

COMMUNICATIECOMPONENT VAN NII

De heer ir. Ruud Overduin, TNO Technical Sciences

De beleidsdocumenten Netwerk- en Informatie Informatiestructuur (NII) of kortweg NII visie en -roadmap [1] en de Beleidsvisie Transmissiecapaciteit [2] sturen aan op een (structurele) betaalbare en ten aanzien van de operationele bedrijfsvoering wijzbare invulling van de NII. Daarbij is een aantal facetten benoemd waaronder de optimalisatie van eenvormigheid van oplossingen. Dit artikel presenteert een mogelijke technische invulling van de NII, gebruik makend van trends en oplossingsrichtingen vanuit het buitenland in relatie tot nationale behoeften en randvoorwaarden. Een aanzet vanuit internationale oriëntatie.

de laatste plaats in relatie tot open standaardisering. Het baseren van de infrastructuur op open standaardisatie biedt immers naast internationale interoperabiliteit ook kostenreductie door een beperkte afhankelijkheid van leveranciers en een modulaire vervangingsmogelijkheid.

Dit artikel beperkt zich tot een aanzet tot concretisering van het draadloze deel van de NII. Alleen op de terrestrische communicatiemiddelen wordt in detail ingegaan.

ONDERLINGE COMMUNICATIE TUSSEN MILITAIRE PARTNERS

Voor tactische communicatie is gebleken dat de industriële activiteit, die onder meer manifest wordt via NATO-werkgroepen, rond militaire HF- en V/UHF-systemen nog altijd groot is. Men is bezig met wezenlijke innovaties zoals de voortvarende ontwikkeling van WBHF (*Wide Band High Frequency*) waar vergroting van de transmissiecapaciteit door *channel bonding* wordt voorzien. Daarnaast is er de uitdagende ontwikkeling van de V/UHF NBWF (*Narrow Band Waveform*) voor het mobiele en uitgestegen domein. Hierbij ligt de ambitie op een basisstandaard eind 2014 en een uitgebreidere eind 2016. Voor de NBWF baseditie wordt momenteel een golfvorm zonder EPM (*Electronic Protection Measures*) ontwikkeld. Op het gebied van (WB)HF wordt door de BLOS (*Beyond Line-of-Sight*) werkgroep gestreefd naar een herwaardering van dit radiomedium binnen NATO. Hierbij wordt vooral ingezet op de combinatie tussen van oorsprong bekende inherente voordelen (zoals de relatief geringe kosten en het feit dat HF in noordelijke gebieden functioneert waar satcom geen dekking biedt) en de technologie- en standaardisatieontwikkeling die nadelen van complexe, wisselende propagatie en beperkte transmissiecapaciteit steeds beter tegengaan.

MANET-ONTWIKKELINGEN

De NBWF standaardisatie-activiteiten zijn inhoudelijk heel divers. In eerste instantie is begonnen met de standaardisatie van golfvormtechnologieën op fysische- en datalink niveaus. Daarbij werd gestreefd naar optimaal haalbare modulatie-efficiëntie (zo groot mogelijke datatransmissiesnelheid per eenheid van bandbreedte) in diverse propagatiecondities. Sinds enige jaren worden ook MANET (*Mobile Ad-hoc Networking*) functionaliteit en aspecten als RBCI (*Radio Based Combat Identification*) en informatiebeveiliging beschouwd. Hierbij verschilt dus

OVER DE AUTEUR

Ir. Ruud Overduin werkt sinds 1991 bij TNO in meerdere disciplines rond tactische draadloze communicatie en is projectleider van diverse onderzoeksprojecten, in het bijzonder van trend- en technology watching op het gebied van militaire draadloze communicatie.

Voor de communicatie met de eerstgenoemde partnercategorie worden NATO- en (voor niet-NATO partners) andere open- of *government owned* standaarden steeds belangrijker. Op de communicatie met civiele partijen zijn echter andere systeemopties van toepassing omdat militaire middelen bij deze partners niet of slechts zeer beperkt beschikbaar kunnen zijn. Hierover straks meer.

