

# TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN ROND EOV

De heer Ric Schleijsen, TNO

In 1965 voorspelde Gordon Moore dat elke 24 maanden het aantal transistors per chip zou verdubbelen. De afgelopen decennia hebben het gelijk van deze medeoprichter van chipfabrikant INTEL aangetoond. Het ziet er naar uit dat de 'wet van Moore' nog een tijd zal standhouden en dat de ontwikkelingen in de elektronica de komende jaren zullen doorgaan.

Deze ontwikkelingen in de elektronica hebben grote veranderingen teweeg gebracht in de toepassingen van elektronica in computers en communicatie middelen, niet alleen voor militaire toepassingen maar juist ook in de civiele wereld. Het vakgebied van de Elektronische Oorlogvoering (EOV) kan niet om deze ontwikkelingen in elektronica en communicatietechnologie heen en dit leidt tot de vraag: "Welke nieuwe technische mogelijkheden zijn er beschikbaar om EM-spectrum operaties uit te voeren en hoe kunnen die bijdragen aan de effectieve uitvoering van operationele missies".

Dit artikel zal een aantal technische ontwikkelingen belichten en aan de hand daarvan schetsen welke nieuwe mogelijkheden de techniek in het optreden kan bieden. Aan de andere kant gaat het artikel ook in op de veranderende omgeving van het optreden en de technische consequenties die dit zal hebben.

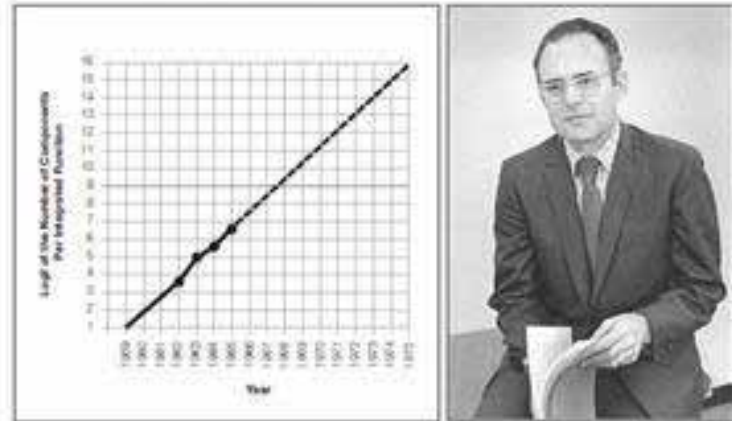
Dit artikel is mede gebaseerd op de uitkomst van discussies in een werkgroep van medewerkers van defensie en TNO in het kader van roadmapping voor EOV.

Het artikel zal de technische ontwikkelingen beschrijven volgens de verdeling naar de EOV-onderdelen Electronic Surveillance (ES), Electronic Attack (EA) en Electronic Protection (EP): Respectievelijk de hoofdstukken Sensoren, Effectoren en Bescherming. Daarna komt de omgeving van het optreden aan de orde.

Het artikel is geschreven vanuit het perspectief van de techniek voor het optreden in het elektro-magnetisch spectrum. Daarbij kan het voorkomen dat de technische middelen niet alleen voor het EOV-domein, maar ook voor het inlichtingen- en het cyber-domein interessant zijn. Vanuit de techniek gezien zijn die grenzen niet scherp te trekken.

Tot slot van de inleiding moet opgemerkt worden dat de auteur weliswaar werkzaam is bij TNO en dat een enkele ontwikkeling geïllustreerd wordt met onderzoek van TNO,

## Moore's Law – It's All About Economics



"Reduced cost is one of the big attractions of integrated electronics, and the cost advantage continues to increase as the technology evolves toward the production of larger and larger circuit functions on a single semiconductor substrate."  
Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965

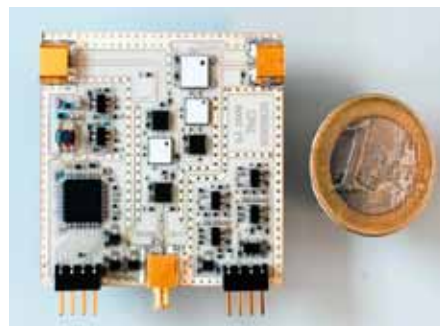
wet van Moore

maar dat TNO slechts één van de vele spelers in dit gebied is en dat dit artikel het doel heeft de technische ontwikkelingen in breder verband te beschrijven.

