

TNO 2024 R11091 – juni 2024

Monitor Draadloze Technologie Voorjaar 2024



Auteurs	Dr. R. Djapic, Dr. L. Jorguseski, Ir. R. Overduin, Dr. Ir. M.J.M. van Sambeek
Rubricering verslag	TNO Public
Titel	TNO Public
Verslagtekst	TNO Public
Aantal pagina's	32
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Monitor Draadloze Technologie 2024
Projectnummer	060.58993

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding.....	4
1.1 De Monitor Draadloze Technologie.....	4
1.2 Het ‘draadloos speelveld’.....	4
2 5G Sidelink.....	6
2.1 Inleiding.....	6
2.2 Gebruiksscenario's voor 5G Sidelink	6
2.3 Toepassingen van 5G Sidelink.....	8
2.4 Frequentiebanden.....	8
2.5 3GPP-standaardisatieactiviteiten.....	9
2.6 Huidige en toekomstige ontwikkelingen.....	10
3 Energiebesparing door Discontinuous Reception.....	11
3.1 Inleiding.....	11
3.2 Principe van DRX.....	11
3.3 Ontwikkelingen in recente 3GPP-releases.....	13
3.4 Concluderend	14
4 De afschakeling van 2G en 3G.....	15
4.1 Introductie	15
4.2 Status en plannen rond afschakeling in Nederland.....	15
4.3 Waarom worden 2G- en 3G-netwerken afgeschakeld?	16
4.4 Wat zijn mogelijke gevolgen van de afschakeling?	16
4.4.1 Internet of Things of Machine-to-Machine.....	17
4.4.2 eCall	18
4.4.3 Telefonie, 112-alarmoproepen en roaming.....	20
4.5 Wat gebeurt er in andere landen?.....	20
5 Man-Made Noise	22
5.1 Inleiding.....	22
5.2 Typering MMN-bronnen en articulatie van het probleem.....	22
5.3 Ontwikkeling van MMN in relatie tot normstelling.....	23
5.4 Modellering van MMN	25
5.5 MMN en de huidige regelgeving.....	26
5.6 Conclusies en vervolg.....	26
6 Nabeschuiving van de World Radio Conference 2023	28
6.1 Inleiding.....	28
6.2 Meta-doelstellingen WRC-23	28
6.3 Belangrijke uitkomsten van de WRC-23.....	29
6.4 Algehele reflectie op de belangrijke uitkomsten van de WRC-23	31
6.5 Globale vooruitblik op WRC-27 en WRC-31	32

1 Inleiding

Om overzicht te bieden in het speelveld van de diverse draadloze technologieën, stelt TNO sinds een aantal jaren een Monitor Draadloze Technologie samen. Hierin worden ontwikkelingen in de technologie en de markt gevolgd.

In dit inleidende hoofdstuk worden de scope en de opzet van de Monitor Draadloze Technologie toegelicht.

1.1 De Monitor Draadloze Technologie

Met de Monitor Draadloze Technologie (kortweg ‘de Monitor’) wil TNO een degelijk, actueel en toegankelijk overzicht bieden van de stand van zaken ten aanzien van de ontwikkeling en inzet van draadloze technologie. De Monitor Draadloze Technologie tracht diverse doelgroepen te bedienen bij overheid en bedrijfsleven in Nederland. Dit impliceert dat de Monitor erop gericht is om informatief te zijn voor lezers met een algemene achtergrond in telecommunicatie. Daarbij moet worden aangetekend dat sommige technische onderwerpen specifiek kunnen zijn. Deze onderwerpen vragen naast een algemene beschrijving meestal om meer technische toelichting waardoor ook de meer technisch onderlegde en -geïnteresseerde lezersgroep tegemoet wordt gekomen. In principe worden wereldwijde ontwikkelingen gevolgd, vanuit een nationaal perspectief.

Evenals vorige jaren is gekozen voor de schriftelijke rapportagevorm om de informatie te ontsluiten. Deze bestaat uit twee (halfjaarlijkse) edities, zodat beter kan worden aangesloten op recente trends en ontwikkelingen:

- Een overzicht van ontwikkelingen vanuit voornamelijk technologisch perspectief. Per technologie wordt kort de stand van zaken beschreven. Dit wordt gedaan in de voorjaarseditie, de editie die u nu leest;
- Een editie die met name gaat over een aantal thema's, trends en toepassingen van draadloze communicatietechnologie. Dit is de zogenaamde najaarseditie.

TNO hecht eraan te benadrukken dat de Monitor slechts een momentopname is van een complex en snel veranderend speelveld. Het is daarom mogelijk dat opgenomen informatie op het moment van lezen niet meer up-to-date is, of niet langer relevant. Daarnaast valt niet te ontkomen aan enige willekeur in de keuze van geschetste ontwikkelingen. Het kan dus zijn dat ontwikkelingen die in de ogen van een specifieke lezer zeer relevant zijn, niet worden beschreven. TNO staat open voor suggesties of aanbevelingen voor verdere verbeteringen.

1.2 Het ‘draadloos speelveld’

Met oog op de zesde generatie mobiele communicatie, 6G, werd in de Monitor voorjaarseditie van 2023 vooruitgekeken naar wat enkele specifieke radiofrequente concepten hiervoor kunnen betekenen.

De voorjaarseditie van 2024 kijkt minder ver vooruit en richt zich vooral op concepten die al in 5G zijn opgenomen of zijn te verwachten. Het gaat dan om 5G Sidelink en Discontinuous Reception (DRX) die worden behandeld in respectievelijk Hoofdstuk 2 en Hoofdstuk 3. Eveneens een onderwerp dat op de kortere termijn speelt, is de afschakeling van 2G en 3G.

Dit zal echter nog gepaard gaan met de nodige kwesties die in Hoofdstuk 4 worden toegelicht.

Een ander actueel onderwerp vormt *man-made noise* (MMN) ofwel ruis die al sinds decennia wordt voortgebracht door toedoen van het gebruik van elektrische en elektronische apparaten. Sinds de opkomst van de digitalisering is deze significant toegenomen in sterkte als spectraal bereik en bovendien veranderd van aard. Daardoor vormt MMN een navenant groeiende potentiële bedreiging voor de performance van veel draadloze systemen.

Hoofdstuk 5 gaat in op deze problematiek.

Tenslotte wordt in Hoofdstuk 6 teruggeblikt op enkele belangrijke uitkomsten van de World Radio Conference 2023 ofwel de WRC-23, specifiek op het gebied van draadloze communicatie. Ter afsluiting van dat hoofdstuk wordt ook kort vooruit gekeken naar de volgende WRC's in 2027 en 2031.

2 5G Sidelink

2.1 Inleiding

In mobiele communicatiesystemen verloopt de communicatie tussen apparaten (User Equipment of UE's) gewoonlijk via een basisstation. Hierdoor is van oorsprong mobiele communicatie sterk afhankelijk van de vaste mobiele communicatie-infrastructuur en het andere verkeer dat hierdoor wordt afgehandeld.

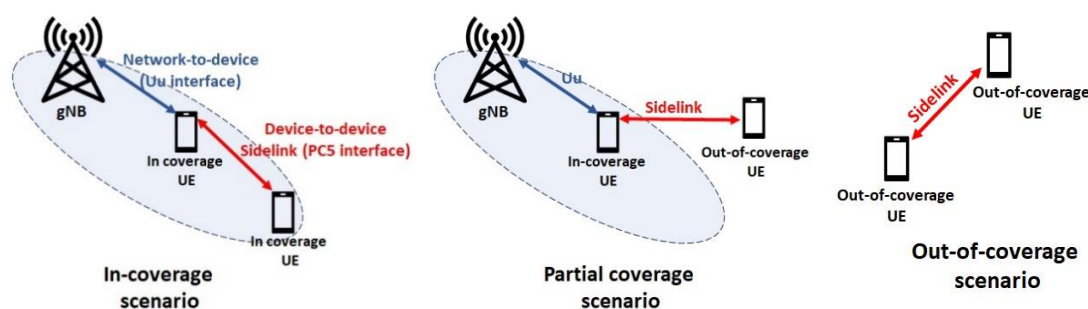
Binnen 5G bestaat echter ook het zogenoemde 5G Sidelink-concept dat apparaten in staat stelt om rechtstreeks met elkaar te communiceren (*device-to-device* of D2D). 5G Sidelink vergemakkelijkt de onderlinge communicatie tussen UE's die zich in elkaars nabijheid bevinden. Doordat deze communicatie wordt opgezet, onafhankelijk van de vaste mobiele communicatie-infrastructuur en de verkeersbelasting door andere gebruikers, is sprake van minder vertraging en (nog) hogere doorvoersnelheden. Vanuit de mobiele infrastructuur wordt het voordeel ervaren van mindere verkeersbelasting doordat direct (D2D) verkeer buiten het netwerk via 5G Sidelink wordt afgehandeld. We zullen later zien dat deze voordelen van belang zijn voor een aantal toepassingen. Een bepaalde vorm van 5G Sidelink vergroot bovendien effectief het netwerkbereik.

5G Sidelink is ontwikkeld om transmissies voor *unicast* (van een zender naar een ontvanger), *multicast* (van een zender naar een bepaalde gebruikersgroep) en *broadcast* (van een zender naar iedereen) te ondersteunen.

In dit hoofdstuk zal nader ingegaan worden op 5G Sidelink en de technische realisatievormen. Achtereenvolgens gaan we in op gebruiksscenario's (Paragraaf 2.2), toepassingen (Paragraaf 2.3), frequentiebanden (Paragraaf 2.4), standaardisatieactiviteiten in 3GPP (Paragraaf 2.5) en huidige en toekomstige ontwikkelingen (Paragraaf 2.6).

2.2 Gebruiksscenario's voor 5G Sidelink

Figuur 1 toont drie gebruiksscenario's ofwel *use cases* waarin 5G Sidelink (ook wel NR¹ Sidelink genoemd) kan worden gebruikt.



Figuur 1: Verschillende 5G Sidelink-scenario's: *in-coverage* (links), *partial coverage* (midden) en *out-of-coverage* (rechts)

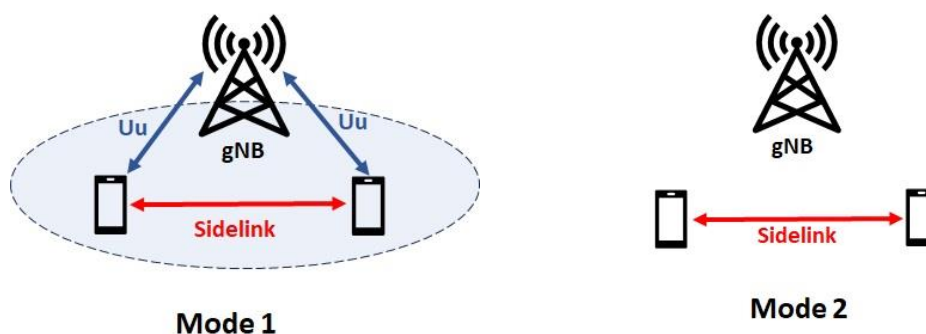
In Figuur 1 verwijst de Uu interface naar de verbinding tussen de gNB en de UE (Network-to-device) terwijl de PC5 interface (Sidelink) verwijst naar de verbinding tussen twee UE's, de *device-to-device* verbinding.

¹ New Radio (NR) staat voor radiotechnologie die gebruikt wordt in 5G.

Deze *use cases* laten zich als volgt beschrijven:

1. *In-coverage* (binnen het dekkingsgebied): twee UE's bevinden zich beide in de dekkingsgebied van het 5G basisstation, de gNB. De UE aan de celrand kan een verminderde signaalkwaliteit ervaren. In dergelijke gevallen kan een UE die zich tussen de gNB en de UE op de celrand bevindt, optreden als een relais en de signaalkwaliteit naar de bestemde UE verbeteren;
2. *Partial-coverage* (gedeeltelijk binnen het dekkingsgebied): dit omvat gevallen waarin één UE binnen de dekking van het basisstation (gNB) valt en de andere buiten de dekking. In dit geval verkrijgt de UE die buiten de dekking valt connectiviteit met de gNB via de UE die binnen de gNB-dekking valt en die als een relais fungeert;
3. *Out-of-coverage* (buiten het dekkingsgebied): dit betreft gevallen waarin UE's zich niet binnen de dekking van een gNB bevinden. In deze situatie kunnen UE's rechtstreeks, zonder tussenkomst van een gNB en daarmee het centraal netwerkbeheersysteem, connectiviteit met elkaar tot stand brengen.

Ten behoeve van het realiseren van de drie gebruiksscenario's onderscheiden we verder twee transmissie-modi² bij 5G Sidelink, zoals aangegeven in Figuur 2.