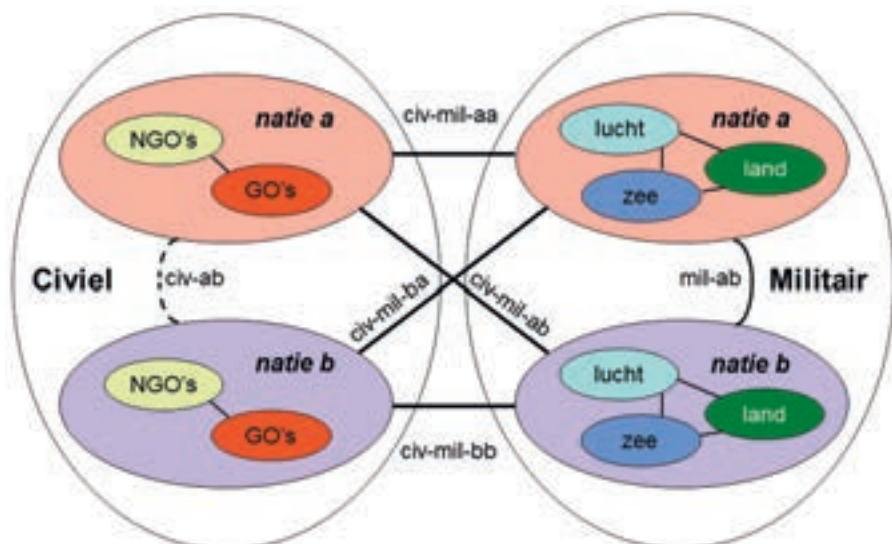
INLEIDING

De onder meer door financiële motieven gedreven sanering van de diversiteit aan systemen is in ieder geval voor tactische communicatietechnologie aan grenzen gebonden. Een mix van transmissiemiddelen is immers alleen al onontkoombaar vanuit 'harde' natuurkundewetten enerzijds en de combinatie van behoeften aan bandbreedte, robuustheid, dekking en bereik anderzijds. Bovendien lijkt de samenwerking en dus communicatie met diverse partijen (zie figuur) een keuze reductie af te dwingen. Het gaat hierbij niet alleen om de van oudsher relevante verbanden met andere militaire (NATO)-naties maar juist ook om de interactie met civiele partijen zoals (Non-) Governmental Organisations ((N)GO's) en civiele autoriteiten.

VERDERE UITGANGSPUNTEN

Zo ontstaat hoe dan ook een federatief netwerk, een *network-of-networks*. Netwerken worden onderling gekoppeld waarbij IP (Internet Protocol) en compatibele, op IP gestoelde protocollen gemeenschappelijke elementen zijn. In geval van tactische data-links en omdat het financieel niet doelmiddel zal zijn om *legacy* apparatuur direct af te schrijven, zal in voorkomend geval ook via gateways non-IP apparatuur moeten worden gekoppeld.

Voor de invulling van de NII-communicatiecomponent met technologieën en protocollen heeft TNO op diverse gebieden in internationaal verband in werkgroepen geparticipeerd om specifieke, relevante informatie boven tafel te krijgen. Zo ontstaat een reëel beeld van veelbelovende zaken, niet in



Diversiteit aan combinaties bij communicatie tussen partners in een expeditieair optreden



de radiofrequentie voor MANET aanzienlijk van de Wireless Local Area Network (WLAN) band voor ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) toepassingen, de band waarvoor MANETs in eerste instantie werden ontwikkeld. Het gebruik van militaire banden voor MANET houdt in dat met veel minder bandbreedte de MANET functies moeten worden gerealiseerd. Aan de andere kant wordt verondersteld dat door de kleinere beschikbare bandbreedte het aantal benodigde hops om boodschappen van zender naar ontvanger te krijgen veel kleiner is dan bij systemen die zijn gebaseerd op (onversterkte) WiFi (*Wireless Fidelity*) technologie. Desondanks is wel duidelijk geworden dat in het militaire domein een achterstand bestaat ten opzichte van de standaardisatie van MANET-ontwikkelingen binnen de IETF (*Internet Engineering Task Force*). Door de IETF worden technologieën opgepakt die tot voor kort nog binnen academische gremia of door grote industriële partijen bestudeerd werden.

