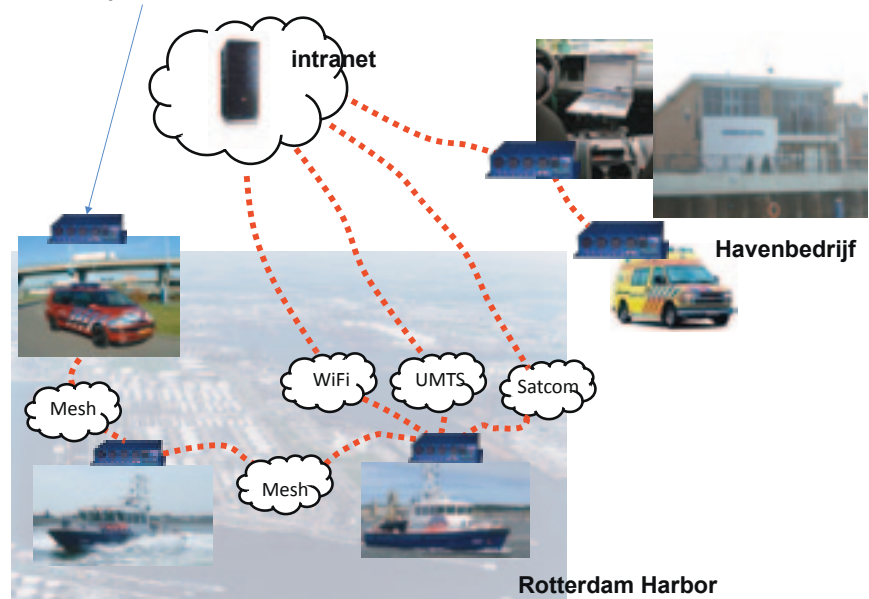
met een geschikt besturingssysteem en een flexibel instelbaar front-end met antenne(s). De SDR-radio volgens dit concept kan idealiter niet alleen in één ogenblik tussen verschillende door de gebruiker geïnstalleerde golfvormen schakelen, maar laat ook toe dat veel radioparameters (tot zeer dicht bij de antenne) flexibel kunnen worden ingesteld (zogenoemde flexibele transceiver). Inmiddels is de zogenoemde SCA (software communications architecture) ontwikkeld als belangrijke kandidaatspecificatie voor zo'n besturingsprogramma, met zoveel mogelijk open 'application programming interfaces'.

Struikelblokken

Door de internationale industrie is, vaak in samenwerking met universiteiten en kennisinstellingen, ervaring opgedaan met deze technologie die weliswaar een grote potentie heeft, maar ook complex is en verschillende struikelblokken kent. De belangrijkste is misschien wel het proces van 'openbreken' van tot nog toe gesloten radiosystemen. Ook is informatiebeveiliging een bijzonder lastig item, terwijl dit juist een belangrijk aspect

van Figo. Vaar- en voertuigen, die met elkaar een radioverbinding op kunnen zetten, communiceren rechtstreeks met elkaar, los van de infrastructuur. Hierdoor kan ook de informatie rechtstreeks tussen de eenheden worden uitgewisseld zonder dat daarmee de toch al schaarse radioverbindingen van de infrastructuur worden belast. Bovendien biedt dit vermaasde netwerk meer communicatiepaden waardoor er meer robuustheid in het totale netwerk ontstaat. Als om welke reden dan ook een vaar- of voertuig niet rechtstreeks met de infrastructuur kan communiceren, is elke node doorgeefluik voor elke andere node. De rijkdom van de hybride radiotechnologie is in de praktijk recentelijk beproefd in het Rotterdamse havengebied. Gedurende de test konden deelnemers van het innovatiecongres ICT Delta dat gelijktijdig in het WTC in Rotterdam plaatsvond, live meekijken. Een schip van de zeehavenpolitie en een ambulance zijn beide uitgerust met Figo. Bovendien waren beide voor de test voorzien van een videocamera. Zo kon in het WTC live worden meegekeken met beelden vanaf het schip en vanuit de ambulance. Maar ook kon vanaf het schip en in de ambulance bij elkaar worden meegekeken. Ook push-to-talk spraakverkeer is mogelijk. Verder zijn alle posities en communicatiemogelijkheden

Als iemand zich buiten het bereik van alle verbindingen bevindt, blijft deze nog altijd in contact met collega's in het veld.



overall in het veld live zichtbaar op een kaart. Hybride en ad hoc radiocommunicatie, met slimme algoritmen, die altijd de juiste communicatieweg vinden, is vandaag realiteit in de uitdagende omgeving van de Rotterdamse haven. Dit is een waardige opstap naar echte cognitieve

radio, die over enkele jaren nog meer communicatiemogelijkheden voor de eindgebruiker beschikbaar zal stellen.