## SENSOREN

### Digitale elektronica

Zoals in de inleiding al beschreven, hebben ontwikkelingen in de elektronica in de afgelopen decennia geleid tot steeds krachtiger systemen met steeds minder volume en gewicht. Vermindering in energieverbruik is een ontwikkeling die hier in volgt. De vermindering van *Size, Weight and Power* (SWaP) leidt tot kleinere elektronische systemen met consequenties voor de inzet.



RF emitter

Kleinere systemen kunnen makkelijker in verschillende platforms ingebouwd worden. De inzet van de EOV-systemen wordt daardoor minder afhankelijk van de koppeling aan specifieke platforms.

Kleinere en lichtere systemen leiden ook tot systemen voor de uitgestegen soldaat en systemen voor kleine vliegende onbemande platforms. Dit opent de weg naar toepassingen van EOV-middelen die eerder niet mogelijk waren.

Waar gesproken wordt over miniaturisatie van elektronica moet bedacht worden dat de benodigde antennes niet altijd mee krimpen als de elektronica units kleiner worden. De optimale afmeting van een antenne is immers gekoppeld aan de golflengte van interesse.



Platformonafhankelijk?

## Processing capaciteit en algoritmes

De ontwikkelingen in de digitale elektronica maken het mogelijk signalen beter te registreren en te analyseren. Enerzijds kunnen er meer details van het signaal geregistreerd worden door een hogere sampling rate en een hoger dynamisch bereik, anderzijds kunnen deze details door de toegenomen processingcapaciteit ook beter geanalyseerd worden.

Gedeeltelijke automatische signaal analyse leidt tot verbeterde operatorondersteuning, waarbij de operator meer tijd krijgt om zich op de 'moeilijke' analysedelen te richten. Daarnaast kan automatische analyse leiden tot verminderde operator-afhankelijkheid. Deze analysetechnieken richten zich in eerste instantie vooral op externe signaalkenmerken, zoals modulatievorm en carrierfrequentie, maar kunnen zich ook richten op karakteristieke bedoelde of onbedoelde afwijkingen in de uitgezonden signalen.



EOV operator

Spraaktechnologie is als analysemiddel sterk in ontwikkeling. Spraaktechnologie maakt gebruik van de grotere processing capaciteit. Wordspotting, sprekerherkenning en automatische vertaling zijn technieken die grote vooruitgang geboekt hebben. Daarbij moet echter wel bedacht worden dat de meeste spraaktechnologie in eerste instantie geïmplementeerd zijn voor westerse talen, omdat die commercieel interessant zijn. Toepassingen voor talen die relevant zijn in de inzetgebieden zijn vaak nog minder geavanceerd of bestaan helemaal nog niet.

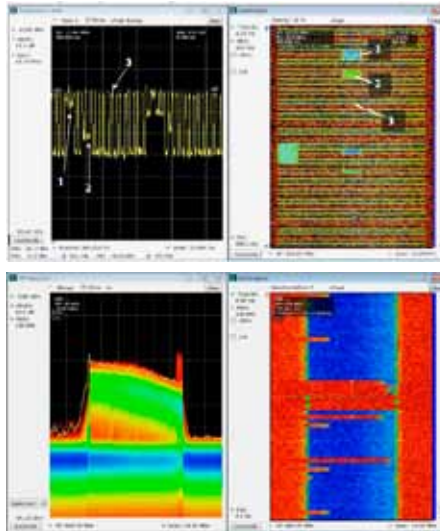
Uiteindelijk leiden verbeteringen in signaal-processing tot een groter onderscheidend vermogen in de signaalverwerking, hetgeen tot uiting komt in verbeterde informatie die vanuit EOV-sensoren wordt toegeleverd aan de beeldopbouw.