CIVIELE PROTOCOLLEN

Voorbeelden van (veelal IETF-)protocollen die interessant zijn voor toepassing in militaire MANETs:

- **DLEP** (Dynamic Link Exchange Protocol). Via dit protocol kunnen actuele kenmerken van een radiokanaal worden uitgewisseld tussen een radio en een router zodat de router bij het bepalen van de route daarmee rekening kan houden (cross-layer benadering);
- **DTN** (Delay/Disruption Tolerant Networking) waarvan het concept aangevuld wordt om het in de praktijk toepasbaar te maken;
- **proactieve routeringsprotocollen**, met name OLSR (*Optimized Link State Routing*), die mogelijk terrein winnen ten opzichte van de reactieve. Een proactief routeringsprotocol is snel maar legt een claim op schaarse MANET resources. Een efficiëntie-overweging geldt ook voor *multipath routing* waarbij ten behoeve van een goede beschikbaarheid van eind-eind verbindingen, IP-pakketten gelijktijdig via meerdere routes naar één eindbestemming worden getransporteerd;
- **IP versie 6 (IPv6)** die het voordeel biedt van de toepassing van anonieme adressen en daardoor bij uitstrek kan worden toegepast voor koppeling van PCN (*Protected Core Network*) op Internet;
- Vooral in het kader van **tactische VoIP** (Voice-over-IP) is IP-multicast van groot belang waarbij nog gewerkt wordt aan de problematiek verbonden aan de geografische spreiding van nodes relatief groot is en daardoor de verschillen in afleveringskans- dan wel kwaliteit.

De IETF houdt zich nog niet actief bezig met voor de verdere toekomst interessante ideeën zoals WNC (*Wireless Network Coding*) en cognitieve systemen die de totale MANET transportcapaciteit zouden kunnen verhogen. In MANETs komt een diversiteit aan technologieën samen vanwege de veelheid aan uitdagingen. Nu bekende producten hebben dan ook vaak hun beperkte toepassingsgebied en intrinsieke zwakheden. Zo bestaan al onder meer de volgende producten:

- **Subnet Relay** van Rockwell-Collins, met name bedoeld voor een maritieme ontplooiing en dus voor een relatief gering aantal nodes, beperkte platformmobiliteit en lagere radiofrequenties;
- **FlexNet** van Rockwell-Collins en Thales. Dit systeem is nu alleen in een voertuigversie uitgevoerd. Pas ongeveer 2014/15 wordt een handheld-versie verwacht, specifiek voor de uitgestegen soldaat en
- **WaveRelay** van Persistent Systems. Dit systeem bestaat uit een man-portable unit en de zogenaamde *quad radio router*. De op IP-multicast gebaseerde Push-to-Talk (PTT) wordt ondersteund door CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Hierdoor is de maximale spraakvertraging niet gedefinieerd. De *quad radio router* van CISCO functioneert op basis van het *cross layer protocol radio-aware routing* (RAR). Hierbij is de kwaliteit en vertraging van radioverbindingen (uitgewisseld via DLEP (*Dynamic Link Exchange Protocol*)) meegenomen in de routebepaling.