Figuur 2: De radiomiddelen voor communicatie tussen de UE's wordt bepaald door de gNB (*mode 1*) of door de UE's zelf (*mode 2*)

Transmissiemodus 1 (*mode 1*): de radiomiddelen (in frequentie en tijd) voor een *in-coverage* UE-naar-UE-verbinding worden toegewezen door de gNB.

Het netwerk is in staat om Sidelink-communicatie te optimaliseren door middel van resource-beheer (het specificeren van welke radiomiddelen in frequentie en tijd gebruikt mogen worden voor het verzenden van datapakketten), door interferentiebeheer (het regelen van het zendvermogen van UE's om interferentie te minimaliseren) en door dynamische toewijzing van middelen (de beste match vinden tussen de beschikbare radiomiddelen en de hoeveelheid data op een bepaald moment). Hierdoor worden de *algehele* prestaties van het netwerk verbeterd, met name de kwaliteit van diensten (*quality of service* - QoS) en de gebruikerservaring.

Transmissiemodus 2 (*mode 2*): in het *out-of-coverage*-scenario zijn de radiomiddelen die gebruikt worden om een Sidelink-verbinding tussen de UE's te maken, geselecteerd door de UE's zelf, dus zonder betrokkenheid van de gNB. In *mode 2* maakt de UE een autonome keuze van de benodigde radiomiddelen uit een 'pool van middelen' die door het netwerk is gespecificeerd of die vooraf is geconfigureerd in de UE's. Eerst zullen de UE's die data willen verzenden, proberen om beschikbare radiomiddelen te identificeren door binnen het detectievenster (*sensing window*) naar actuele radiotransmissies te 'luisteren'. Vervolgens

² 3GPP TS 38.214: *Physical layer procedures for data*

selecteert iedere UE een deel van de beschikbare radiomiddelen om zijn data te verzenden binnen de selectievenster (*selection window*). In het geval van periodieke datatransmissiepatronen, zoals bij spraakdiensten als *push-to-talk* (PTT), worden de geselecteerde middelen voor een langer tijdsinterval vastgehouden. In het geval van variërende, niet-periodieke datatransmissiepatronen worden de detectie- en selectieprocessen vaker herhaald (dynamische toewijzing van middelen). Dit resulteert in een verbeterde systeemefficiëntie.

2.3 Toepassingen van 5G Sidelink

In 3GPP Release-16 is de eerste standaard voor New Radio (NR) 5G Sidelink aangevuld met het werkitem *Study on NR Vehicle-to-Everything (V2X)*³⁴. Hierbij worden NR Sidelink-oplossingen gespecificeerd voor Vehicle-to-Everything (V2X)-communicatie zoals onderstaand zal worden toegelicht. Deze oplossingen kunnen bijvoorbeeld ook worden gebruikt voor de openbare orde en veiligheid (OOV), waar de efficiëntie en betrouwbaarheid van communicatie (ongeacht de vorm: spraak, data, video) en daarmee onafhankelijkheid van een vaste infrastructuur belangrijk is. Het voldoen aan de service-eisen voor OOV is dan ook een voorwaarde voor de inzet van deze NR Sidelink-oplossingen.

In het algemeen biedt 5G Sidelink-technologie een scala aan D2D-toepassingen waarbij connectiviteit tussen de gebruikers van groot belang is, ook in de gebieden of situaties waar geen netwerkdekking is, namelijk:

- a. V2X-communicatie (Vehicle-to-Everything): 5G Sidelink ondersteunt communicatie tussen voertuigen (V2V), tussen voertuigen en infrastructuur (V2I), -voetgangers (V2P), en -netwerkdiensten (V2N). V2X-communicatie opent bijvoorbeeld mogelijkheden voor geavanceerde verkeersmanagementtoepassingen zoals slimme kruispuntregelingen en waarschuwingen voor naderende noodsituaties. V2X helpt om de verkeersveiligheid te verbeteren en verkeersfiles te voorkomen;
- b. Groepscommunicatie in noodgevallen: 5G Sidelink kan worden gebruikt voor het opzetten van ad-hoc communicatienetwerken tussen apparaten in noodsituaties, waarbij de infrastructuur mogelijk beschadigd is, bijvoorbeeld na aardbevingen, tsunami's of, meer in de Nederlandse situatie: tijdens natuurbranden of overstromingen. Dit kan hulpverleners helpen om efficiënter te coördineren en communiceren tijdens noodsituaties tijdens natuurrampen of ongevallen;
- c. Peer-to-Peer-bestandsdeling: het direct delen van bestanden tussen apparaten. Dit kan handig zijn voor gebruikers die snel bestanden willen uitwisselen, zoals afbeeldingen, video's of documenten, zonder afhankelijk te zijn van een netwerkverbinding;
- d. Proximity-based services (ProSe): door gebruik te maken van de nabijheid van apparaten, kunnen zogenoemde *proximity-based services* worden geleverd, zoals het identificeren van andere gebruikers in de buurt, het ontvangen van lokale aanbiedingen of het deelnemen aan *multiplayer games* op basis van locatie.

2.4 Frequentiebanden

De frequentiebanden voor 5G Sidelink kunnen binnen gelicentieerde of niet-gelicentieerde banden vallen waardoor de flexibiliteit wordt geboden om 5G Sidelink in diverse omgevingen toe te passen⁵. Gelicentieerde frequentiebanden kunnen door de Mobile Network Operators

³ 3GPP TR 38.885: "Study on NR Vehicle-to-Everything (V2X)", Release 16

⁴ Zoraze Ali et al, "3GPP NR V2X Mode 2: Overview, Models and System-Level Evaluation", IEEE Access, 29 juni 2021

⁵ <https://www.qualcomm.com/news/onq/2022/09/how-will-sidelink-bring-a-new-level-of-5g-versatility>

(MNO's) gebruikt worden om directe UE-UE verbindingen mogelijk te maken. Niet-gelicentieerde banden zoals 5 GHz of 60 GHz zijn geschikt voor levering van *best effort*-diensten en *data offload* in private netwerken.

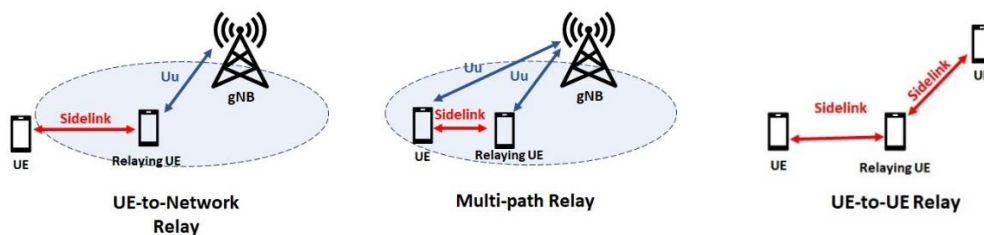
Dedicated band is een toepassings-specifiek spectrum, toegewezen voor gespecialiseerde gebruikgevallen, bijvoorbeeld 700 MHz (B14) bestemd voor de openbare orde en veiligheid in de Verenigde Staten of 5,9 GHz bestemd voor Intelligent Transport Systems (ITS) in de EU of 2600 MHz (n38) voor *vehicle-to-anything* (V2X)-toepassingen.

2.5 3GPP-standaardisatieactiviteiten

In deze paragraaf wordt aangegeven hoe de *bereikbaarheid* binnen de onderkende drie *use cases* zoals aangegeven in Figuur 1, op een uniforme, gestandaardiseerde wijze kan worden gerealiseerd in aanvulling op de eerder behandelde transmissiemodi (zie Figuur 2) die aangeven op welke manieren de *toewijzing van radiomiddelen* plaats kan vinden.

In 3GPP Release-17 werd een *Study on NR sidelink relay*⁶ uitgevoerd, gevolgd door een Release-18 *work item* over *NR Sidelink relay enhancements*⁷. Vanuit deze twee activiteiten is een aantal 5G Sidelink *relaying*-technieken ontwikkeld, zie Figuur 3:

- UE-to-Network relay (UE-naar-netwerk-relais) wordt gebruikt in situaties waar afgelegen draagbare apparaten met beperkt vermogen het netwerk bereiken via een UE-relais met een hoger vermogen. De afgelegen UE kan zowel *out-of-coverage* als *in-coverage* van het netwerk zijn. Een voorbeeld hiervan is een *wearable* zoals een smartwatch, die via een smartphone toegang krijgt tot het netwerk;
- UE-to-Network multipath relay (UE-naar-netwerk multipad relais): de afgelegen UE moet hiervoor *in-coverage* zijn. Het multipad-scenario ondersteunt zowel directe UE connectie met de gNB (downlink data verzenden van gNB naar UE) als indirecte connectie via een UE-relais (uplink data verzenden van de afgelegen UE via UE relais naar de gNB). Deze setup is nuttig in situaties waarin de op afstand gelegen UE niet voldoende zendvermogen heeft om data direct naar de gNB te sturen maar wel in staat is het signaal van de gNB te ontvangen;
- UE-to-UE relay (UE-naar-UE-relais) is essentieel voor de uitbreiding van de Sidelink-dekking zonder afhankelijk te zijn van het gebruik van een netwerk-to-device verbinding, dat wil zeggen de verbinding tussen de gNB en UE (Uu interface). Dit relais is toepasbaar in het *out-of-coverage* scenario.



Figuur 3: 5G Sidelink kan gebruikt worden voor verschillende soorten relaying met gebruik van een enkel UE-relais zoals gedefinieerd in Release 18: UE-to-Network relais (links); Multi-path Relay (midden); UE-to-UE relais (rechts)

⁶ 3GPP TR 38.683: *Study on NR sidelink relay*

⁷ LG Electronics, Revised WID on 'NR sidelink relay enhancements', RP-232972, 3GPP TSG RAN Meeting #102, Edinburgh, UK, 11 – 15 december 2023

2.6 Huidige en toekomstige ontwikkelingen

Op het moment van schrijven verschijnen er enkele 5G Sidelink-platforms op de markt. Voorbeelden zijn: Snapdragon Auto 5G Modem-RF Gen 2, dit is Qualcomm's *automotive-grade* platform dat C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) direct communications ondersteunt, dat wil zeggen voor *vehicle-to-vehicle* (V2V) en *vehicle-to-roadside infrastructure* (V2I). Ook zijn op de markt de RN91xx Module van Rolling Wireless en de AG55xQ Module van Quectel. Beide NR-modules, implementeerbaar in een 5G telefoon, ondersteunen 5G C-V2X als optionele functie. Verder levert het bedrijf ETTIFOS uitgebreide basisband-evaluatieplatforms die voor prototyping van 5G Sidelink-producten ingezet kunnen worden.

Daarnaast zijn activiteiten gericht op nadere standaardisatie van 5G Sidelink. In Release-19 (gestart in 2024) werd gepleit voor de opname van een NR Sidelink Multi-hop UE to Network relaying (MU2N)-functie⁸. Multi-hop relay-communicatie is een techniek om de netwerkdekking nog verder uit te breiden dan met een enkel UE-relais mogelijk is. Vanuit de specificatie van in totaal twee hoprelais wordt gekeken of dit eenvoudig kan worden uitgebreid naar in totaal drie hoprelais. De relaisprotocollen worden zo ontwikkeld dat een voorwaarts-compatibele oplossing kan worden gecreëerd voor een geanticipeerde toekomstige uitbreiding met extra relais.

Out-of-coverage connectiviteit tussen UE's en uitgebreide netwerkdekking met gebruik van relaying in combinatie met een verbeterde servicekwaliteit (lagere latentie, grotere bandbreedte en betrouwbaarheid) vormen de belangrijkste toegevoegde waarden van 5G Sidelink.

De 5G Sidelink-functie wordt gezien als een wezenlijk instrument voor toepassingen in de openbare veiligheid, automobielsector en het Internet-of-Things (IoT) domein. Verwacht kan worden dat het grote aantal 5G Sidelink gebruiksscenario's zal bijdragen aan de *economy of scale* en daardoor de verlaging van de kosten van chips, gevolgd door het begin van commerciële chipproductie en een snellere adoptie van de 5G Sidelink-functie.

⁸ RP-233998 *Way forward on SL Multi-hop Relay*, 3GPP TSG RAN Meeting #102, Edinburgh, 11 – 15 december 2023

3 Energiebesparing door Discontinuous Reception

3.1 Inleiding

De mobiele terminal is een apparaat dat op batterijen werkt en van deze voedingscapaciteit dus sterk afhankelijk is. Daarnaast is het aantal geavanceerde functies en uitvoeringen alleen maar toegenomen in de loop van de jaren en daardoor ook het voedingsgebruik. Het is dan ook van cruciaal belang dat de verbinding met het mobiele netwerk en de gegevensoverdracht, zowel bij zenden als ontvangen, op een energiezuinige manier plaatsvinden. Discontinuous Reception (DRX) is een technologie om in eerste instantie het voedingsverbruik van de mobiele terminal te beperken en wel door overbodige ontvangstperioden te voorkomen waardoor het energieverbruik gereduceerd kan worden.