Verbeteringen in signaalprocessing leiden in technische zin tot:

- Meer selectiviteit in signaal analyse (een deel van de analyse kan ook dicht bij de ontvanger plaatsvinden, niet alle ruwe signalen hoeven naar een centraal analysepunt

doorgestuurd te worden).

- Autonome processing van de binnengekomen signalen, met minimale operator interventie.
- Betere classificatie, identificatie van signalen, bijvoorbeeld met SEI (Specific Emitter Identification).
- Betere bepaling van de ontvangstrichting van de signalen, leidend tot nauwkeuriger plaatsbepaling.
- Detectie van zwakke signalen door verbeterde processing, bijvoorbeeld de detectie van LPI (Low Probability of Intercept) uitzendingen.



Voorbeelden signaalanalyse LTE signalen

Een bijeffect van de digitale signaalverwerking is de mogelijkheid tot opslag in databases, omdat de signalen digitaal beschikbaar zijn. Bovendien komen er meer signaal identificatie parameters beschikbaar, doordat meer details in de signalen geregistreerd worden. Formats, standaarden en procedures voor opslag en uitwisseling moeten hier op aangepast zijn.

## Herconfigureerbaarheid en herprogrammeerbaarheid

Digitalisatie en signaal-processing in software maken herconfigureerbaarheid en herprogrammeerbaarheid van systemen mogelijk. Met herconfigureerbaarheid wordt bedoeld dat een systeem, afhankelijk van de inzet, aangepast kan worden door andere modules te koppelen, zowel in hardware als in software. Herprogrammeerbaar betekent dat de functionaliteit via softwareaanpassingen veranderd kan worden.

Herconfigureerbaarheid en herprogrammeerbaarheid van systemen kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden door technologie als SDR (Software Defined Radio). Ook dragen herconfigureerbaarheid en herprogrammeerbaarheid bij aan de platform-onafhankelijkheid van de sensoren.

De mogelijkheid tot herconfiguratie vergroot de flexibiliteit in inzetmogelijkheden

van EOV-middelen, door snelle aanpassing aan veranderingen in het eigen optreden of veranderingen bij het optreden van de tegenstander.

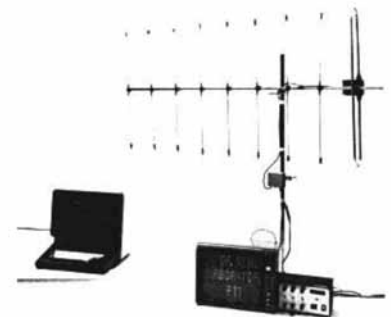
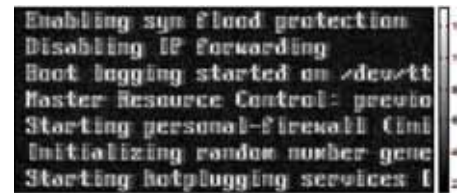
Flexibiliteit moet echter niet leiden tot grotere complexiteit in de bediening van de EOV-systemen. Daarom is het gewenst dat er een gemeenschappelijke user-interface voor de systemen komt, zodat de operator min of meer onafhankelijk van het systeem steeds uit kan gaan van dezelfde bedieningsprincipes. Tegelijkertijd moet de user-interface wel steeds geschikt zijn voor de nieuwe systeemconfiguratie.

Daarnaast rijst de vraag wie het herconfigureren en herprogrammeren en de aansluiting op de user-interface kan en mag doen: herprogrammeerbare en herconfigureerbare EOV-systemen vragen om goed-opgeleide technische specialisten. Deze specialisten zijn nodig bij het voorbereiden van de systemen voor missies en training. Bij deze voorbereiding horen een ontwikkelomgeving en testmogelijkheden om de systemen optimaal geschikt te maken voor de specifieke inzet.