VERBAND MET HET ONTPLOOIDE DOMEIN

Op het ontplooiende niveau is de multinationale TACOMS (*Tactical Communications*) werkgroep actief. Deze groep buigt zich over standaarden op gebieden zoals nummerplanning, Military QoS waaronder MLPP (*Multi Level Precedence and Preemption*) en Tactical IP die een gemeenschappelijke IP-adresseringsinterface definieert voor diverse sub-netwerken. Ook wordt in bepaalde HF NATO-standaarden verwezen naar deze standaard. Binnen TACOMS wordt expliciet gekeken naar het verband van hun ontwikkelingen met PCN (Protected Core Network). PCN richt zich op het realiseren van de integriteit en beschikbaarheid van het federatieve IP kernnetwerk via toegangscontrole (authenticatie en autorisatie), anti-stoormaatregele en vercijfering van verkeersstromen. De integriteit en betrouwbaarheid van de data wordt gelegd bij de terminals door de individuele datastromen te vercijferen, veelal door SCIP (*Secure Communications Interoperability Protocol*) van NATO. De intentie is TACOMS schaalbaar en modulair op te bouwen met technologie met een hoog maturity level.

SINGLE POINT OF FAILURE

Bij militaire missies is het niet altijd mogelijk of wenselijk een centraal element zoals een basisstation bij civiele mobiele systemen te ontplooiën omdat zo een Single-Point-of-Failure (SPOF) ontstaat en bovendien logistieke last en onhandelbaarheid. Ook is het niet zeker of met een dergelijk systeem in alle situaties adequate dekking wordt verkregen. Het is daarom een goede zaak dat naast cellulaire mobiele netwerken MANET-systemen ontplooid worden. MANETs kennen geen centraal element dus ook geen SPOF. Alle MANET nodes zijn gelijkwaardig en communiceren direct met elkaar, tenzij de afstand tussen twee nodes te groot wordt. In dat laatste geval wordt het bericht gerelayeerd via tussenliggende nodes. Ook binnen een gebouw kan zich een situatie voordoen waarbij door gebrek aan cellulaire dekking een MANET-ontplooiing met relayerende nodes uitkomst kan bieden. Er zijn bovendien bij voldoende geografische dichtheid van nodes meerdere routes beschikbaar voor eind-eind informatie-uitwisseling. Door deze redundantie wordt zo in principe een graad van robuustheid verkregen. MANETs kunnen daarnaast de cellulaire systemen ontlasten (data off-load). De schaalbaarheid van MANETs is beperkter dan die van mobiele cellulaire systemen.

COMMUNICATIE TUSSEN MILITAIRE EN CIVIELE PARTNERS

In de NII-visie en -roadmap [1] wordt het belang genoemd van communicatie met niet-militaire partners. Er is een beperkt aantal systeemcategorieën dat ingezet kan worden voor deze communicatie:

1. **TETRA als gemeenschappelijk radiosysteem**
Momenteel wordt in Nederland TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) in de vorm van C2000 al gebruikt in het kader van Intensivering Civiel-Militaire Samenwerking (ICMS) door militaire- en OOV (Openbare Orde en Veiligheid) eenheden. Ook gebruiken de Defensie Bewakings- en Beveiligingsorganisatie (DBBO) en het Explosieven Opruimingscommando C2000 voor communicatie met civiele diensten. Tenslotte is voor de luchtmacht het TETRA-systeem MOTEL AF (Mobile Telephony System Air Force) beschikbaar.

Gesloten mobiele systemen zoals TETRA zijn vooral van belang voor communicatie met civiele OOV-partijen die immers ook (normaliter) gebruik maken van dergelijke systemen. NGO's daarentegen gebruiken veeleer huidige *openbare* mobiele netwerken en op afzienbare termijn zeer waarschijnlijk



LTE (Long Term Evaluation). Het gebruik van openbare netwerken door NGO's ligt voor de hand omdat het hier gaat om *alle* organisaties die niet onder een overheid vallen, niet commercieel zijn (*non-profit*) en die een politiek of maatschappelijk doel nastreven. Voor communicatie met NGO's zal men dus moeten uitwijken naar publieke netwerken.