In Paragraaf 3.2 wordt het principe van DRX toegelicht aan de hand van de basisvorm zoals deze in 3GPP Release 15 is gedefinieerd. Paragraaf 3.3. gaat vervolgens in op de verbeteringen en varianten van deze basisvorm, inclusief getalsmatige verwachtingen. Deze tendens past in de groeiende aandacht vanuit de industrie en 3GPP-standaardisatie voor het realiseren van energiebesparing en duurzaamheid. Tenslotte worden in Paragraaf 3.4 enige conclusie rond DRX getrokken.

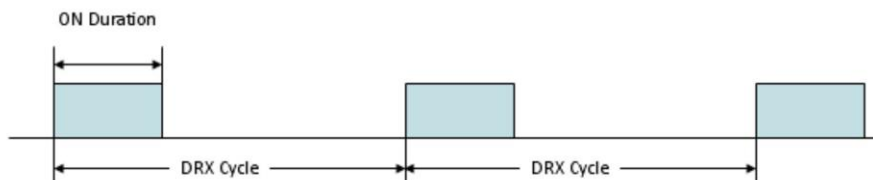
3.2 Principe van DRX

Als er geen gegevensoverdracht plaatsvindt, bijvoorbeeld wanneer het apparaat inactief is, is de mobiele terminal geconfigureerd om alleen af en toe 'wakker te worden' en te luisteren naar zogenaamde systeem-informatiesignalen, zoals synchronisatiesignalen, *paging*, enzovoort. De mobiele terminal is ook geconfigureerd om *random-access* tot het netwerk te realiseren als er gegevens zijn die vanuit de mobiele terminal ofwel gebruikersterminal (UE: User Equipment) naar het netwerk moeten worden verzonden.

Tijdens de gegevensuitwisseling tussen het netwerk en de UE kunnen er, afhankelijk van het gedrag van de communicatietoepassing, perioden zijn waarin het netwerk geen gegevens heeft om naar de betreffende UE te verzenden. In deze situaties zal de gebruikersterminal, als deze actief blijft, de ontvanger toch aanzetten, signalen verwerken en ontdekken dat of er geen gegevens zijn of dat de gegevens voor een andere gebruiker bestemd zijn. Deze activering van de ontvanger en verwerking van het ontvangen signaal is onnodig en niet gewenst omdat het batterijvermogen kost.

Het is dan ook noodzakelijk dat de mobiele terminal in de zogenoemde Discontinuous Reception (DRX)-modus gaat en de ontvanger niet gebruikt of slechts enige signaalverwerking uitvoert. Dit resulteert in het besparen van de batterij, zie Figuur 4. De basis-DRX-modus wordt geconfigureerd en bepaald door de: (i) PDCCH (Physical Downlink Control Channel)-inactiviteitstimer of de tijdsperiode waarna de UE besluit de DRX-modus te starten als het niet meer data ontvangt vanuit de netwerk; (ii) de AAN-duur (*ON-duration*) die de lengte van de actieve tijd aangeeft die benodigd is voor het doorzoeken en vervolgens eventueel decoderen van de PDCCH-informatie. Dit houdt in dat als de UE-*radio identifier*

overeenkomt met die van de betreffende UE, deze gebruikersterminal de Downlink Control Information (DCI) zal decoderen; en (iii) de lengte van de DRX-cyclus (*DRX Cycle*).



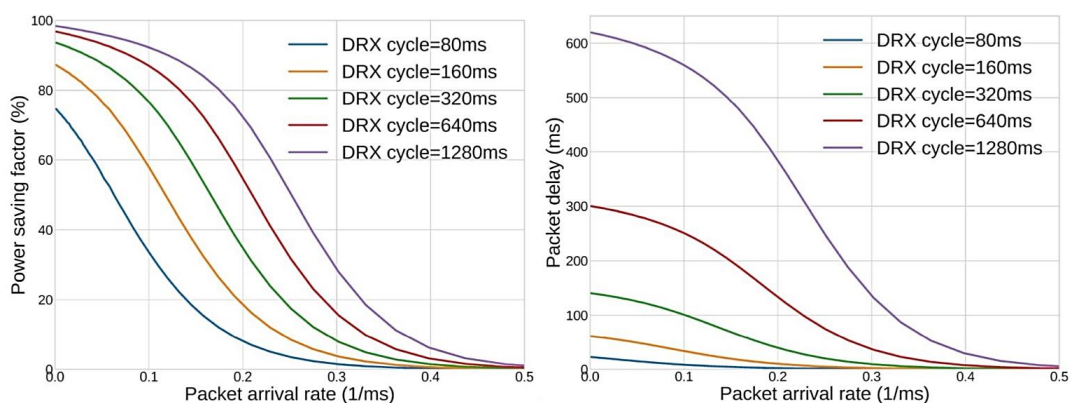
Figuur 4: DRX modus geconfigureerd door de lengte van AAN-perioden en de DRX-cyclus⁹

De DRX-modus is in feite een ‘afpraak’ tussen het netwerk en de gebruikersterminal om hun wederzijdse afstemming te realiseren om de volgende redenen:

- Als de UE in de DRX-modus zich in de AAN-periode bevindt en het netwerk geen gegevens heeft om te verzenden, is dit een verspilling van energie (aan de terminalzijde) en van kostbare *radio resources*;
- Als de UE in de DRX-modus zich in de inactieve periode bevindt en het netwerk wel gegevens naar de UE verzendt, worden deze gegevens niet ontvangen en is dit een verspilling van energie (aan de netwerzijde) en van kostbare *radio resources*.

Al met al vormt de DRX-configuratie een afweging tussen energiebesparing en communicatieprestaties. Hoe langer de inactieve periodes, hoe meer energie er immers bespaard kan worden maar hoe langer de UE (of het netwerk) moet wachten om data te ontvangen of te verzenden. Hierdoor daalt de effectieve transmissiesnelheid. Aan de andere kant, hoe korter de inactieve periodes, hoe minder energie er bespaard kan worden maar hoe korter de UE (en het netwerk) hoeft te wachten om data te ontvangen of te verzenden waardoor de effectieve transmissiesnelheid relatief hoog is. De daadwerkelijke energiebesparing die via de DRX-modus wordt bereikt, is ook afhankelijk van de activiteit van de communicatie datalink en dus de actuele verkeersintensiteit. Dat wil zeggen: hoe vaker de pakketten aankomen, hoe kleiner de kans dat de UE de DRX-modus kan activeren.

Dit wordt geïllustreerd in Figuur 5: hoe langer de DRX-cyclus, hoe hoger de energiebesparing is terwijl tegelijkertijd de pakketvertragingen hoger zijn.



Figuur 5: Voorbeeld van relatieve energiebesparing (links) en pakketvertraging (rechts) wanneer de PDCCH-inactiviteitstimer is geconfigureerd op 20 ms¹⁰

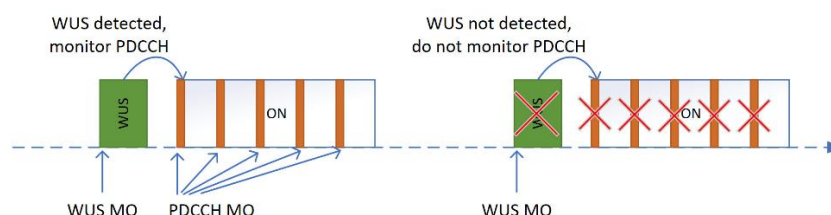
⁹ Bron: https://www.sharetechnote.com/html/Handbook_LTE_DRX.html

¹⁰ Bron: K.H. Lin, et.al, “A Survey on DRX Mechanism: Device Power Saving From LTE and 5G New Radio to 6G Communication Systems”, IEEE Communication Surveys & Tutorials, Vol. 25, No.1, First Quarter 2023; <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9931944>

Zodra de pakketaankomsttijd 0,5 pakket/ms nadert, is de impact van de DRX-modus verwaarloosbaar omdat deze modus dan niet kan worden geactiveerd.

3.3 Ontwikkelingen in recente 3GPP-releases

In de basale DRX-modus zoals opgenomen in Release 15, is de UE actief en controleert deze de PDCCH-ontvangst *tijdens* elke AAN-periode. In 3GPP Release 16 kan een wake-up-signaal (WUS) naar de UE worden verzonden *vóór* een AAN-periode als het netwerk van plan is om met deze mobiele terminal te communiceren, zie Figuur 6. Als het netwerk het WUS niet heeft verzonden, detecteert de UE het WUS niet tijdens de mogelijke WUS monitoringperiode (WUS MO) aan het begin van de mogelijke PDCCH-activiteit en kan het de komende PDCCH-monitoring (PDCCH MO) overslaan. Dit kan tot 10% extra energiebesparing opleveren, afhankelijk van de DRX-modusinstellingen.



Figuur 6: WUS concept in 3GPP Release 16 en ontvangst/detectie van PDCCH voor DRX modus¹¹

In 3GPP Release 18 werd een Network Energy Saving (NES)-concept genoemd DTX/DRX (Discontinuous Transmission/Discontinuous Reception) onderzocht waarbij de mobiele terminals worden geïnformeerd (en afgestemd) als de cel inactief blijft. Deze onderlinge afstemming van DRX-cycli voor de verbonden of inactieve UE's kan potentieel zorgen voor mogelijkheden voor langere cel-inactiviteit. Tijdens een cel-DTX/DRX kan de cel geen transmissie of ontvangst hebben of slechts beperkte transmissie of ontvangst behouden. De cel hoeft bijvoorbeeld geen periodieke signalen/kanalen te verzenden of te ontvangen, zoals algemene signalen/kanalen of UE-specifieke signalen/kanalen.¹²

Op basis van resultaten van zes bronnen/ onderzoeken in ITU TR (Technical Report) 38.864 kan worden geconcludeerd dat de semi-statische DRX-afstemming een energiebesparingswinst bij het basisstation oplevert van 0,2% tot 71,4%, afhankelijk van de verkeersdruk, UE DRX-configuraties en de veronderstelde *base line* aanname voor DRX zoals in TR 38.864 verwoord (per UE is er een random DRX *offset* en het basisstation (gNB) is altijd beschikbaar voor de UE). Bij lage verkeersbelasting tonen vier bronnen aan dat de winst 14,4% tot 71,4% kan zijn, terwijl drie bronnen minder dan 6,7% winst laten zien, afhankelijk van of de actieve periode van het basisstation en de UE onderling zijn afgestemd of niet; bij gemiddelde belasting laten twee bronnen zien dat de netwerkenergiebesparingswinst 4,8% tot 47,8% kan zijn.

Eén bron geeft aan dat er een marginale negatieve impact is op de User Plane Throughput (UPT; de doorvoersnelheid zoals de gebruiker deze ervaart), terwijl één bron laat zien dat de negatieve impact kan oplopen tot 15,5%. Ook meldt één bron dat bij een bepaalde configuratie (in casu een UE DRX-cyclus van 160 ms en de actieve tijd van het basisstation gelijk aan 80 ms) de UPT toeneemt terwijl er in andere configuraties een groot verlies aan UPT kan zijn.

¹¹ <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/2/mobile-devices-and-energy-efficiency>

¹² 3GPP TR 38.864, "Study on network energy savings for NR (Release 18)", v18.1.0 (2023-03); <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3987>

Voor wat betreft toegangsvertraging (als de UE *random* toegang probeert te krijgen) en latentie (de UE is actief en probeert pakketten te zenden of te ontvangen) laat één bron een marginale toename zien, terwijl een andere bron aangeeft dat de toename kan oplopen tot 50%. De toenames zijn gerelateerd aan de DRX-configuratie.

3.4 Concluderend

DRX is een technologie die aanvankelijk vanuit een relatief eenvoudige basisvorm zoals vastgesteld in Release 15, de laatste vier jaar verder is ontwikkeld en verfijnd. Hierdoor wordt voor de meest geavanceerdere vorm zoals voorgesteld voor Release 18, DTX/DRX, niet alleen voedingsbesparing aan de kant van de mobiele terminal bereikt maar ook aan de zijde van het basisstation. Bij alle varianten blijft het echter een compromis tussen energiebesparing en de doorvoersnelheid zoals de gebruiker deze ervaart. De energiebesparing blijkt vooralsnog zeer afhankelijk van de situatie, dat wil zeggen van de verkeersintensiteit en van de tussen UE en basisstation gecoördineerde instellingen. Getalsmatige uitkomsten van (DTX/)DRX-onderzoeken vertonen dan ook een grote onderlinge spreiding doordat uitgangssituaties van *cases* doorgaans verschillen.