is voor verbindingsmiddelen in het militaire en OOV-domein. In het JTRS-programma zijn de onderzoekers vanwege de complexiteit ook teruggekomen van het idee om diverse

platform met een flexibele transceiver, die door TNO is ontwikkeld. Hierop konden twee 'legacy' golfvormen worden geïnstalleerd (Tetra en een analoge PMR-radio). In het

voorlopig vooral 'onder de motorkap' afspeelt. Ook gaat de gebruiker vooral ervaren dat de omgeving (inclusief de gebruiker) zich steeds minder hoeft te schikken naar de radio, maar dat het verbindingsmiddel juist steeds flexibeler inzetbaar wordt in combinatie met andere systemen.

Software defined radiotechnologie staat in feite los van cognitieve radio, maar kan wel als een belangrijke enabler voor die laatste worden beschouwd.

bestaande golfvormen te 'converteren'. Met Europees onderzoeksgeld wordt gewerkt aan concepten die zijn gericht op toepassing in het OOV-domein en met Esra (European software radio architecture) een Europese variant van de sterk Amerikaans georiënteerde SCA. In het in 2009 beëindigde Wintsec-project is ervaring opgedaan met een

vervolgproject Euler wordt met de Esra-architectuur, de transceiver en de toepassing met twee golfvormen (Tetra en Wimax) getracht weer een belangrijke stap te zetten. Toekomstige radioapparatuur zal in toenemende mate worden ontwikkeld op basis van SDR-technologie, maar het is waarschijnlijk dat het zich, vanuit gebruikersperspectief,

Cognitieve radio's en Openbare Orde en Veiligheid

Wat zou de nieuwe CR-techniek voor de OOV-sector kunnen betekenen?

Laten we ervan uitgaan dat de OOV-sector verschillende soorten mobiele communicatie in de toekomst zal gebruiken: uiteraard nog steeds spraak in diverse vormen, waarbij 'mission critical' groepscommunicatie nog steeds de belangrijkste zal zijn. Waar echter de gehele gemeenschap 'digitaal gaat', zal dit voor de OOV-sector net zo gelden.

Vandaar dat een enorme groei wordt verwacht van een grote diversiteit aan mobiele data-applicaties, variërend van patiëntinformatie tussen ziekenhuis en ambulances, GEO-informatie, DNA ter plekke controleren met 'mobile DNA-tester', beelden, foto's, live

video van een ramplocatie, het bevragen van vele databestanden van de OOV-organisaties zelf en van derde partijen (kadaster, gevaarlijke stoffen) enzovoort.

De verwachting is niet dat er over vijf tot tien jaar één alles oplossende techniek zal zijn die, naast mission critical groepscommunicatie voor spraak, tevens mobiele breedband biedt voor zowel mission critical datacommunicatie als enorme breedbandige toepassingen voor minder kritische videotoeepassingen.

Mix aan technieken

Wat is de verwachting dan wel? In Europa is binnen PublicSafety de breed gedragen opinie dat het in de toekomst een mix zal zijn aan technieken: in elk geval nog minstens vijf tot wel vijftien jaar (Duitsland is nog aan het uitrollen!) Tetra voor mission critical spraak (met vooral groepscommunicatie) en daarnaast verschillende mobiele datacommunicatievoorzieningen.

In dit hybride model kunnen we dan bijvoorbeeld denken aan Tetra-2 (Teds) voor 'wideband' datatoepassingen. Als dit 'boven op' de bestaande Tetra-1-netwerken wordt gerealiseerd, met hergebruik van masten, schakelcentrales, vaste verbindingen, netwerkbeheer centrum en dergelijke, kan verhoudingsgewijs eenvoudig en goedkoop een eigen mission critical mobiel datanetwerk worden gebouwd. Voor non-mission critical 'broadband' datatoepassingen, die erg grote datacapaciteit vragen, zou met aanvullende maatregelen, zoals afspraken over prioriteit, een commercieel netwerk kunnen worden gebruikt. Het toekomstige LTE-netwerk biedt zo veel bandbreedte dat het erg complex zou zijn om eenzelfde hoeveelheid capaciteit als eigen besloten voorziening te hebben, al is het maar omdat de frequenties ontbreken. Een 'eigen LTE-variant in lagere frequentiebanden', zoals PublicSafety in Amerika heeft gekozen, is wellicht wel een toekomstige optie als de claim voor 2x10 MHz

in een frequentieband beneden 1 GHz wordt gehonoreerd (zie artikel over frequenties in Verbinding van april). Voor 'on the spot' zou een tijdelijke lokale hotspot op basis van bijvoorbeeld Wimax kunnen dienen, die enorme datacapaciteit biedt op de plek des onheils of bij een groot evenement.