2. Gateway-methode voor de koppeling van diverse radiosystemen

Deze methode is voorgesteld binnen het Amerikaanse DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) programma *Mobile Ad-Hoc Interoperable Network Gateway* (MAINGATE) [3]. Het gaat daarbij om verkeer tussen Amerikaanse militairen en coalitiepartners, NGO's en First Responders.

Deze benadering bestaat uit een tweetal componenten:

- een *backbone ad-hoc* radioarchitectuur met hoge capaciteits MANET radio's (zie figuur; *Raytheon's Next Generation Mobile Ad hoc Networking Waveform* die ook is opgenomen in JTRS [3]) voor IP networking en
- een mobiele gateway naar diverse andere radiotechnologieën waaronder cellulaire netwerken en zelfs analoge radio. In ieder geval zou het hier gaan om de koppeling van meer dan 30 verschillende civiele en militaire radio's. De infrastructuur wordt ook gebruikt voor het koppelen van grondsonoren en onbemande grond- en luchtsystemen.



MAINGATE man-wearable radio met Next Generation Mobile Ad hoc Networking Waveform

Het systeem is in de VS succesvol getest met een groot aantal gebruikers, die zowel lage als hoge bandbreedte-eisen hadden (video met spraak en data). Mobiel ISR (*Intelligence, Surveillance & Reconnaissance*) en C2-verkeer kunnen worden uitgewisseld tussen verschillende hoofdkwartieren, voertuigen en uitgestegen eenheden. MAINGATE wordt niet alleen in voertuigen ondergebracht maar ook in HAP (*High Altitude Platform*) configuraties zoals ae-

rostats en tactische UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*).

Naast MAINGATE bestaat sinds august 2011 Lockheed Martin's Whetstone COTM (*Communications-on-the-Move*) network kit [4] die eveneens operationeel is getest en wel tijdens JUICE (Joint Users Interoperability Communications Exercise) 2011. Het gaat hier om een *network-in-a-box* die diverse radio interfaces in één entiteit herbergt. Dit biedt logistieke voordelen en maakt het mogelijk de radiomiddelen af te stemmen op de missie. De indruk bestaat echter dat dit een militair product is waarbij niet duidelijk wordt of en in hoeverre ook andere communicatiesystemen zoals civiele mobiele systemen worden ondersteund. Het Nederlandse gedachtegoed *I-Bridge* zou goed onder deze gateway-methode kunnen worden geplaatst. Al is het aantal interfaces en daarmee de diversiteit aan systemen niet zo groot, het principe komt wel overeen met de gateway-methode.

3. Invoering van een civiele/commerciële infrastructuur bij militaire eenheden

Anders dan bij de gateway-methode wordt bij deze oplossing a priori een concrete keuze gemaakt voor een bepaald systeem of protocol en zal dus naar verwachting vooral nationaal gedreven zijn (nationale behoeften, kosten, et cetera). Door de keuze voor een publieke standaard is interoperabiliteit met civiele ketenpartners eenvoudig oplosbaar (roaming afspraken, SIM-kaarten uitwisselen). Voor het realiseren van interconnectie met andere militaire en civiele partners zal onder meer gekeken moeten worden naar de gangbaarheid, c.q. *installed base* van dit systeem en de interoperabiliteitsmogelijkheden met andere netwerken van hetzelfde type.

De mate waarin het systeem is gestandaardiseerd speelt dus een grote rol. Voor gevallen waar geen interoperabiliteit mogelijk is

(bijvoorbeeld voor interwerking met *legacy* systemen) zijn dan vaak standaard gateway-oplossingen mogelijk. Alleen in het geval waarin voor een aanzienlijk aantal samenwerkende partijen geen interoperabiliteit mogelijk is, zal uitbreiding met specifieke gateways plaats moeten vinden met de nodige financiële consequenties. Dit gaat dan richting de eerder genoemde DARPA-oplossing.