Voor de toekomst is de uitdaging dan ook om beter om te kunnen gaan met afhankelijkheden waardoor steeds een optimale energiebesparing gerealiseerd kan worden.

4 De afschakeling van 2G en 3G

4.1 Introductie

GSM is de tweede generatie (2G) van mobiele netwerken, geïntroduceerd in de jaren '90 van de vorige eeuw in Nederland. Na GSM - met tussenvarianten GPRS en EDGE - werd UMTS als derde generatie (3G) in 2004 geïntroduceerd in Nederland, nadat de UMTS-frequenties waren geveild in 2000. Mobiele netwerken hebben zich sterk ontwikkeld sinds de komst van GSM (2G) met een verschuiving in gebruik van telefonie en SMS via 2G en 3G naar mobiel internet via 4G en 5G voor (streaming) audio-visuele diensten van steeds hogere kwaliteit op steeds geavanceerdere smartphones. Alle MNO's bieden sinds kort na de multiband-veiling van juli 2020 (van 700, 1400 en 2100 MHz) een beperkte vorm van 5G aan. Met de aankomende veiling van frequentiebanden in de 3,5 GHz-band (3450-3750 MHz) komt er 300 MHz extra frequentieruimte voor 5G om hogere snelheden naar meer gebruikers in heel Nederland te bieden. Bij de veiling in 2020 heeft het kabinet al voorwaarden voor een hoogwaardige mobiele dekking vastgelegd met onder meer een dekkingseis van 98% van de oppervlakte van elke Nederlandse gemeente¹³. Die dekking moet elke gebruiker tenminste een snelheid van 8 Mbit/s bieden (voor 2026 zal dit 10 Mbit/s moeten worden). De gemiddelde snelheid van mobiel internet in Nederland belooft met 5G straks per gebruiker meer dan 100 Mbit/s te worden.

Met deze hoogwaardige 4G- en 5G-netwerken loopt het gebruik van 2G- en 3G-netwerken sterk af. De mobiele diensten worden momenteel in Nederland nog geboden via vier verschillende generaties netwerken, 2G (GSM), 3G (UMTS), 4G (LTE) én 5G: KPN en VodafoneZiggo met 2G, 4G en 5G, en Odido (voorheen T-Mobile) met 3G, 4G en 5G.

In de komende jaren gaan de Nederlandse telecomaandbieders hun 2G- én 3G-netwerken volledig uitzetten. Afschakelen heeft vooral operationele, financiële en capaciteitsvoordelen voor de MNO's en hun netwerken. Na de toelichting op de status van 2G/3G en de plannen voor afschakeling in Nederland in Paragraaf 4.2 worden in Paragraaf 4.3 de motieven voor afschakeling van 2G- en 3G-netwerken besproken. Vervolgens gaan we in Paragraaf 4.4 dieper in op de gevolgen van deze afschakelingen en op alternatieven voor oplossingen voor verschillende toepassingen. Dit hoofdstuk besluit in Paragraaf 4.5 met de stand van zaken en plannen in het buitenland.

4.2 Status en plannen rond afschakeling in Nederland

Odido heeft op 1 juni 2021 haar 2G-netwerken voor consumenten uitgeschakeld. Per juni 2023 zou dit 2G-netwerk volledig zijn afgesloten¹⁴. KPN heeft aangekondigd¹⁵ dat zij per 1

¹³ <https://www.rdi.nl/onderwerpen/telecomaandbieders/dekkingseis-en-snelheidsverplichting>

¹⁴ <https://www.odido.nl/service/netwerk/2g-uitzetten>

¹⁵ <https://www.kpn.com/zakelijk/mobiel/2g-naar-4g-en-5g.htm#:~:text=Op%201%20december%202025%20stopt,internetten%20via%204G%20en%205G.>

december 2025 stopt met 2G. Bij VodafoneZiggo blijft het 2G-netwerk sowieso tot eind 2026 beschikbaar¹⁶.

Netwerkproviders hebben aangegeven bij afschakeling van 2G hun klanten ruim van tevoren in te lichten. Bij de twee providers die nu nog 2G bieden, zijn deze data voor afschakelen de actuele doelstellingen. Ongeacht eventuele toekomstige bijstelling(en) hiervan, zullen naar verluidt providers hun 2G-netwerken uiterlijk in 2029 helemaal uitzetten¹⁹.

Het 3G-netwerk van VodafoneZiggo is sinds februari 2020 niet meer operationeel, KPN is sinds maart 2022 met 3G gestopt. Odido biedt nog 3G, en heeft nog geen einddatum bekend gemaakt waarop de ondersteuning van 3G wordt stopgezet.

4.3 Waarom worden 2G- en 3G-netwerken afgeschakeld?

De toename van dataverbruik van mobiele klanten in de afgelopen jaren en in de toekomst, vraagt om een netwerk dat hiervoor geschikt is. 4G- en 5G-netwerken bieden de technologie die aan dit groeiende dataverbruik kan voldoen. Deze netwerken zijn ook geschikt voor telefonie (via Voice-over-LTE of Voice-over-5G) en bieden oplossingen voor M2M (*machine-to-machine*)-toepassingen, via NB-IoT (Narrow Band Internet-of-Things) en LTE-M (Long Term Evolution for Machines).

Door de frequenties die worden gebruikt voor 2G en/of 3G vrij te maken voor 4G en 5G hebben de mobiele telecomaandbieders de mogelijkheid om meer capaciteit te bieden en gebruik te maken van de andere voordelen die 4G en 5G bieden. Deze winst is significant, omdat 4G en 5G efficiënter gebruik maken van spectrum en hogere snelheden kunnen bieden. Bovendien voldoen 2G- en 3G-netwerken niet meer aan de hoogste veiligheidseisen voor toegang en informatiebescherming. Met deze afschakeling besparen mobiele operators in kosten voor vervanging, onderhoud en instandhouding omdat men niet meerdere netwerken en platformen met verschillende technologieën operationeel hoeft te houden of te vervangen.

Tenslotte kan worden opgemerkt dat de 4G- en 5G-netwerken in Nederland tot de beste in de wereld behoren, zoals uit een onderzoek van Umlaut uit 2024 blijkt¹⁷. De mobiele 4G- én 5G-netwerken van twee van de drie Nederlandse mobiele aanbieders kregen al in 2023 – op basis van de metingen en beoordeling van Umlaut – het oordeel ‘uitmuntend’ voor zowel data als spraak. De score van de beste Nederlandse provider is wereldwijd zelfs onovertroffen.

4.4 Wat zijn mogelijke gevolgen van de afschakeling?

De afschakeling van 3G bij KPN en VodafoneZiggo en van 2G bij Odido is zonder noemenswaardige problemen voor consumenten en zakelijke gebruikers verlopen. Er zijn steeds minder consumenten die gebruik maken van 2G- en/of 3G-only toestellen. Het afschakelen van 2G door KPN en VodafoneZiggo kan wel gevolgen hebben voor zakelijke klanten met M2M-diensten die hiervoor afhankelijk zijn zoals slimme energiemeters of automatische noodoproepsystemen (e-Call) in auto's. Veel van deze toepassingen hebben

¹⁶ <https://community.vodafone.nl/t5/Tips-van-Vodafone/2G-bij-Vodafone/ba-p/204895>

¹⁷ <https://www.nlconnect.org/nieuws/nederlandse-telecomnetwerken-scoren-uitmuntend-in-umlaut-tests>

ingebouwde 2G-simkaarten en modems die niet werken op 4G en 5G. Als 2G niet meer beschikbaar is, wordt vervanging of aanpassing van de betreffende apparatuur nodig.

Zakelijke gebruikers van deze diensten dienen over te stappen naar alternatieve beschikbare oplossingen. Deze datum nadert snel, KPN heeft bijvoorbeeld in december 2023 zijn klanten eraan herinnerd dat het definitief stopt met 2G per 1 december 2025. Echter, simkaarten ouder dan 10 jaar zijn niet geschikt voor 4G of 5G en voldoen niet meer aan de laatste veiligheidseisen. Deze kaarten werken al vanaf 1 juli 2024 niet meer bij KPN. Om uitval van apparatuur te voorkomen worden klanten geadviseerd deze op tijd te wisselen naar een 4G- of 5G-simkaart.

Hieronder gaan we dieper in op de gevolgen van de afschakeling en alternatieven voor de verschillende toepassingen.

4.4.1 Internet of Things of Machine-to-Machine

Internet of Things (IoT) ofwel *machine-to-machine* (M2M) is inmiddels niet meer weg te denken en biedt een ongekeerde hoeveelheid aan toepassingen die steeds belangrijker worden. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om auto's of om apparaten zoals rookmelders, alarmsystemen en slimme energiemeters die via een internetaansluiting autonoom informatie uitwisselen met de digitale systemen van beheerders van de apparaten. Het aantal M2M-aansluitingen op mobiele netwerken steeg in het derde kwartaal van 2023 met bijna 5% naar 17,3 miljoen¹⁸.

Het merendeel van deze recente groei in M2M-aansluitingen is gerealiseerd via 4G, en wel vooral met NB-IoT of LTE-M. Er is bij KPN en VodafoneZiggo echter ook nog een groot deel van deze apparaten die als *installed base* afhankelijk is van 2G. Deze apparaten dienen te worden aangepast of vervangen om te werken via 4G of 5G. Dit betekent veelal dat een medewerker van het bedrijf het apparaat ter plekke moet vervangen. Netbeheerders staan bijvoorbeeld voor de taak om in de komende jaren in liefst 2,5 miljoen huishoudens de slimme meters die via 2G werken alweer te vervangen¹⁹. Het vroegtijdig vervangen van deze meters levert een kostenpost van miljoenen euro's op. Netbeheerder Alliander heeft bijvoorbeeld in 2020 en 2021 in totaal 11 miljoen euro extra afgeschreven op de slimme meter. De slimme meters die nu worden geplaatst, communiceren via 4G-netwerken. De kans is aanzienlijk dat netbeheerders over tien tot vijftien jaar opnieuw een deel van de energiemeters moeten vervangen als 4G in die periode verdwijnt. Om dit te voorkomen wordt door de netbeheerders een zogenoemde modulaire meter ontwikkeld. Dit is een vaste meter die 25 tot 30 jaar meegaat en waarbij niet de hele meter maar alleen de communicatie-module vervangen hoeft te worden als het gebruikte netwerk verdwijnt.

Daarnaast is ook een deel van de slimme meters aangesloten via het PAMR-netwerk (Public Access Mobile Radio) van Utility Connect, een samenwerking van Alliander en Stedin. De huidige vergunning van Utility Connect voor het gebruik van 2 x 3 MHz in de 450 MHz band voor Public Access Mobile Radio (PAMR) verloopt eind 2024²⁰. Om de continuïteit van slimme energiemeters die afhankelijk zijn van spectrum in de PAMR-band kan Utility Connect gebruik blijven maken van 2 x 1,5 MHz tot 1 juli 2035. Voor het andere deel van 2 x 1,5 MHz liep aanvankelijk de aanvraagprocedure 'Verdeling op afroep' bij RDI (Rijksinspectie Digitale

¹⁸ <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-telecommonitor-derde-kwartaal-2023#:~:text=In%20het%20derde%20kwartaal%20van%202023%20werden%20er%20330%20duizend,vergel%20met%20het%20vorige%20kwartaal.>

¹⁹ <https://www.nu.nl/tech/6300782/miljoenen-slimme-meters-nu-al-aan-vervanging-toe.html>

²⁰ <https://www.rdi.nl/actueel/nieuws/2019/07/11/verlenging-pamr-vergunning>

Infrastructuur) voor een vergunning. Ook dit spectrum is inmiddels aan Utility Connect toegewezen nadat een aanvankelijk geïnteresseerde partij zich had teruggetrokken²¹. Het betreft een vergunning vanaf de ingangsdatum van de vergunning tot 1 juli 2035 voor 2 x 1,5 MHz (gepaard spectrum) en vanaf 1 juli 2035 tot 1 januari 2050 voor 2 x 3 MHz via deze vergunning.

4.4.2 eCall

Om de verkeersveiligheid te verhogen is eCall verplicht voor nieuwe voertuigtypen die na 1 april 2018 op de markt zijn gebracht in de Europese Unie. eCall staat voor Emergency Call, ofwel een alarmoproep. Daarvoor maakt het gebruik van het best beschikbare 2G- of 3G-netwerk dat het systeem kan vinden. Dit veiligheidssysteem in auto's kan door een inzittende worden gebruikt of wordt bij een ernstig ongeluk automatisch geactiveerd. In dat geval wordt een alarmoproep opgezet naar de 112-centrale (pan-European eCall) of met een private alarmcentrale waar de autofabrikant een contract mee heeft, een zogenoemde Third Party Service (TPS) eCall. 112-centrales en private alarmcentrales kunnen deze eCalls ontvangen en vaststellen of er sprake is van een noodgeval.