Nu de relatie met intelligente radio's. Het is niet doenlijk voor elk van bovengenoemde carriers een eigen radio te installeren en het is ook geen ideale optie met verschillende portofoons of pda's rond te lopen.

Op de een of andere manier moeten de diverse carriertechnieken dus worden geïntegreerd. Een mogelijke oplossing is

veiligheid als het nodig is. De toekomst zal uitwijzen of het inderdaad deze richting uitgaat en hoe lang dat nog duurt.

Cognitieve regelgeving

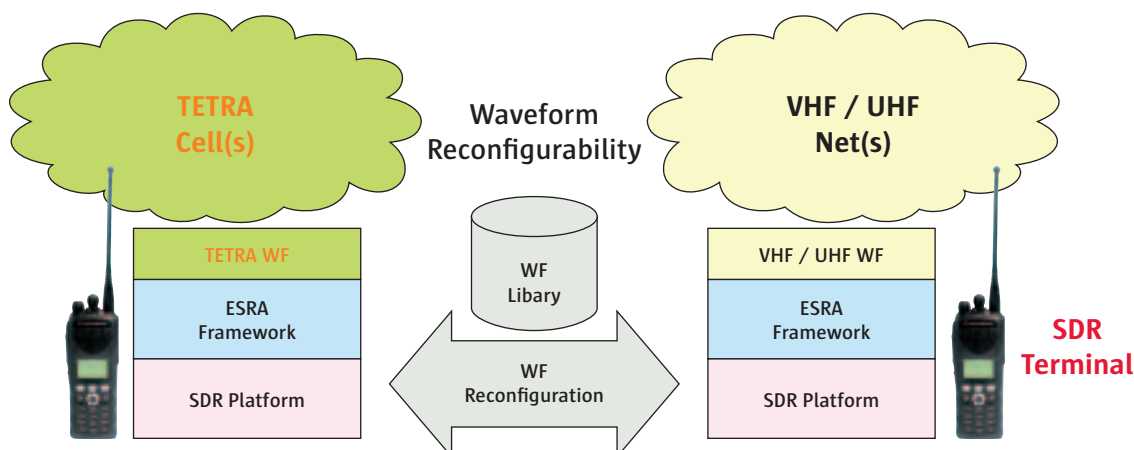
Voor de regelgeving is het grote verschil tussen een 'cognitieve' en een 'gewone' radio het feit dat een CR veel slimmer is. Een CR kan het gebruik van het radiospectrum in zijn directe omgeving meten, hij kent de voorschriften voor het gebruik van de verschillende frequentiebanden, is op de hoogte van de eisen die de gebruikersapplicaties stellen aan de radioverbinding en kan op basis daarvan een beslissing nemen over zijn gedrag,

Bij metingen op de Waal en Rijn tussen Ewijk en de Duitse grens bleek dat dekking door één umts-operator beperkt was tot circa 85 %.

heel veel intelligentie in de infrastructuur in te brengen. Een andere optie is een 'coördinerend overlay-netwerk' te gebruiken dat in het Euler-project wordt onderzocht. De meest logische oplossing lijkt echter op dit moment om de radio's zo intelligent te maken, dat deze tussen de diverse carriers kunnen kiezen. Het ene moment praten ze dan Tetra als er spraak nodig is, het andere moment Teds als er mission critical data moeten worden verstuurd of ontvangen, terwijl als sprake is van non-mission critical live video bijvoorbeeld het publieke LTE-netwerk kan worden gekozen. Op deze wijze ontstaat een heel flexibel geheel met toch die betrouwbaarheid en

bijvoorbeeld de te gebruiken draaggolf, de modulatietechniek, het zendvermogen en de versleuteling van de data. Mochten de omstandigheden in de radiatoruimte wijzigen dan kan een CR zich daaraan aanpassen. Dit biedt mogelijkheden voor een CR om veel flexibeler van het beschikbare radiospectrum gebruik te maken.

Om deze flexibiliteit in de toegang tot spectrum te kunnen benutten, is er voldoende flexibiliteit nodig in de voorwaarden waaronder het radiospectrum mag worden gebruikt. Daarin is de afgelopen tijd al behoorlijk vooruitgang geboekt. Veel bestemmingen in het frequentieplan zijn algemeen gemaakt door de voorschriften voor het aanbieden van





Tests met hybride radiotechniek in de Rotterdamse haven.

een bepaalde dienst of het gebruik van een bepaalde techniek te schrappen. Dit betekent niet dat er verder niets kan worden gedaan om de introductie van CR te faciliteren. Sterker nog, de regelgeving moet hier en daar worden aangepast om de potentie van CR ten volle te kunnen benutten. Hiervoor is het nodig dat goed wordt gekeken waarvoor en hoe CR wordt gebruikt. CR kan zowel in een vergunningvrije omgeving als in een vergunningstelsel worden gebruikt om het delen van de frequentieruimte te optimaliseren.