## Interceptie van onbedoelde uitzendingen

Verbeterde sensoren en signaalverwerking bieden ook nieuwe mogelijkheden in het onderscheppen en analyseren van onbedoelde uitzendingen in het EM-spectrum. Sinds de eerste publicatie in de open literatuur in 1984 is Tempest een klassiek voorbeeld hiervan. In dit voorbeeld wordt onbedoelde uitstraling van de aansturing van een pc-monitor opgevangen en wordt de informatie van het beeldscherm gereconstrueerd. In de 80-er jaren gebeurde dit interceptie proces met analoge elektronica. Het gebruik van digitale elektronica vereenvoudigt dit. Ook bij de huidige LCD monitors speelt Tempest nog een rol.

Naast dit specifieke voorbeeld zijn er nog vele andere voorbeelden van onbedoelde uitzendingen waar militair relevante informatie uit te halen is.



Voorbeeld Tempest opstelling



## Netwerken

Eenheden en systemen worden meer en meer via netwerken met elkaar verbonden. Ook EOVI-informatie zal via deze netwerken uitgewisseld worden. Het combineren van EOVI-informatie van verschillende platforms voor plaatsbepaling van de emitter is niet nieuw, zoals kruispeiling van emitters. Voor tijdkritische doelen moeten de platforms echter direct met elkaar in contact staan, zodat informatie binnen een zeer kort tijdsbestek opgevraagd kan worden van andere platforms.

Binnen NATO is het CESMO (*Co-operative ESM operations*) concept in ontwikkeling om dit proces van snelle en automatische uitwisseling van EOVI-data te versnellen. In eerste instantie vindt dit zijn toepassing in het luchtop treden, maar de CESMO-technieken zijn recent ook getest in het landoptreden in de *Unified Vision 2012 trial*.



NL deelname *Unified Vision 2012 trial*

Naast versnelling en automatisering van de huidige ESM-technieken bieden gekoppelde sensoren ook mogelijkheden voor nieuwe EOVI-technieken zoals: continue passieve tracking en zeer nauwkeurige plaatsbepaling van emitters via TDOA (*Time Difference Of Arrival*) technieken.

Een grote uitdaging hierbij zal liggen in de koppeling van EOVI-gegevens afkomstig van



UAV

ongelijksoortige platforms van verschillende krijgsmacht delen. Dit is technisch wel haalbaar maar zal investeringen in technische middelen vergen. Daarbij moet de afweging gemaakt worden welke EOVI informatie via een algemeen netwerk gedeeld kan worden en welke EOVI-informatie een eigen communicatie middel vergt. Daarnaast moet dit ook organisatorisch haalbaar gemaakt worden. Nationale en internationale afspraken over data en berichten formats voor EOVI en data bases zijn een deelaspect hiervan.

Een ander aspect van de toepassing is de mogelijkheid van Reach back facilities (*out of area support en analyse*). Signalen hoeven niet altijd ter plekke verwerkt te worden maar kunnen ook naar een centrale faciliteit ter verwerking gestuurd worden. Punt van aandacht is hierbij de benodigde data-communicatiecapaciteit. Dit aspect raakt ook aan de integratie van EOVI-output in geautomatiseerde inlichtingensystemen en EOVI-data bases.

## Sensorplatforms

Het gebruik van vliegende platforms biedt de mogelijkheid signalen te onderscheppen vanuit een makkelijk te verplaatsen platform. Voordelen van airborne sensoren zijn onder andere de vermindering van line-of-sight beperkingen en de vergrootte mobiliteit. Ook het feit dat een vliegende sensor in tegenstelling tot een grondgebonden sensor geen extra bewaking vraagt, maakt een airborne sensor een aantrekkelijke aanvulling op grondgebonden systemen.