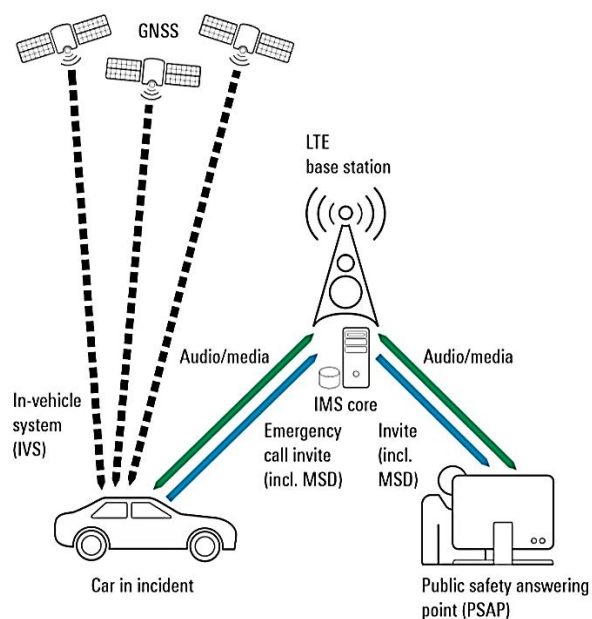
Bij een eCall-oproep worden locatie- en voertuiggegevens automatisch verstuurd en wordt ook een spraakverbinding opgezet. Hierdoor kan de 112-centrale contact leggen met de bestuurder en eventuele inzittenden om vast te stellen of er sprake is van ongeluk of een andere situatie. De meegestuurde gegevens zijn de precieze locatie, de rijrichting van het voertuig en voertuiggegevens zoals het merk en type voertuig (via een uniek voertuig-identificatie nummer), het type brandstof (benzine, gas, diesel, elektrisch, combinatie) en (optioneel) het aantal inzittenden. Met deze informatie hebben hulpdiensten de benodigde informatie om snel en voorbereid ter plaatse te kunnen zijn. eCall kan van levensbelang zijn als passagiers na een ongeluk niet zelf 112 kunnen bellen.

De Europese standaardisatie van eCall is gestart in 2004 toen er hoofdzakelijk 2G-netwerken waren en 3G werd uitgerold. De technische specificaties voor eCall waren gereed in 2008 en zijn vervolgens omgezet in Europese normen in 2011 (EN16012:2011). De eCall-wetgeving is beschreven in verordening EU 2015/758²² en verwijst naar bovenstaande Europese normen voor eCall (2011) die tot voor kort het gebruik van circuitgeschakelde technologie en dus van 2G- en 3G verplichtte. Bij een eCall-oproep wordt door het eCall-systeem in het voertuig een circuitgeschakelde verbinding over 2G of 3G opgezet; dus een telefonieconnectie. Via deze zogenoemde in-band modemverbinding wordt eerst de data (locatie- en voertuiggegevens) verstuurd en vervolgens een spraakverbinding opgezet tussen inzittende en 112-centrale. De wettelijke invoering van eCall kende dus een lange doorlooptijd van bijna 14 jaar, met een start in 2004 tot de wettelijke verplichting vanaf 1 april 2018 voor nieuwe voertuigen.

eCall mocht tot voor kort niet via alleen 4G of 5G werken omdat dit geen circuitgeschakelde technologieën zijn. De opvolger van eCall wordt aangeduid met Next Generation (NG) eCall en is gebaseerd op de pakketgeschakelde technologie (IP- en VoIP (Voice over IP)-protocollen) die wordt gebruikt in 4G en 5G, zoals Voice over LTE (VoLTE) en Voice over 5G System (Vo5GS) voor telefonie. In Figuur 7 is aangegeven hoe bij NG eCall de signaleringsdata, inclusief de data voor de minimale incidentinformatie (Minimum Set of Data of MSD) en spraak via IP Multimedia Subsystem (IMS, zie ook Paragraaf 4.4.3) verloopt. Deze illustratie heeft betrekking op 4G/LTE, maar de werking verschilt niet essentieel als 5G wordt gebruikt.

²¹ <https://www.rdi.nl/onderwerpen/veilingen/verdeling-op-afroep-450-tot-470-mhz>

²² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX:32015R0758>



Figuur 7: Verloop van signalering en spraak & data bij NG eCall [bron: Rhode & Schwarz]

De standaardisatie van NG eCall is gestart in 2013 en afgerond in 2017, waarna in 2023 de formele goedkeuring van de nieuwe Europese normen (EN) door de lidstaten volgde. In oktober 2023 heeft de Europese Commissie daarop een voorstel²³ tot aanpassing van de wetgeving (EU) 2015/758 gepubliceerd. Deze nieuwe wetgeving is in februari 2024 goedgekeurd²⁴, waarna deze – middels een overgangperiode – zorgt voor een wettelijke verplichting van NG eCall binnen Europa. In het voorstel is het gebruik van NG eCall voor autofabrikanten bij nieuwe voertuigregistraties vanaf 1 januari 2025 vrijwillig en vanaf 1 januari 2027 verplicht. Overheden moeten zelf per 1 januari 2026 klaar zijn om NG eCall-oproepen aan te kunnen nemen in 112-alarmcentrales.

Nu ligt de datum van 1 januari 2027 na de datum waarop KPN en VodafoneZiggo hun 2G-netwerken wensen uit te zetten. Als er diensgevolge géén nationaal 2G- of 3G-netwerk meer is, zou dit voor Nederland betekenen dat eCall niet meer werkt voor waarschijnlijk zo'n 2 miljoen voertuigen²⁵. In de Europese Unie (EU28) zullen eind 2026 ongeveer 90 miljoen voertuigen geregistreerd zijn met deze eCall-systemen, die dus niet werken over 4G- of 5G-netwerken. Er is naar verwachting een aanzienlijke overgangperiode vanaf 1 januari 2027 nodig om i) de ondersteuning van eCall in bestaande en nieuwe voertuigen te garanderen via minimaal één 2G- of 3G-netwerk in Nederland en ii) daarnaast een periode waarin voertuigen kunnen worden teruggeroepen om het eCall-systeem te vervangen, bijvoorbeeld als onderdeel van de APK, door een NG eCall-systeem. Na goedkeuring van deze nieuwe EU-wetgeving zal ook de Nederlandse overheid tot aanvullende maatregelen en besluitvorming moeten komen over deze transitie naar NG eCall in samenhang met de afschakeling van 2G- en 3G-netwerken in Nederland en andere Europese landen tussen 2025-2030. Er zijn diverse factoren die complicerend werken voor de bepaling van de overgangperiode:

²³ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13845-Vehicle-safety-updated-standards-for-in-vehicle-emergency-call-systems-eCall-_en

²⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1180&qid=1718016435726>

²⁵ TBM Magazine, december 2023 (https://tbnnet.nl/wanneer-zetten-we-4g-uit/?utm_source=newsletter-185&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-185)

- eCall is een pan-Europees systeem met voertuigen die in iedere lidstaat toegang geeft tot hulpverleners. Een oplossing op EU-niveau is daardoor nodig;
- De lengte van de overgangsperiode wordt bepaald door de praktische haalbaarheid van de omschakeling van eCall naar NG eCall, het aantal te modificeren voertuigen en de mogelijkheden om voor een lange tijd 2G en/of 3G nog in stand te houden. Dit laatste kan ook worden gezien in samenhang met andere 2G en/of 3G-toepassingen en -gebruikers waarvoor langer ondersteuning nodig is, zoals voor slimme meters.

4.4.3 Telefontie, 112-alarmoproepen en roaming

Voor telefonie, SMS en alarmoproepen maken 2G- en 3G-netwerken gebruik van circuitgeschakelde verbindingen via het 2G/3G-circuitgeschakelde telefonieplatform. Bij 4G en 5G wordt telefonie over het pakketgeschakelde netwerk geboden via VoIP-technologie, aangeduid met VoLTE of Vo5GS. Mobiele operators maken hierbij gebruik van een apart 4G/5G IMS (IP Multimedia Subsystem)-gebaseerd platform voor VoLTE en Vo5GS. Bij de ontwikkeling van 4G is ook de optie voor terugval naar 2G/3G voor telefonie opengehouden, de zogenoemde *circuit-switched fall-back* (CSFB). Dit gaf mobiele operators de ruimte om eerst 4G te introduceren voor mobiel dataverkeer, en later om VoLTE en VoWi-Fi voor telefonie te introduceren in hun netwerken voor de verschillende toestellen. VoLTE is een complexe technologie, en vergde in de beginfase veel afstemming tussen leveranciers van toestellen, mobiele OS (Android, iOS) en mobiele operators en hun leveranciers. Zo is KPN pas gestart met VoLTE in oktober 2016, na introductie van 4G in februari 2013.

Bij de afschakeling van 2G/3G wordt ook het 2G/3G-circuitgeschakelde telefonieplatform uitgezet, waardoor bellen alleen nog via VoLTE of Vo5GS kan. Klanten moeten daarvoor beschikken over een toestel dat die functie ondersteunt. Nieuwe mobiele toestellen ondersteunen VoLTE of Vo5GS. Voor abonnees van KPN, Odido en VodafoneZiggo, zal de afschakeling van 2G/3G geen onoverkomelijke problemen geven voor telefonie, SMS en 112 in Nederland. Echter, bij roaming in het buitenland kan er wel een probleem zijn met telefonie, SMS en alarmoproepen als daar geen 2G/3G-ondersteuning is, én er geen VoLTE roaming afspraken zijn gemaakt. Dit kan nu het geval zijn maar de komende jaren zal het aantal mobiele netwerkaanbieders dat VoLTE en VoLTE-roaming ondersteunt verder toenemen²⁶. Mobiele operators in Europa zijn wettelijk verplicht om toegang tot 112 te bieden via hun netwerken, ook voor roaming gebruikers. Zij zullen er dus naar streven dat ook na afschakeling van 2G/3G het bellen van 112 mogelijk blijft voor alle gebruikers waarbij de overheid hierop toezicht zal houden.

4.5 Wat gebeurt er in andere landen?

Ook in andere landen worden of zijn 2G- en 3G-netwerken al afgeschakeld. Voor een aantal andere nabijgelegen Europese landen zijn de status en plannen als volgt^{26, 27}: In België wordt 3G in 2024/2025 afgeschakeld en 2G in 2027/2028. Proximus stopt met 3G eind 2024 en met telefonie via 2G eind 2027. Telenet/BASE zet in september 2024 3G uit en ondersteunt 2G tot minstens 2027. Orange België is in januari 2024 gestart met uitschakelen van 3G. Het 2G-netwerk zal blijven bestaan tot minimaal 2028. De aangekondigde ondersteuning voor 2G is in België - in vergelijking met Nederland - circa drie jaar langer, dus tot 2027/2028. Vodafone Duitsland heeft 3G al uitgezet en zal dit voor hun 2G-netwerk uiterlijk 2025 plaatsvinden.

²⁶ Zie <https://i0.wp.com/www.gsma.com/get-involved/working-groups/wp-content/uploads/2023/03/March-2023-VoLTE-Map.png?ssl=1> (status maart 2023, LTE en VoLTE)

²⁷ <https://tweakers.net/nieuws/210338/orange-begint-in-januari-2024-met-uitschakelen-3g-in-bepaalde-regios.html>

Vodafone Engeland heeft in 2023 hun 3G-netwerk uitgezet. De andere mobiele providers zullen dit tot uiterlijk 2025 doen. Omdat de Britse overheid met de MNO's overeen is gekomen dat alle 2G- en 3G-netwerken ultimo 2033 zullen worden afgeschakeld, kunnen in principe 2G-netwerken daar nog even actief blijven. In Frankrijk houdt het voor 2G op in 2026 en voor 3G in 2028/2029. In Zweden schakelt Telia 3G in 2024 uit, waarna eind 2025 2G zal volgen.

In enkele landen zijn zowel 2G als 3G al volledig afgeschakeld, zoals in de Verenigde Staten en Australië²⁸. In deze landen zijn er meldingen van (Nederlandse) roaming-gebruikers die niet kunnen bellen of gebeld worden.