MOGELIJKE VORMGEVING VAN DE NII COMMUNICATIE-COMPONENT

In toenemende mate blijken mobiele civiele systemen in de vorm van military-owned *cellular-in-a-box* units toegepast te worden in tactisch optreden naast Combat Net Radios (CNRs) en MANETs. Een dergelijke mix wordt geïllustreerd door de zgn. Force XXI Battle Command Brigade and Below Joint Capabilities Release, ofwel FBCB2/JCR [5] waarvan de architectuur bestaat uit de segmenten satellietssystemen, MANET (meer dan 100 voertuig mobiele networking radio's voor spraak en data), een luchtgebonden, ondersteunende laag van UAV-mounted radio's en tenslotte een cellulair segment in de vorm van een commercieel 3G-netwerk in combinatie met op Android gebaseerde smartphones.

Gezien de initiatieven en diverse 'ruggedized' cellular-in-a-box producten [4-7] is het kosteneffectief uitbrengen van militaire tactische verbindingen wellicht nog een grotere driver voor de ontplooiing van cellular-in-a-box dan de communicatiebehoefte met niet-militaire gebruikers. Bovendien kan dan in overlappende dekkingengebieden tegelijk sprake zijn van wederzijdse backups voor CNR- en MANET-verbindingen. Juist voor Nederland is de combinatie van ontwikkelingen rond cellular-in-a-box en UAV's interessant. Hoewel voor UAV's en HAP's in het



Discussie tussen C2SC en TNO rond LTE in een militair expeditionair netwerk

algemeen altijd een zekere overhead benodigd is, wordt connectiviteit van hoge kwaliteit geboden op plekken waar deze vereist is maar met huidige middelen moeizaam en niet kosteneffectief tot stand kan worden gebracht. Dit betreft bijvoorbeeld urbane gebieden, jungles en bergachtig terrein. Recente NATO-uitzendingen en de oefeningen *Purple Nectar 2012* en *Peregrine Sword* getuigen van bevredigende resultaten door toepassing van HAPs met communication relays. Bovendien is door cellular-in-a-box een goede combinatie te bereiken van (voertuig)mobilititeit en beschikbare bandbreedte, c.q. kwaliteit en throughput.

ENABLERS

Vanwege de behoefte van commerciële telecom providers aan civiele ontplooiing van cellular-in-a-box systemen in rurale gebieden zoals in Aziatische landen, komen systemen op de markt die een relatief beperkt aantal gebruikers ondersteunen en navenant kleiner en lichter zijn. Anderzijds worden, gestimuleerd door de behoefte aan diverse remote toepassingen en HAP communication relay, tactische of tactisch inzetbare UAV-systemen verder verbeterd in termen van autonomie, endurance en payload volume en –gewicht. Hierbij zullen tactische UAVs ongetwijfeld profiteren van de ontwikkelingen op het gebied van VTOL (Vertical Take-off and Landing) micro-UAVs, de zeer wendbare quadrotors. Functioneel versterken beide ontwikkelingen elkaar dus wat in de nabije toekomst waarschijnlijk leidt tot ‘haalbare en betaalbare’ accommodatie van cellular-in-a-box nodes aan boord van *dedicated* tactische communication relay UAVs. De plaats van deze systeemcombinatie in de NII is, naast die van een aantal andere besproken technologieën, in figuur weergegeven (de vertolking van het HAP als platform voor een

cellular-in-a-box node biedt voordelen maar hoeft daarbij uiteraard niet een meer statische uitvoering uit te sluiten).

Vanzelfsprekend dienen maatregelen genomen te worden die de kwetsbaarheid van UAVs voor fysieke aanvallen verkleint. Te denken valt aan het continue uitvoeren van minder voorspelbare trajecten en toepassen van redundantie.