Signaal interceptie-sensoren aan boord van MALE UAVs zijn in de nabije toekomst ook voor Nederland haalbaar. Deze platforms kunnen uit een groot gebied signalen onderscheppen. De keerzijde hiervan is dat uit dit

grote aanbod van signalen ook een selectie aan boord gemaakt moet kunnen worden. Signaal interceptie vanuit de ruimte biedt ook interessante mogelijkheden. De kosten van satellieten zijn echter hoog en waarschijnlijk alleen in samenwerkingsverband is het mogelijk dit binnen bereik van Nederland te brengen.

## EFFECTOREN

De technologische ontwikkelingen op het gebied van EOVI-effectoren volgen de ontwikkeling in de dreigingen en proberen op de verwachte ontwikkelingen in toekomstige dreigingen te anticiperen. Algemeen gesteld gaan de ontwikkelingen op het gebied van effectoren in de richting van meer selectiviteit in jamming, tijd, locatie en frequentie. Daarnaast is er een trend van pro-actief of brute force storen naar smart-jamming waarbij meer specifiek tegen één bepaalde dreiging geopereerd wordt.

Gedreven door de dreiging van *Improvised Explosive Devices* (IEDs) zijn er de afgelopen jaren nationaal en internationaal grote inspanningen geleverd om voertuigen en uitgestegen eenheden te beschermen met RF-jammers. Een volgende stap hierin is de ontwikkeling naar *Multi Function EW*-systemen in voertuigen. Naast smart jamming moeten deze systemen een bredere *Electronic Surveillance* functie vervullen.

Ook op het gebied van effectoren wordt het door miniaturisatie van systemen mogelijk kleine stoorsystemen op andere platforms dan in het verleden toe te passen. Concepten waarbij jammers met behulp van onbemande platforms op kleine afstand van de ontvanger gebracht worden komen daarmee binnen bereik. In een dergelijk concept kan met minder vermogen effectiever gestoord

worden in een kleiner gebied.

Omdat de systemen (ook in counter-countermeasures) waartegen de effectoren ingezet moeten worden steeds complexer en geavanceerder worden, vraagt optimale inzet van effectoren meer dan in het verleden om gedetailleerde kennis over de systemen van de tegenstander. De voor EOV-inzet noodzakelijke gegevens over dergelijke systemen zullen niet altijd rechtstreeks beschikbaar zijn. De beperkt beschikbare gegevens moeten goed geïnterpreteerd kunnen worden en aangevuld kunnen worden met onderbouwde inschattingen op basis van kennis van technische mogelijkheden.

Naast de toepassing van jamming voor zelfbescherming van personeel en platforms, liggen er aan de offensieve kant vele mogelijkheden. In het landoptreden is deze kant van jamming wat op de achtergrond geraakt. Het militair optreden wordt echter meer nog dan in het verleden afhankelijk van communicatie. Dit geldt niet alleen voor spraak maar juist ook voor data-uitwisseling. Als selectieve verstoring van deze communicatie in de planning van operaties wordt opgenomen, kan dit een krachtig middel zijn om operaties te ondersteunen.

## BESCHERMING

*Electronic Protection* (EP) kijkt als derde tak binnen EOV naar de bescherming van eigen eenheden tegen de inzet van EOV-middelen door de tegenstander. Naast bescherming

tegen verstoring van de werking van eigen sensoren en netwerken, is het ook van belang de risico's van ongemerkte interceptie van eigen communicatie- en radarsignalen te kunnen schatten. De bewustwording over deze risico's moet vergroot worden.

Voor de ondersteuning van de bescherming van eigen sensoren en netwerken is een brede kennisbasis nodig over offensieve technische EOV-middelen, ook in het geval Nederland niet de ambitie heeft deze mogelijkheden zelf allemaal te kunnen toepassen.

Omdat EOV in de EPM-rol de bescherming van eigen netwerken ondersteunt is er een relatie met cyber-warfare. Een deel van de cyber-space gaat via draadloze communicatienetwerken, die bloot kunnen staan aan EOV-aanvallen. Ook bij een offensieve toepassing van cyber-warfare kunnen EOV-middelen een rol spelen. Daarom is een goede afstemming tussen cyber en EOV op dit grensvlak nodig.