GSA en GSMA, de verenigingen voor respectievelijk leveranciers en mobiele operators, volgen de ontwikkelingen. GSMA geeft aanbevelingen²⁹ voor hun leden voor een probleemloze afschakeling van 2G- en 3G-netwerken. Deze zijn met name gericht op roaming-problemen met telefonie en SMS op hun eigen netwerken (*inbound roaming*) en bij roaming van abonnees in het buitenland (*outbound roaming*) als daar alle 2G- én 3G-netwerken zijn afgeschakeld. Deze problemen ontstaan als er geen overeenkomsten zijn tussen mobiele operators rondom VoLTE-roaming, waardoor gebruikers niet kunnen bellen of gebeld worden

²⁸ <https://gsacom.com/paper/2g-3g-switch-off-october-2022-summary/>

²⁹ Zie GSMA NG.121 - 2G-3G Sunset Guidelines (gsma.co)

5 Man-Made Noise

5.1 Inleiding

Man-made noise (MMN), ook wel *electromagnetic ambient noise* of *radio noise* genoemd, is een verzamelbegrip voor onbedoelde elektromagnetische uitzendingen van apparatuur. Grofweg kunnen deze emissies worden onderverdeeld in impulsruis (*impulsive noise* ofwel IN) en breedbandige, zogenoemde *white Gaussian noise* (WGN). Beide typen MMN kunnen elektromagnetische interferentie (EMI) veroorzaken op allerlei elektronische apparatuur. Naast MMN bestaan natuurlijke ruisbronnen zoals onweersontladingen, galactische ruis en elektromagnetische pulsen afkomstig van de zon. Deze natuurlijke bronnen zullen niet in dit hoofdstuk worden behandeld.

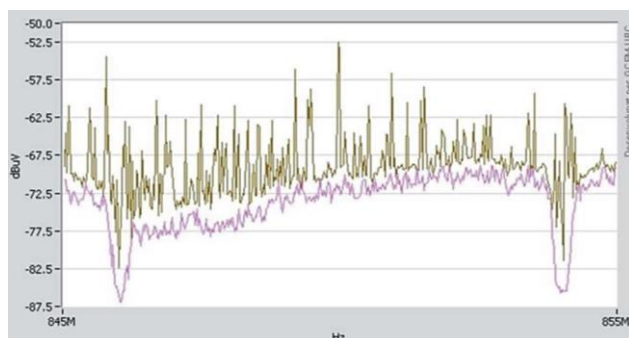
In dit Paragraaf 5.2 zal eerst worden ingegaan op de basale soorten MMN-bronnen die onderkend kunnen worden en waarom deze bronnen een probleem kunnen vormen. Vervolgens wordt in Paragraaf 5.3 ingegaan op de ontwikkeling van MMN in de laatste decennia en wel in relatie tot de gangbare ITU-R norm. Voor de kwantificering van MMN in de context van de toegenomen diversiteit van bronnen en omgevingen speelt modelvorming een belangrijke rol. Dit wordt in Paragraaf 5.4 kort belicht. In Paragraaf 5.5 zal aandacht worden besteed aan de weerslag van MMN op de (Europese) regelgeving. Tenslotte worden in Paragraaf 5.6 enige conclusies getrokken en aangegeven wat vervolgstappen kunnen zijn in activiteiten om met MMN beter om te kunnen gaan.

5.2 Typering MMN-bronnen en articulatie van het probleem

Impulsruis bestaat uit onbedoelde pulsvormige EM-velden (EMV) die worden uitgezonden door een bepaalde bron. Mogelijke bronnen zijn bijvoorbeeld digitale schakelapparatuur zoals in geschakelde voedingen, omzetters van bijvoorbeeld zonnepanelen, LED-lampen (waarin van merk tot merk veel kwaliteitsverschil zit en daardoor ook in de geproduceerde MMN), computerschakelingen, ontstekingsunits van (passerende) fossiele brandstofvoertuigen en tractiemotoren voor toepassing in het openbaar vervoer zoals in trams en treinen, et cetera.

Deze EMV-‘pieken’ kunnen in de relatieve nabijheid van ontvangstapparatuur hinderlijke, onregelende storing veroorzaken op met name andere systemen, vooral digitale zoals Wi-Fi-modules of DTT (Digitale Terrestrische Televisie, dat wil zeggen DVB-T ontvangers). Er is dan sprake van een sterk stoorsignaal in een beperkte frequentieband en van zwakkere signaalcomponenten in andere nabijgelegen banden. Door IN kan voor een relatief beperkte tijd (in de orde van minuten) bijvoorbeeld synchronisatie worden verstoord of kunnen hoge bitfouten optreden³⁰. Figuur 8 toont als voorbeeld links de interferentie van een DVB-T-signaal als gevolg van een nabij-passerende trein en rechts de (gereconstrueerde) uitwerking hiervan op de beeldkwaliteit.

³⁰ <https://research.utwente.nl/en/publications/man-made-noise-in-our-living-environments>, blz. 52-53



Paars: gewenste DVB-T-siginaal
Geel: door interferentie aangetast DVB-T-siginaal



Figuur 8: Voorbeeld van IN: verstoring van een DVB-T-siginaal door een passerende trein (l) en het effect op de beeldkwaliteit (r), ontvangen in een nabijgelegen huis [bron: Leferink et al]

WGN heeft een veel meer continu verloop met doorgaans een lager niveau dan impulsruis. WGN wordt afgegeven door de totale emissies van meerdere bronnen zoals hoogspanningskabels, 'lekkende' elektrische voedingskabels, power line communication (PLC) systems of xDSL (Digital Subscriber Line)-systemen en van bovengenoemde IN-bronnen die op grote schaal worden gebruikt. De MMN afkomstig van deze bronnen bevindt zich vooral in het HF-gebied en kan propageren via grondgolf en hemelgolf, afhankelijk van de radiofrequentie. Hoewel de aard van de storingen van veel van deze individuele bronnen impulsief en onregelmatig is, heeft door het optellen van de stoorvelden van meerdere bronnen het resulterende elektromagnetische veld een statistisch en breedbandig karakter. Het resultaat is dat dit totale veld tot op een aanzienlijke afstand van de afzonderlijke stoorbronnen, het ruisniveau aan de ingang van een ontvanger kan verhogen. Effectief wordt hierdoor de ontvangstgevoeligheid en daarmee de bedoelde werking van apparatuur verlaagd of zelfs ernstig gehinderd. Dit laatste betekent voor draadloze communicatieapparatuur een beperking van de reikwijdte en daardoor gebiedsdekking. Hier betreft het een veelheid van draadloze apparaten, bijvoorbeeld een mobiele telefoon, een Wi-Fi ontvanger, FM-, DAB+ en DVB-T-ontvangers, een marifoon, ontvangers voor AIS (Automatic Identification System), professionele communicatieapparatuur of industriële, op afstand regelbare apparatuur die werkt op basis van IoT (Internet-of-Things)-ontvangers. In tegenstelling tot de situatie van zo'n 50 jaar tot 30 jaar terug, vormt tegenwoordig het cumulatieve effect van de veelheid aan bronnen die de WGN oplevert, een algemene, dominante oorzaak van interferentie op vele draadloze apparaten waardoor deze niet of onvoldoende presteren. Ook neemt de indicatieve bovengrens van de radiofrequentie waarop sprake is van wezenlijke MMN-bijdragen nog steeds toe. Vooral omdat de toegepaste radiofrequenties en de schakelsnelheden van voedingen en omzetters alleen maar toenemen spreken we van MMN tot in de UHF-band en mogelijk zelfs in de toekomst in de SHF-band³¹.

5.3 Ontwikkeling van MMN in relatie tot normstelling

Tot de grootschalige invoering van digitale apparatuur in het vorige decennium was de dominante bron van MMN nog het ontstekingsmechanisme van verbrandingsmotoren. De ITU-R normen onder Recommendation P.372-15 (Radio Noise) voor diverse omgevingen

³¹ Proefschrift van T.W.H. Fockens: *Cumulation of Man-Made Radio Noise*, TU Twente, oktober 2023 (<https://research.utwente.nl/en/publications/cumulation-of-man-made-radio-noise-a-quest-for-causes-of-the-incr>), blz. 162

stammen uit deze periode en bleken niet bruikbaar voor de moderne tijd³². De waarden uit 1974 waren echter tot circa 2010 niet meer up-to-date gebracht. In de laatste decennia verbeterde weliswaar de ontstoring van ontstekers significant maar, zoals eerder aangegeven, anderzijds deed met name de digitalisering de MMN juist in bewoonde gebieden sterk stijgen. Daarnaast is, zoals hiervoor al aangegeven, de aard van MMN veranderd. Ook klachtmeldingen staven dit: tot circa 2003 hadden klachten vaak betrekking op individuele bronnen die niet aan de EMC-eisen voldeden terwijl in de laatste twee decennia in stedelijke omgevingen een stijging van het niveau en bandbreedte van WGN werd waargenomen³³. Bovendien waren de ITU-normen alleen gebaseerd op outdoor-omgevingen. De locatie waar EMI als gevolg van MMN wordt ervaren kan echter zowel outdoor, indoor als semi-indoor zijn. Zo is in deze twee laatste omgevingen sprake van kleinere gemiddelde afstanden van de stoorbronnen tot aan de ontvanger dan bij een outdoor-omgeving. In semi-indoor omgevingen spelen ook reflecties een rol die zorgen voor een onbedoelde verstrooiing van de MMN-signalen. Niet alleen is de dichtheid van MMN-bronnen in indoor- en semi-indoor-omgevingen groot maar is daar ook sprake van een diversiteit aan soorten, waarbij te denken valt aan onder meer ventilatie- en aircosystemen, LAN-apparatuur, LED-verlichting, multimedia-apparatuur, IoT-apparatuur, PV (fotovoltaïsche)-installaties zoals zonnepanelen, PLC-units en geschakelde voedingen in allerlei adapters waaronder voor laptops, boormachines, schuurmachines, stofzuigers en e-bikes, et cetera.

Specifieke MMN-bronnen die er in recente decennia in outdoor-omgevingen zijn bijgekomen zijn bijvoorbeeld wind- en zonneparken. Hoewel deze zich doorgaans in ruraal gebied bevinden, kan de impact van de MMN die zij genereren door het cumulatieve effect van de afzonderlijke panelen groot zijn, juist op systemen die niet primair voor stedelijke omgevingen zijn ontworpen zoals marifoonsystemen³⁴. Bij mobiele telefonie zijn de signaalmarges vaak zeer hoog, omdat het “interferentie-gelimiteerde” netwerken zijn, waardoor er minder snel last wordt ondervonden van MMN. Ook bij de planning van omroepnetwerken wordt rekening gehouden met een bebouwde omgeving, binnenshuisdekking en elektronische apparatuur waardoor er iets meer marge is voor het opvangen van MMN.

Een speciale categorie van MMN vormt de Unintended Electromagnetic Radiation (UEMR) afkomstig van bepaalde LEO-systemen die kunnen interfereren met radioastronomische waarnemingen in de UHF-band³⁵. Deze MMN is dus voor de burger niet van directe betekenis.

De outdoor-MMN in dichtbebouwde stedelijke gebieden bleek in 2023 ten opzichte van 1974 met gemiddeld 14 dB te zijn gestegen, waarbij piekwaarden tot circa 20 dB zijn geregistreerd³⁶. Onderstaand geeft Figuur 9 voor drie typen omgevingen (rurale gebieden, woonomgevingen en stedelijke omgevingen) de recent gemeten MMN-veldsterkten in vergelijking tot ITU-R-waarden voor het frequentiegebied tussen 500 kHz en 50 MHz.

