

Rapport frequentie-technisch onderzoek PAMR-band

Colofon

Aan	Ministerie van EZK, directie Digitale Economie
Van	Projectgroep AT
Nummer	1.0
Datum	14 juli 2020
Leden	AT

Copyright

Agentschap Telecom ©2020

Inhoud

1. Management samenvatting
2. Introductie
 - 2.1 Onderzoeksvraag
 - 2.2 Geschiedenis
 - 2.3 Huidige bestemming en gebruik 450-470 MHz-band
 - 2.4 Toespitsing op het huidig gebruik van de PAMR-band
 - 2.4.1 Toepassingen
 - 2.5 Aanpak
 - 2.6 Leeswijzer
3. Internationaal perspectief
 - 3.1 Overzicht van indeling en gebruik van de frequentieruimte in CEPT- en buurlanden
 - 3.2 Grenscoördinatie in de 400 MHz band
4. Optimaal gebruik frequentieband
 - 4.1 Guard bands en block edge masks
 - 4.2 Mogelijke nieuwe bandindelingen waarbij minimaal 1 CDMA kanaal in stand blijft
 - 4.3 Nadere bepalingen over het inrichten van de blokken
5. Analyse spectrumgebruik versus data consumptie bij CDMA toepassing
6. Advies over mogelijk gebruik frequentieruimte, nationaal en regionaal
7. Conclusies
8. Referenties

Annex A Spectrum monitoring informatie

1. Management samenvatting

In het frequentie spectrum tussen 450 MHz en 470 MHz ligt een band die gebruikt wordt voor Private Mobile Radio (PMR) en Public Access Mobile Radio (PAMR).

Na de afschakeling van het autotelefoon 2 net (ATF2) is 3 MHz gepaarde frequentieruimte (2x3 MHz) 451,76875 MHz – 454,76875 MHz en 461,76875 MHz – 464,76875 MHz in 2005 geveild voor PAMR. Utility Connect is de huidige vergunninghouder en de frequentieruimte wordt door Liander, Stedin en Westland Infra gebruikt voor het uitlezen van slimme meters in hun werkingsgebied. De uitvoering van deze uitlezing ligt bij hun dochtermaatschappij, Utility Connect (UC). De PAMR-vergunning loopt tot en met 17 november 2024. ATF had 2 x 4,4 MHz frequentieruimte in gebruik en de 2 x 1,4 MHz, die niet geveild is, is bestemd en in gebruik voor smalbandige PMR netwerken.

Dit onderzoek is uitgevoerd ter onderbouwing van het beleid voor de toekomstige indeling en uitgifte van deze PAMR-band binnen het 450 MHz – 470 MHz spectrum in het hierboven genoemde banddeel.

Hoofdvraag:

Welke frequentieruimte kan EZK bij de her uitgifte van de PAMR-band¹ beschikbaar stellen en hoe kan die worden ingedeeld?

Vanwege de onderzoeksvraag is dit rapport toegespitst op een gedeelte van de 450-470 MHz-band namelijk de in gebruik zijnde frequenties tussen 451,76875 MHz – 454,76875 MHz en 461,76875 MHz – 464,76875 MHz en een mogelijke aanpassing voor een optimaler gebruik. Voor dit laatste wordt ook gekeken naar 3GPP LTE band 72 (451-456 MHz en 461-466 MHz).

Het onderzoek heeft zich met name gericht op de volgende aspecten:

- Hoe verhoudt zich het gebruik van deze band door Nederland in internationaal perspectief.
- De frequentie toewijzing in de betreffende band met betrekking tot het huidige en toekomstige gebruik van deze band voor onder andere het uitlezen van slimme meters, M2M, IoT-toepassingen, non-specifieke (niet SRD) vergunningsvrije toepassingen, etc.

Deze twee aspecten vindt u terug in de diverse hoofdstukken van deze rapportage, waarmee tevens de deelvragen worden beantwoord.

Een belangrijk uitgangspunt is mogelijke huidige en/of vrij te komen frequentieruimte **technologie- en dienstenneutraal** aan te bieden. Dit kan marktpartijen meer gebruiksmogelijkheden en perspectief voor toekomstige ontwikkelingen bieden.

¹ 2 x 3 MHz, up link 451,76875 – 454,76875 MHz en down link 461,76875 – 464,76875 MHz.

Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden is een 4-tal deelvragen opgesteld.