De afhankelijkheid van GPS vormt ook een kwetsbare plek in het militaire optreden. GPS-signalen worden niet alleen gebruikt voor plaatsbepaling maar ook voor tijdsynchronisatie. Omdat de GPS signalen relatief zwak zijn is verstoring al met weinig vermogen mogelijk. Tegen civiele GPS ontvangers is de volgende stap van spoofing of misleiding met gesimuleerde satelliet signalen al te bereiken met slim gebruik van eenvoudige middelen.

## TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN IN DE CONTEXT VAN HET OPTREDEN

### Drukker en intensiever em-spectrum gebruik/ em-spectrum fratricide

Het civiel gebruik van RF emitters zoals draadloze telefonie, wifi, satellietcommunicatie, navigatieradar voor pleziervaart is explosief gegroeid en zal nog verder toenemen. Samen met het militaire gebruik van het EM-spectrum heeft dit geleid tot een huidige drukte in het spectrum.

Dit *congested and contested* spectrum leidt tot een steeds verder groeiende werklust voor EOV-operators. Om de operators te ondersteunen ontstaat de behoefte aan meer geautomatiseerde verwerking van signalen en de daar op volgende analyse.

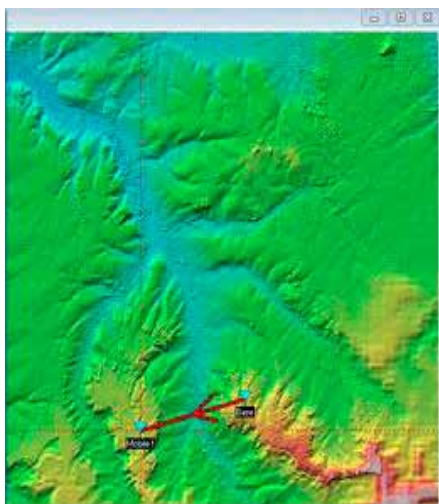
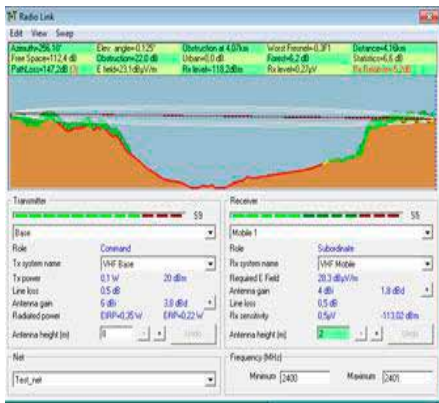
Een ander gevolg van het drukker gebruik van het spectrum is *fratricide* in het em-spectrum. Voorbeelden hiervan zijn: verstoring van eigen communicatie door IED-jammers. Internationaal wordt een behoefte onderkend aan ondersteuningsmodellen voor em-spectrum management om tot betere onderlinge afstemming te komen in het gebruik van het em-spectrum. Vanwege veelvuldig optreden in coalitieverband is het voor Nederland voor de hand liggend om bij mogelijke internationale ontwikkelingen aan te sluiten.

Op beperktere schaal zijn er nationaal modellen beschikbaar en getest om de geografische dekking van eigen systemen te berekenen.



GPS Spoofing demonstratie opstelling





Voorbeeld tool voor berekenen dekkingsgraad eigen interceptie systemen

Integratie van radiocommunicatie en jammingapparatuur of van radar en ESM-apparatuur op systeemniveau, biedt de mogelijkheid om de verschillende zend- en ontvangfuncties beter te synchroniseren, waardoor een deel van het *em-fratricide* opgelost wordt.

Op langere termijn kan meer precisie in jamming in frequentie, richting en tijd een bijdrage aan de oplossing van *em-fratricide* gaan leveren.