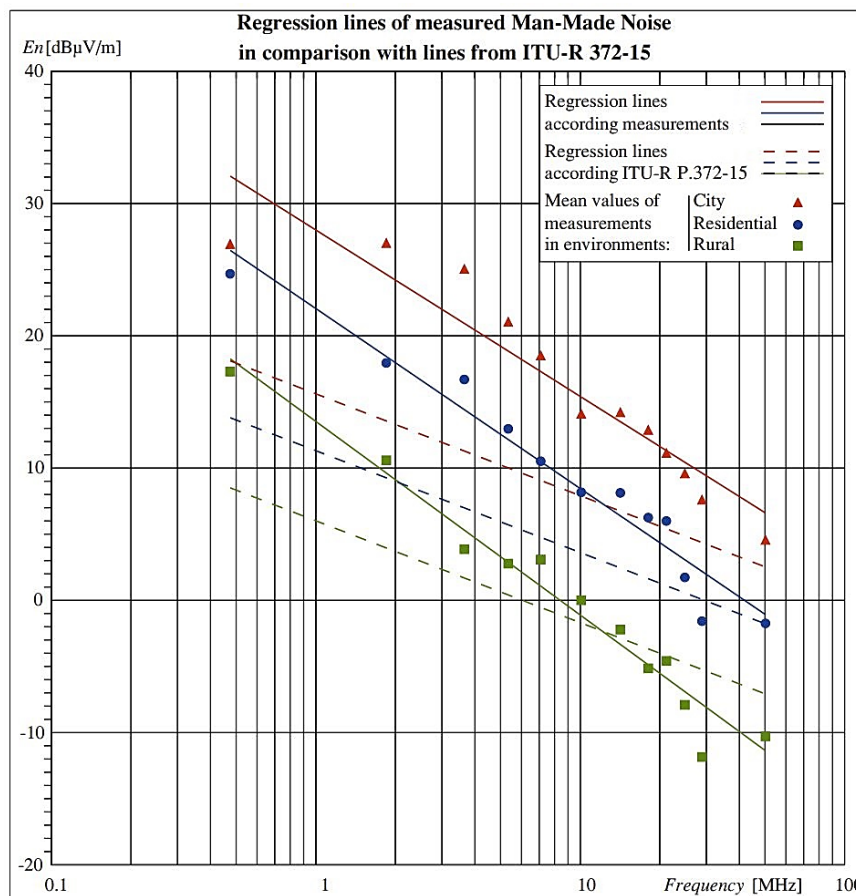
³² <https://research.utwente.nl/en/publications/man-made-noise-in-our-living-environments>, blz. 56

³³ Proefschrift van T.W.H. Fockens: *Cumulation of Man-Made Radio Noise*, TU Twente, oktober 2023, blz. 113

³⁴ TNO 2022 R10113 (<https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/@150726/radio-and-visual-hindrance-caused-by/>)

³⁵ F. Di Vruno et al: *Unintended electromagnetic radiation from Starlink satellites detected with LOFAR between 110 and 188 MHz*, maart 2023 (https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2023/08/aa46374-23/aa46374-23.html)

³⁶ Proefschrift van T.W.H. Fockens: *Cumulation of Man-Made Radio Noise*, TU Twente, oktober 2023, blz. 72



Figuur 9: Recent gemeten MMN-waarden in vergelijking tot de verouderde ITU-R-waarden voor 500 kHz – 50 MHz [bron: T.W.H. Fockens, blz. 71- aangepast]

Al in 2010 maakte een beperkte survey melding van verhogingen van MMN in semi-open omgevingen (industriële sites, kantoren, woningen maar ook treinen, auto's en vliegtuigen) ten opzichte van de ITU-R P.372-norm van circa 15 tot 20 dB, met uitschieters tot zelfs 40 dB terwijl overigens het ruisniveau in rurale gebieden, afhankelijk van de frequentieligging, af kon nemen. Dit is ook zichtbaar in de recente resultaten in Figuur 9³⁷. Wel moet worden aangetekend dat voor wat betreft de uitschieters waarschijnlijk nabijgelegen IN-bronnen zijn meegenomen, in casu in industriële omgevingen. De eindconclusie ten aanzien van de stijgende trend rond MMN voor met name stedelijke gebieden zal hier echter niet essentieel door veranderen. Figuur 9 laat ook zien dat de indicatieve bovengrens van de radiofrequentie waarop sprake is van wezenlijke MMN-bijdragen voor stedelijke gebieden is toegenomen sinds 1974.

5.4 Modelleren van MMN

Aangezien de cumulatie van de veelheid aan bronnen de dominant aanwezige WGN oplevert, richt recente modelvorming van MMN³⁸ zich op dit cumulatieve effect en wel waar dit logischerwijze significant is: in bewoonde gebieden.

Eerst is recent een statistisch model opgesteld voor de propagatie van ruis- en interferentiesignalen per object (woning, kantoor en dergelijke) in de band 1,4 – 28 MHz, dus

³⁷ <https://research.utwente.nl/en/publications/man-made-noise-in-our-living-environments>, blz. 51 en blz. 56

³⁸ Proefschrift van T.W.H. Fockens: *Cumulation of Man-Made Radio Noise*, TU Twente, oktober 2023, blz. 136 e.v.

vooral de HF-band. Hierbij kunnen de beschikbare vermogens van alle relevante ruisbronnen in een object opgeteld worden. Vooral nog is uitgegaan van 50 bronnen per object. Het resultaat wordt vermenigvuldigd met een effectieve *antenna gain* van elk object. Bij de modelvorming van de propagatie over een gegeven afstand van een object naar een ontvangstlocatie, is gebruik gemaakt van de verwerkte meetdata uit een meetcampagne die in Nederland is uitgevoerd³⁹. Deze heeft parameterwaarden opgeleverd waarvan mag worden uitgegaan in een bepaalde omgeving, zoals van de effectieve *antenna gain* per object.

Vervolgens is per gebied van interesse een cumulatiemodel afgeleid waarmee de bijdragen van alle effectieve stoorsignalen van de objecten in zo'n gebied kunnen worden gecombineerd.

Met het model kan de verwachtingswaarde voor de MMN op een gegeven locatie in een bepaald gebied met een gegeven geografische objectdichtheid (en daarmee van de dichtheid van elektronische en elektrische apparatuur) worden berekend. Op deze manier kan bijvoorbeeld in kaart worden gebracht hoe de MMN in een nieuwbouwwijk naar verwachting uitpakt en of en waar bepaalde specifieke maatregelen nodig zijn om deze, indien nodig, te beperken. Eventueel kunnen bekende bronnen expliciet in het model gedefinieerd worden. Binnen ITU Study Group 3 zal worden bestudeerd hoe bevindingen zoals de relatie tussen de apparatuur-dichtheid en hun afstanden tot de ontvanger, kunnen worden gebruikt voor een verfijning van het ITU P.372-model.

5.5 MMN en de huidige regelgeving

EU-regelgeving voor elektronische apparatuur binnen de Europese Unie (de Electromagnetic Compatibility Directive ofwel EMCD, ook bekend als EMC-richtlijn 2014/30/EU) zou MMN moeten kunnen beperken. In de praktijk valt dit echter tegen. De EMCD beperkt namelijk de intensiteit van de elektromagnetische straling die mag worden uitgezonden door een *individueel* elektrisch of elektronisch apparaat. Dit vindt plaats op basis van een veldsterktemaximum die op een gedefinieerde afstand niet mag worden overschreden. Individuele apparatuur moet dus aan deze wetgeving voldoen. Het is uiteindelijk toch lastig voor de normstellers om daarbij te anticiperen op een eventueel massaal gebruik van deze apparatuur dat leidt tot wezenlijke cumulatieve WGN-storing. Dit is immers afhankelijk van de situatie: hoeveel bedraagt dan het gelijktijdig gebruik, in welke omgeving, et cetera. Daarnaast is de EU-regelgeving vooral gericht op de voorwaarden voor het veilig gebruik van, wederom individuele, apparaten. Ten slotte moet gesteld worden dat in realiteit niet alleen apparatuur die voldoet aan de EMCD in Europa wordt verkocht maar dat ook devices uit andere continenten de Europese markt binnendringen. Omdat deze apparatuur in de regel emissiewaarden vertoont boven de EMCD-normen, zullen juist deze toestellen essentieel bijdragen aan MMN.

5.6 Conclusies en vervolg

Duidelijk is geworden dat ontwikkelingen in technologie en in het massale gebruik ervan MMN in met name stedelijke gebieden heeft doen stijgen in zowel intensiteit als frequentiebereik. Omdat deze ontwikkelingen gestaag verder verlopen zijn verwachtingen over de groei van MMN navenant. Het wordt belangrijker om MMN voldoende in kaart te kunnen brengen om te kunnen voorspellen of en waar tegenmaatregelen tegen MMN moeten worden genomen. Voor dit doel is een begin gemaakt door voor bewoonde gebieden in de Nederlandse situatie modellering op te zetten maar gepleit wordt voor het opzetten van meer metingen, juist ook in andere landen³⁰ om de nationale metingen te

³⁹ Proefschrift van T.W.H. Fockens: *Cumulation of Man-Made Radio Noise*, TU Twente, oktober 2023, blz. 93-117

ondersteunen en uit te breiden naar andere frequentiegebieden zoals VHF, UHF en op termijn naar SHF. Daarbij is het van belang om niet alleen incidentele metingen uit te voeren maar ook trends in de verschillende frequentiebanden en omgevingen vast te leggen. Een breed onderzoek kan ook zorgen voor een mondiale basis voor modellen, zoals de ITU-modellen, die vervolgens periodiek gevalideerd dienen te worden⁴⁰.

Op het gebied van regelgeving is tot nu toe de omgevingsfactor niet meegenomen in de EMCD, er wordt alleen gekeken naar de emissie van apparatuur. Het introduceren van bestendigheid van apparaten tegen zowel individueel als cumulatief gegenereerde MMN in bepaalde omgevingen zou een alternatieve benadering kunnen zijn³⁹.

⁴⁰ B. A. Witvliet et al: *Intended signals and ambient electromagnetic noise in HF spectrum management*, 4th URSI AT-RASC, Meloneras, mei 2024 (https://www.researchgate.net/publication/380856552_Intended_signals_and_ambient_electromagnetic_noise_in_HF_spectrum_management)

6 Nabeschuwing van de World Radio Conference 2023

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een nabeschuwing van de ITU WRC-23 (Wereld Radiocommunicatie Conferentie 2023). Deze conferentie werd gehouden van 20 november tot 15 december 2023 in het Dubai World Trade Center in de Verenigde Arabische Emiraten (VAE) en telde ongeveer 3900 deelnemers; een massale deelname die vooral tijdens de opening zichtbaar was, zie Figuur 10. Voor enige achtergronden van deze conferentie zoals het nationale voorbereidingsproces en agenda items (AI's) rond IMT (International Mobile Telecommunications), wordt verwezen naar de Monitor najaarseditie van 2022⁴¹.

Om de algehele waardering van behaalde resultaten te helpen plaatsen, worden in Paragraaf 6.2 eerst meta-doelstellingen van WRC-23 aangegeven. Daarna wordt in Paragraaf 6.3 ingegaan op concrete belangrijke uitkomsten van de WRC-23. Vervolgens reflecteert Paragraaf 6.4 op belangrijke uitkomsten van deze conferentie, onder andere in relatie tot de eerder vastgestelde meta-doelstellingen. Ten slotte wordt in Paragraaf 6.5 zeer globaal vooruit gekeken naar de volgende WRC's in 2027 en 2031.



Figuur 10: De ITU secretaris-generaal tijdens de opening speech van de WRC-23 [bron: ITU]

6.2 Meta-doelstellingen WRC-23

De afstemming voor- en tijdens een WRC vindt plaats op grond van gecoördineerde discussies tussen de belanghebbende partijen zoals landsvertegenwoordigers, industrieën

⁴¹ TNO P12274, december 2022, blz. 18-21

en providers. Elk van deze partijen heeft eigen, in principe vooral economische/commerciële doelen maar in de dynamiek van de discussies ontstaan tenslotte besluiten die behoren te passen in een geheel van algemeen geaccepteerde overkoepelende doelstellingen die in verband staan met het gedachtengoed van de Verenigde Naties (VN). De ITU Radio Regulations vormen het uitvoeringsverdrag dat de basis is voor de ITU-R, de Radiocommunicatie sector van de ITU en de organisator van de WRC. Een WRC is het enige moment waarop er een wijziging van dit uitvoeringsverdrag kan plaatsvinden en wordt daarom gekarakteriseerd als een *treaty making conference* waarvan de uitkomsten worden vastgelegd in de zogenaamde *final acts*.

De onbetwistbare meta-doelstellingen zijn in al dan niet gespecificeerde vorm bijvoorbeeld terug te vinden in het missiestatement van de ITU Radiocommunication Sector (ITU-R)⁴²:

The mission of the ITU Radiocommunication Sector is, inter alia, to ensure rational, equitable, efficient and economical use of the radio-frequency spectrum by all radiocommunication services [...].

Verdere bronnen voor meta-doelstellingen zijn het ITU-R document rond de toekomstige ontwikkelingen van IMT (ITU-R M.2083), doelstellingen van coördinatiegroepen, zoals de Europese RSPG (Radio Spectrum Policy Group) en de SFCG (Space Frequency Coordination Group) en uitspraken van ITU-R officials voor-, tijdens of na afloop van onder meer deze WRC.

Voor de WRC-23 (en voor vele andere WRC's) zijn zoal de volgende meta-doelen^{42, 43} te identificeren:

- Realiseren van een rationeel en stabiel reguleringsklimaat ten behoeve van investerende partijen;
- Efficiënt en economisch gebruik van het radiospectrum door alle diensten;
- Vergroting van de veiligheid op zee, land en in de lucht;
- Bewerkstelligen van een duurzame en inclusieve digitale transformatie;
- Vergroten van de toegankelijkheid van- en gelijkheid in gebruik van radiomiddelen in de ruimte;
- Realiseren van wereldwijde, universele connectiviteit;
- Ondersteunen van de technologische innovatie door het vaststellen van nieuw spectrum.