Samenwerking

Als CR vergunningvrij het ongebruikte spectrum van een vergunninghouder opzoekt en benut, zullen door de regelgever stringente voorwaarden moeten worden gesteld om ervoor te zorgen dat de vergunninghouder hier geen hinder van ondervindt. Echter, als de eisen te streng zijn, dan blijven er geen mogelijkheden over voor de CR om te benutten. Er zal dan ook een afweging moeten worden gemaakt tussen eisen die streng genoeg zijn om bestaande vergunninghouders te ontzien, maar tegelijkertijd wel realistisch zijn om het ongebruikte spectrum te kunnen benutten. Daarbij is het nodig de samenwerking aan te gaan tussen de overheid als regelgever, de industrie en de spectrumgebruikers. Deze samenwerking zal ook na het vaststellen van de spelregels moeten worden voortgezet om rekening te houden met ontwikkelingen in het gebruik. Een goed voorbeeld van een dergelijke samenwerking is het gebruik van Radio LAN's

in de 5 GHz-band die radarsystemen kunnen detecteren en ontwijken. Aanpassing van de regelgeving kan nodig zijn als een nieuw type radar wordt geïntroduceerd. CR kan ook worden gebruikt tussen vergunningvrije toepassingen onderling om een gelijkwaardigere en eerlijkere toegang tot het (vergunningvrije) spectrum te garanderen. In dit geval kan de regelgever veel meer aan de industrie, met inbegrip van het standaardisatieproces, overlaten. Dit biedt kansen voor bijvoorbeeld (kleinschalige) ad hoc netwerken, zoals in-huisnetwerken. Een andere mogelijkheid is het gebruik van restruimte door de CR in vergunninggebonden delen van spectrum aan de vergunninghouders zelf over te laten. Omdat hierbij sprake is van een beperkt aantal vooraf bekende spelers die precies weten hoe hun frequenties worden gebruikt, is het mogelijk CR-techniek te gebruiken om hoogwaardigere dienstverlening aan te bieden. Vergunninghouders kunnen in een dergelijk systeem gezamenlijk de toegewezen spectrumruimte benutten, bijvoorbeeld om mobiele communicatie in landelijke gebieden te verzorgen. De regelgever kan een dergelijk systeem ook gebruiken om frequentieruimte van grotere vergunninghouders beter te laten benutten. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het gebruik van militair spectrum voor specifiek lokaal en tijdelijk gebruik, zoals het maken van reportages door de omroep. De ontwikkeling van CR en het gebruik ervan staan nog in de kinderschoenen en zijn nog met veel onzekerheden omkleed. Dit zijn onzekerheden op het gebied van de technologie, maar ook op het gebied van de

toepassingen en de regelgeving. De overheid kan helpen deze onzekerheden te verkleinen door samen te werken met de industrie en de gebruikers in de verdere ontwikkeling. Het ministerie van Economische Zaken heeft deze handschoen dan ook opgepakt door bij te dragen aan het CognitieveRadioplatform.NL (www.crplatform.nl). Via dit platform wordt gezamenlijk gewerkt aan kennisuitwisseling en de ontwikkeling van 'use cases' om de mogelijkheden van CR te benutten. Voor het ministerie is dit een ideale mogelijkheid te bezien of de regelgeving daadwerkelijk de ontwikkelingen faciliteert of dat er toch nog drempels zijn die moeten worden weggenomen. ┘

PETER ANKER IS SENIOR (FREQUENTIE) BELEIDSMEDEWERKER BIJ HET MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN EN SENIOR RESEARCH FELLOW BIJ DE TU DELFT. HIJ SCHREEF DIT ARTIKEL OP PERSOONLIJKE TITEL.

BRAM VAN DEN ENDE IS SENIOR PROJECTMANAGER BIJ TNO INFORMATIE- EN COMMUNICATIETECHNOLOGIE EN HEEFT INHOUDELIJKE BELANGSTELLING VOOR ONDER ANDERE FREQUENTIEBELEID, SDR EN COGNITIEVE RADIO.

FRANK BROUWER IS DIRECTEUR VAN WMC, LEVERT ONDER ANDERE FIGO, EN IS ALS RADIONETWERKEXPERT INHOUDELIJK BETROKKEN BIJ COGNITIEVE RADIO-ONTWIKKELINGEN.

HANS BORGONJEN IS KENNISMANAGER BIJ DE VTSPN, VOORZITTER PUBLIC SAFETY RADIOCOMMUNICATION GROUP (PSRG) EN VICEVOORZITTER TETRA ASSOCIATION BOARD.