Voor de **beantwoording** van de **hoofdvraag en de deelvragen** wordt verwezen naar **hoofdstuk 7: Conclusies**.

De belangrijkste **bevindingen** in dit rapport zijn:

- Als breedbandige systemen aan beide kanten van de grens worden gebruikt, dan biedt de concept aanvullende grenscoördinatie overeenkomst meer mogelijkheden om breedbandige dekking te realiseren in de grensregio's. Duitsland heeft breedbandige systemen in deze frequentiebanden; België heeft smalbandige systemen en dat gaat niet goed samen met breedbandige netwerken die tot op de grens dekking willen bieden. De concept aanvullende overeenkomst is gebaseerd op de vernieuwde versie van CEPT/ECC aanbeveling T/R 25-08 die naar ECC Report 276 verwijst. De aanvullende overeenkomst moet nog worden vastgesteld, maar zal vooral een verbetering van de mogelijkheden geven voor breedbandsystemen in het grensgebied met Duitsland.
- Voor het uitlezen van slimme meters die gebruik maken van CDMA technologie is (gebruik met) 1 carrierpaar (1 X uplink en 1 X downlink van elk 1,5 MHz breed) voldoende.
- Het is mogelijk 2 of 3 aaneengesloten blokken van 1,5 MHz (up- en downlink) technologie- en diensten neutraal vrij te maken in deze band nadat de huidige vergunningstermijn is verlopen (na 17 november 2024). Dit kan echter wel consequenties hebben voor een groot aantal vergunninghouders in deze band. Hiervoor is een inspanning noodzakelijk met betrekking tot de huidige gebruikers zoals deze qua aantallen zijn weergegeven in tabel 7.
- In het geval dat er 1 carrier in gebruik blijft ten behoeve van slimme meters, is het is mogelijk 1 of 2 aaneengesloten blokken van 1,5 MHz (up- en downlink) technologie- en diensten neutraal vrij te maken in deze band.

EZK laat nog marktonderzoek doen naar de behoefte aan het gebruik van de 450 – 470 MHz-band. Resultaten van dit onderzoek zijn uiteraard nog niet meegenomen in dit onderzoek.

2. Introductie

PAMR (Public Access Mobile Radio) is een openbaar elektronisch communicatienetwerk voor mobiele communicatiedienstverlening aan professionele gebruikers. Dat wil zeggen dat een bedrijf of instelling een abonnement kan nemen op een netwerk, dat zich bij het gebruik gedraagt als een besloten netwerk. Hierdoor kunnen afzonderlijke bedrijven/instellingen niet direct met elkaar communiceren. Voorbeelden van deze gebruikersgroepen zijn: taxicentrales, beveiligingsdiensten en koeriersdiensten.

PMR (Private Mobile Radio) wordt in zijn geheel opgezet en beheerd door een gebruikersgroep/onderneming/bedrijf en bestaat uit één of meerdere vaste post(en) (de centrale) en een aantal mobiele units (portofoons of mobilifoons). Het kan ook een netwerk zijn van alleen mobiele posten. Via de centrale post wordt het contact met de mobiele medewerkers gelegd. Alhoewel de mobilifoonsystemen in eerste instantie bedoeld zijn om vanaf de thuisbasis contact te kunnen houden met de mobiele communicatiesets.

Het bedekkingsgebied van een dergelijk systeem is, afhankelijk van de frequentie, beperkt tot een straal van een tiental kilometers rond de centraal opgestelde antenne. Wel hebben de mobiele units vaak de mogelijkheid als relais te kunnen fungeren waardoor het netwerk zich geografisch uit kan breiden. Een voorbeeld van een PMR-netwerk is het C2000 netwerk van veiligheidsdiensten.

Van oudsher werd een deel van deze PAMR band gebruikt voor telefonie band (ATF 2), Openbare Orde en Veiligheid (OOV) en besloten netwerken voor bedrijfstoepassingen. Bij deze laatste moet gedacht worden aan mobilfoon- en portfoonnetwerken voor bedrijfstoepassingen in o.a. de petrochemische industrie, kraanbedrijven maar ook voor evenementen. Grote industrieën hebben hun eigen netwerk, maar ook de plaatselijke EHBO vereniging werkt in deze band.

Vanwege de aard van het gebruik is deze PAMR band (bevindt zich in de 450 MHz – 470 MHz band) ingericht voor duplex gebruik. Dit houdt in dat er communicatie plaatsvindt tussen een basisstation en een of meerdere gebruikers op verschillende frequenties. Bij het indelen van deze band is er sprake van een duidelijke scheiding in gebruikte zend- en ontvangsfrequenties.