### Veranderende inzetgebieden (fysische omgeving)

Afhankelijk van de fysieke omgevingsomstandigheden zoals bepaald door bebouwing, begroeiing, terreinreliëf en weersomstandigheden zullen de propagatie-omstandigheden veranderen. Een tegenstander zal gebruik maken van middelen die voor de specifieke omgeving het best bruikbaar zijn. Dat betekent dat er afhankelijk van het inzetgebied het gebruik en invulling van het em-spectrum zullen verschillen.

De verandering van inzetgebied vraagt daarom om flexibiliteit in EOVI-inzetmogelijkheden, afhankelijk van toegepaste frequenties en em-propagatieomstandigheden.

### Veranderende inzetgebieden (bevolkingsomgeving)

Met de wisselende inzetgebieden, wisselen de relevante talen en is het niet meer mogelijk om de EOVI-operators voldoende te trainen in elke taal die in operatiegebieden voorkomt. Het gebruik van tolken biedt vaak uitkomst. Spraaktechnologie kan een aanvulling hierop vormen met technieken als spraakherkenning, sprekerherkenning, wordspotting en mogelijk automatische vertaling. Voorwaarde daarbij is dat dit tijdig voor de relevante talen beschikbaar gemaakt kan worden.

### Operatiegebied 'zonder frontlijn'

In het huidige militaire optreden is een duidelijke frontlijn vaak niet meer aan te geven. In een gebied dat grotendeels in eigen handen is kunnen verspreide deelgebieden zijn waar zich vijandelijke eenheden ophouden. In deze situatie kunnen de EOVI-middelen zich nog meer in de buurt van de vijandige eenheden en hun emitters bevinden. Voorbeelden van consequenties zijn:

- |Platform onafhankelijke EOVI systemen zijn nodig die ingezet kunnen worden aan boord van beschikbare platforms. Zo mogelijk moeten deze platforms niet direct herkenbaar zijn als platform met een EOVI-functie.

- |Omdat de EOVI-systemen op kleine afstand van de emitters kunnen optreden, kan bijvoorbeeld de nauwkeurigheid van peilingen veel minder zijn terwijl de plaatsbepaling net zo goed blijft. Dat maakt weer kleinere antenneconfiguraties mogelijk zodat de EOVI-systemen ook inderdaad compact gebouwd kunnen worden.

### Snelle ontwikkelingen in technologie



Veranderende inzetgebieden

De ontwikkelingen in hoogwaardige technologie en vooral het feit dat deze technologie vervolgens commercieel beschikbaar is maakt het voor tegenstanders mogelijk snel nieuwe technieken in te zetten en zich snel aan te passen aan een tegenstander op hoog technologisch niveau. Dit vindt ook (of juist) plaats in het asymmetrische optreden. Weliswaar beschikken niet alle eenheden van de tegenstander over de hoogwaardige technologie, maar een kleine groep kan met een beperkte set van hoogwaardige middelen ernstige hinder opleveren voor militaire operaties.

### Nieuwe frequentiebanden

Het gebruik van een groter deel van het em-spectrum (zoals bijvoorbeeld de hogere frequenties voor wifi-netwerken) vraagt om ontvangers, maar ook stroommiddelen die dit gebied in het em-spectrum kunnen afdekken. Overigens heeft elk frequentiegebied zijn eigen toepassing en typische gebruiksafstand. Dat betekent dat in de praktijk niet het hele frequentiegebied met één enkel systeem afgedekt hoeft te zijn.

### CONCLUSIE

In dit artikel zijn technische ontwikkelingen rond EOVI aan de orde gekomen. Deze ontwikkelingen vormen een deel van de randvoorwaarden bij de bepaling van de keuzes voor de toekomst van EOVI in het landoptreden. Enerzijds bieden de technische ontwikkelingen mogelijkheden waar een keuze gemaakt uit gemaakt kan worden, afhankelijk van de ambitie. Anderzijds zijn er ontwikkelingen in de omgeving van het operationeel optreden die keuzes afdwingen als de Nederlandse krijgsmacht in die omgeving zal moeten optreden.