Voor cellular-in-a-box lijkt LTE de beste papieren te hebben vanwege zijn all-IP gerichtheid, de voorbereiding op IPv6, standaardisatie door de 3GPP (3G Partnership Project) en toekomstvastheid. LTE is met name in de OOV-wereld in opkomst. In eerste instantie werd LTE gezien als middel voor de transmissie van breedbandige niet-kritische data. Steeds meer echter wordt LTE beschouwd als een veelzijdiger toepasbaar middel door toedoen van ontwikkelingen naar volwaardige, tijdige VoLTE (Voice-over-LTE). Specifiek kan het initiatief ODINI (On-Demand Intelligent Network Interface) genoemd worden in verband met de doorontwikkeling van LTE voor zogenaamde missie-kritische diensten [8-9]. Hier is ook enige aansluiting bij PROMISE (Project Multi-touch Information Systems Experiment) gezien het gebruik van smartphones en tablets in dit project. LTE zal zoals elke cellular-in-a-box systeem aangevuld moeten worden door MANETs en CNR-netten die voor de lokale en in beginsel meer gesloten communicatie zorgdragen. Daarbij zou LTE in voorkomende ‘grens’ gevallen niet alleen connectiviteitscontinuïteit bieden maar met MANETs en CNR-netten in wederzijdse back-up kunnen voorzien. Een belangrijk nadeel van cellulair systemen is het SPOF. LTE biedt de mogelijkheid om via LTE-direct meerdere basistations over-the-air te koppelen. Daarmee kan niet alleen een grotere gebiedsdekking worden bereikt maar ook redundantie worden gerealiseerd.

Steeds vaker worden radiosystemen gebaseerd op SCA (Software Control Architecture) empowered SDR (Software Defined Radio) platformen. Met name wordt SCA-based SDR gezien als dé enabler voor de NBWF, ondanks de ongelukkige technische definitie van de SCA. De totale kosten van SCA-based SDR (grondgolf-software plus radioplatform) zal voorlopig nog hoog zijn in vergelijking tot die van conventionele radio's. Door golfvorm-flexibiliteit bieden SDRs echter mogelijkheden voor met name joint en combined interoperabiliteit. In de eerstkomende tijd zou hiertoe SDR selectief aangeschaft en ingezet kunnen worden. Opgemerkt moet worden dat de ten opzichte van SCA-based SDRs aanmerkelijk kosteneffectievere GNU-based SDRs steeds meer toegepast worden. Daarbij moeten wel concessies gedaan worden aan de mate van ont koppeling van golfvorm-software en de hardware waardoor golfvormen minder goed portabel worden. Anderzijds wordt geen fundamentele technische complicatie voorzien zoals die in de SCA manifest is geworden.

RESUMEREND

Oriëntatie op het buitenland illustreert dat een vormgeving van de draadloze communicatiecomponent van NII bereikt kan worden op grond van een evenwichtige operationele- en kosteneffectiviteit. Het resultaat is een algemene, beperkte en onderbouwde heterogeniteit aan ontplooiende middelen (zie voorgaande figuur). Hierbij is sprake van een mengeling van militaire en civiele technologie vanuit het credo *toepassing civiele technologie waar mogelijk en militair waar noodzakelijk*.



Mogelijke systeem-invulling van de NII communicatiecomponent (joint en combined verbindingen niet expliciet aangegeven)

REFERENTIES

- [1] Kol. Ir. J. van de Pol (BS/AL/HDIO): NII visie en -roadmap, versie 0.2, 11 januari 2012
- [2] Maj. M.J. van Dijk (BS/AL/CDS/DOBBP): Beleidsvisie transmissiecapaciteit voor draadloze transmissiesystemen, versie 0.6, 3 juni 2011
- [3] www.army-technology.com/news/newsraytheons-maingate-system-joins-joint-tactical-radio-system-library
- [4] <http://www.lockheedmartin.com/us/news/press-releases/2011/august/LockheedMartinIntroducesN.html>
- [5] ASDNews, 23 juni 2011
- [6] www.tecore.com/solutions/nib.cfm
- [7] www.gd-broadband.com/solutions
- [8] <http://www.odini.org>
- [9] <http://www.tetra-applications.com/news.html?objID=20118>