Ten aanzien van het internationale reguleringsklimaat werd gemeld dat het proces dat heeft geleid tot het bijwerken van de ITU Radio Regulations geholpen heeft om “een pad te effenen dat leidt tot een stabiel, voorspelbaar regelgevingsklimaat [...]”, een ambitieuze belofte in een tijd waarin ontwikkelingen zeer snel verlopen en waar op zijn minst begrip uit mag spreken voor wensen van belanghebbenden zoals investeerders en overheden.

6.3 Belangrijke uitkomsten van de WRC-23

Het ITU-persbericht⁴³ van 15 december 2023 noemt een aantal belangrijke uitkomsten van deze WRC in de vorm van herzieningen (*revisions*) van de ITU Radio Regulations. In deze paragraaf is een selectie hiervan in verband gebracht met het betreffende AI. De

⁴² <https://www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/mission-statement.aspx>

⁴³ <https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PR-2023-12-15-WRC23-closing-ceremony.aspx#:~:text=Overall%2C%20WRC%2D23%20approved%2043,weather%20forecasting%20and%20climate%20monitoring>

beschrijvingen van de AI's die het mobiel gebruik betreffen, zijn in de eerder genoemde Monitor-editie terug te vinden.

Per AI is globaal het volgende bereikt:

- AI 1.1: Bescherming van verkeer in de band 4800-4990 MHz in het internationaal lucht-ruim en -water tegen land-gebonden IMT in deze band met specifieke aandacht voor het militaire (NATO)-verkeer.
Op dit gebied ontstonden complexe discussies en konden niet unaniem beschermende bepalingen (in de vorm van bijgestelde Power Flux Density-maskers) voor mobiele stations aan boord van schepen en vliegende platforms overeen worden gekomen⁴⁴.
- AI 1.2/AI 1.3: Mogelijk additioneel spectrum voor IMT in de lagere SHF-band waarbij het vooral om 'Wi-Fi versus 5G' gaat.
Hier zijn de banden 3300-3400 MHz (Regio 1 met bescherming voor de *radio location services* en Regio 2), 3600- 3800 MHz (Regio 1), 6425-7125 MHz (deze volledige 6 GHz-band voor Regio 1) en 10-10,5 GHz (Regio 2; voor Nederland de overzeese gebieden, zonder bescherming van de radiolocatiedienst) voor toegewezen. Voor wat betreft de 6 GHz-band in Europa wordt gebruik door Wi-Fi voorlopig nog opengelaten en zal verder ter beoordeling zijn van de EU.
- AI 1.4: Het gebruik van IMT aan boord van High Altitude Platform Stations (HAPS) voor ad-hoc IMT-capaciteit en -dekking in afgelegen gebieden.
Tijdens WRC-23 werden hiervoor de banden 694-960 MHz, 1710-1885 MHz en 2500-2690 MHz vastgesteld tezamen met voorschriften voor de inzet van middelen. De voorwaarden voor deze technologie, genoemd HIBS (High Altitude IMT Base Stations), in de banden 1885-1980 MHz, 2010-2025 MHz en 2110-2170 MHz zijn bijgesteld.
- AI 1.5: Review van de UHF-band 470-694 MHz.
In deze band blijft omroep, inclusief DTT (Digitale Terrestrische Televisie) en 5G Broadcast, de enige primaire dienst in ITU Regio 1 tot tenminste 2031 (wanneer weer een WRC zal plaatsvinden). Daarmee heeft de co-primaire status van mobiel gebruik in deze UHF-band geen doorgang gevonden. In de periode van acht jaar zal mobiel gebruik in alle CEPT-landen behalve Italië en Spanje, secundair zijn. Deze status had ook PMSE-gebruik al. Voor deze sector is dit dus in principe een status quo. Het secundair IMT-gebruik is echter onderhevig aan nationale voorwaarden en landen zijn dus vrij om op dit gebied zelf het beleid nader in te vullen.
- AI 1.10: Spectrum voor nieuwe lucht mobiele communicatietoepassingen, anders dan voor veiligheid.
Hier zijn de banden 15,41-15,7 GHz en 22-22,21 GHz voor Regio 1 en enkele landen uit Regio 3 toegewezen. Hierdoor zullen vliegtuigen, helikopters en drones geavanceerde digitale apparatuur kunnen toepassen voor bijvoorbeeld bewaking, monitoring, filmopnamen en kartering⁴³. Via breedbandige verbindingen in deze banden kunnen de hiermee gemoeide grote volumens data worden overgedragen;
- AI 1.11: Modernisering van het Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).
Regulerende acties zijn uitgevoerd ten behoeve van de implementatie van e-navigatiesystemen. Verder is het Chinese satellietbedrijf Bei-Dou als GMDSS-provider erkend onder voorwaarde dat interferentie met bestaande systemen en netwerken (in casu in de L-band) wordt voorkomen. Er is een *provisional allocation* voor het systeem van Bei-Dou voor de Zuid-Chinese zee overeengekomen waarvan de voorwaarden in 2027 zullen worden geëvalueerd.

⁴⁴ <https://ctu.int/wp-content/uploads/2024/02/WRC-23-outcome-for-Mobile-service-and-IMT.pdf>

- AI 1.18: Spectrumbehoeften en mogelijk nieuwe allocaties voor smalbandige mobiele, gesloten satellietcommunicatiediensten ofwel MSS (Mobile Satellite Service) via LEO (Low Earth Orbit) en MEO (Medium Earth Orbit)-systemen. De banden voor Regio 2 blijven beschikbaar. Voor de band 2010-2025 MHz speelt co-existentie-problematiek waarover deze WRC geen beslissing werd genomen en wordt dit doorgeschoven naar de volgende WRC met als doel wereldwijde MSS-allocaties te kunnen realiseren⁴⁵.

Verder is voor EESS (Earth Exploration Satellite Services) ofwel aardobservatiemiddelen vanuit de ruimte, additioneel spectrum toegewezen voor passieve EESS (AI 1.14). Daarnaast zijn ook voorwaarden opgenomen voor actieve EESS (AI 1.12) systemen zoals geografische gebiedsbepalingen en operationele- en technische condities. In Paragraaf 6.4 zal EESS nader ter sprake komen. Deze systemen zijn van groot belang voor toekomstig klimaatonderzoek.

6.4 Algehele reflectie op de belangrijke uitkomsten van de WRC-23

Vanuit de Amerikaanse National Science Foundation (NSF) werd gesignaleerd dat vanuit wetenschappelijk oogpunt deze WRC zeer succesvol was⁴⁶. Dit werd onder andere ingegeven door de aandacht die de protectie van het spectrum voor radioastronomie heeft gekregen (onder meer de voorgenomen inventarisatie van radiostille zones), de regulering voor het satelliet spectrum en -ruimtesegmenten en de waardering voor- en dus bescherming van aardobservatiemiddelen vanuit de ruimte (EESS) ten behoeve van verbeterde weersverwachting, alarmering van natuurrampen en klimaatmonitoring. Daarnaast is in een resolutie het belang van *space weather observation* vastgelegd waarbij het gaat om het waarnemen van *solar flares*, zonnestraling en geomagnetische stormen die met radiosystemen kunnen interfereren. Al deze onderwerpen zijn van algemeen belang voor de mensheid. Resultaten op deze gebieden waren weliswaar vaak het resultaat van intensieve discussies maar het geeft anderzijds wel aan dat het ecosysteem van de WRC om via redelijke onderhandelingen en compromissen tot besluiten te komen, werkt.

Letterlijk wat dichterbij de aarde, biedt de ondersteuning van HIBS (High Altitude IMT Base Stations) mogelijkheden voor het overbruggen van de digitale kloof in afgelegen en landelijke gebieden en daarmee voor het verkrijgen van universele connectiviteit. Ook kan via HIBS connectiviteit tijdens rampen worden gecontinueerd. Dit draagt dus bij tot het vergroten van veiligheid, hetgeen ook bijvoorbeeld wordt bereikt ter zee door de modernisering van GMDSS.

Ook hier worden dus belangrijke meta-doelen gediend waarbij uiteraard aangetekend moet worden dat dit wel hand in hand gaat met economische en commerciële belangen van investeerders en operators maar ook dit is een meta-doelstelling.

Er zijn ook andere visies op het functioneren en de resultaten van de WRC waaruit minder tot geen vertrouwen in open samenwerking ten gunste van de burgers spreekt. In dergelijke opinies worden de WRC-discussies gezien als arena's waar landen en bedrijven strijden om mondiale invloed en landen aandringen op spectrumtoewijzingen die aansluiten bij hun geopolitieke doelstellingen. Landen zouden die banden in het vizier hebben, die van belang zijn voor hun nationale industrie⁴⁷.

In het kader van AI 1.2 wordt erop gewezen dat de mobiele industrie waarschijnlijk een deel

⁴⁵ <https://cept.org/files/130712/WRC-23%20report%20from%20week%201.pdf>

⁴⁶ https://www.nsf.gov/attachments/308703/public/5_World_Radio_Conference-23_Outcomes_Jonathan_Williams.pdf

⁴⁷ <https://www.article19.org/resources/wrc-outcomes-geopolitics-markets/>

van de 6 GHz-band toegewezen zal krijgen (ten koste van Wi-Fi). Men waarschuwt voor marktconcentratie in de mobiele industrie en roept landen op om zich uit te spreken voor meer diversiteit en openheid van technologie en businessmodellen. Een vergelijkbare marktconcentratie zou ook gelden voor de LEO-markt.

Specifiek was vooral AI 1.5 een controversieel agenda item waarover veel onderlinge verschillen bestonden tussen lidstaten, alleen al in Europa. In de voorbereiding op de WRC-31 heeft BNE (Broadcast Networks Europe) zelfs opgeroepen tot een neutralere formulering van de heroverweging van de UHF-beslissing van de WRC-23. Deze zou aanvankelijk teveel in de richting zijn verwoord van heroverweging van de co-primaire status van mobiele diensten. In het politieke spel weegt elke suggestie van het bevoordelen van een bepaalde belangengroep zwaar en moet te allen tijde vermeden worden. Blijkbaar vond BNE dit signaal (in casu naar de RSPG) nodig.

Verder zou het feit dat er veel onderlinge verschillen bestonden tussen lidstaten rond AI 1.5 opgevat kunnen worden als een bedreiging voor de spectrumharmonisatie in Europa voor mobiele communicatie beneden 1 GHz en daarmee voor het bereiken van een *economies of scale* voor de mobiele apparatuur in deze UHF-band⁴⁸.

Al met al hebben de uitkomsten van met name deze WRC geleid tot uiteenlopende reacties die verband houden met meta-doelstellingen maar soms spreekt ook rond specifiekere kwesties voldoening of juist bezorgdheid.

6.5 Globale vooruitblik op WRC-27 en WRC-31

De meeste agendapunten waarover tijdens de eerste Conference Preparatory Meeting WRC-27 (CPM-27-1⁴⁹) is besloten voor behandeling tijdens de volgende conferentie (WRC-27) zullen betrekking hebben op diensten die gebruik maken van satellieten, vooral niet-geostationaire satellietssystemen. WRC-27 zal dan ook een focus hebben op spectrum voor gebruik van satellietssystemen.

Specifiek zal nader invulling worden gegeven aan de voornoemde bescherming van aard- en ruimteobservatie en radioastronomie en wordt ook ingestoken op *space-to-space* allocaties voor toekomstige communicatie op het maanoppervlak en van de maan met een ruimtestation.

Een andere resolutie heeft betrekking op mogelijk nieuwe allocaties voor directe verbindingen tussen mobiele gebruikersapparatuur en ruimtesegmenten (*direct-to-device*⁵⁰) ter aanvulling op de terrestrische mobiele dekking. Dit is dus van belang voor de integratie van de satellietcommunicatiecomponent en terrestrische mobiele communicatiesystemen. In aanvulling op AI 1.18 van de WRC-23 zullen nieuwe allocaties voor smalbandige mobiele, gesloten satellietcommunicatiediensten nader worden overwogen.

Voor de WRC-31 zal de heroverweging van de status quo rond de UHF-band 470-694 MHz worden geagendeerd. Dit gaat dan vooral om de EBU (European Broadcast Union)-leden als belanghebbenden en heeft betrekking op zowel de draadloze apparatuur voor de productie- als voor de distributie van content.

Daarnaast zal verder worden ingezet op luchtmobiele communicatietoepassingen aan boord van autonome platforms.

⁴⁸ <https://accesspartnership.com/does-the-outcome-of-wrc-23-agenda-item-1-5-signify-an-end-to-a-harmonised-approach-to-sub-1ghz-spectrum-in-europe/>

⁴⁹ De eerste van de twee CPM's vindt altijd aansluitend aan een WRC plaats en hier wordt de voorlopige agenda voor de twee volgende WRC's vastgesteld.

⁵⁰ Niet te verwarren met *device-to-device* voor mobiele systemen zoals genoemd in Hoofdstuk 2; beide begrippen staan ook bekend onder de afkorting D2D.