De communicatie zoals deze plaatsvindt vanaf het basisstation wordt in dit onderzoek aangeduid met 'downlink', de communicatie van de gebruiker naar het basisstation is dan uiteraard de 'uplink'.

2.1 Onderzoeksvraag

Achtergrond van het onderzoek

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft in 2005 frequentieruimte in de 450-470 MHz band ter beschikking gesteld voor de exploitatie van een PAMR netwerk. Dit is een openbaar elektronisch communicatienetwerk voor mobiele communicatiedienstverlening aan professionele gebruikers. Het gaat om één vergunning van 2 x 3 MHz.

Op dit moment wordt de vergunning geëxploiteerd door Utility Connect B.V., primair om slimme energiemeters van een draadloze verbinding te voorzien. De oorspronkelijke vergunning had een looptijd van 15 jaar en liep tot en met 17 november 2020.

In november 2018 heeft de Staatssecretaris van EZK besloten tot verlengbaarheid van de huidige PAMR-vergunningen met vier jaar, dus t/m 17 november 2024 (Besluit Verlengbaarheid PAMR-vergunning 2018). EZK start nu met de voorbereiding van het beleid voor het frequentiegebruik in de PAMR-band ná de verlengingsperiode dus na 2024. Uitgangspunt hierbij is de frequentieruimte opnieuw beschikbaar te stellen voor professionele mobiele communicatie en voor openbare, landelijke mobiele dienstverlening. Daarbij is er aandacht voor het borgen van de continuïteit van slimme energiemeters. Zie hiertoe het Dialogic rapport opgenomen als referentie 1.

Het (laten) doen van onderzoek vormt een belangrijke eerste stap in de beleidsvorming. Zo zal onderzocht moeten worden welke frequentieruimte in een nieuwe verdeling beschikbaar kan worden gesteld en hoe EZK de gebruiksmogelijkheden van de PAMR-band eventueel kan optimaliseren. In het verlengbaarheidsbesluit heeft EZK (in de toelichting) namelijk aangegeven dat het bij toekomstige her uitgifte zal bezien of en hoe het de frequentie-technische gebruiksmogelijkheden van de PAMR-band kan optimaliseren.

Aandachtspunt is de inzetbaarheid van LTE in de PAMR-band. Uit marktonderzoek van Dialogic in 2017 [3] en verschillende consultatiereacties bleek namelijk dat marktpartijen met name kijken naar LTE-technologie om te voorzien in hun (toekomstige) communicatiebehoefte.

Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Welke frequentieruimte kan EZK bij de her uitgifte van de PAMR-band² beschikbaar stellen en hoe kan die worden ingedeeld?

Deelvragen:

- Wat zijn (de ontwikkelingen in) de relevante internationale kaders en wat betekenen die voor het gebruik van de frequentieruimte? Gedacht wordt aan

² 2 x 3 MHz, up link 451,76875 – 454,76875 MHz en down link 461,76875 – 464,76875 MHz.

de recente revisie van CEPT-ECC aanbeveling T/R 25-08 en herziening van de grenscoördinatie-afspraken.

- Wat zijn mogelijke indelingen van de huidige PAMR-band, uitgaande van landelijk gebruik? Het marktonderzoek uit 2017 beschreef op hoofdlijn al verschillende mogelijke indelingen. In hoeverre zijn die te realiseren? Beschouw in ieder geval de co-existentie van LTE en CDMA in de PAMR-band.
- In hoeverre is regionaal/lokaal gebruik mogelijk en wat zijn daarbij de overwegingen? Kan frequentieruimte die door een aanbieder niet benut zou worden separaat worden uitgegeven? Verzoek is om ook de mogelijkheden voor gebruik op de Noordzee te betrekken.
- Welke opties zijn er om de gebruiksmogelijkheden van de huidige PAMR-band te optimaliseren (met name voor gebruik van 3GPP-gestandaardiseerde systemen)? In hoeverre draagt het verbreden van de PAMR-band hier aan bij, welke mogelijkheden zijn er daartoe en wat zijn de overwegingen daarbij (zoals migratie van bestaande vergunningen)?

2.2 Geschiedenis

Toen in 1983 bleek dat de capaciteit van de 1^e autotelefonie band (ATF-1) verzadigd was, is door PTT begonnen met het inrichten van een tweede autotelefonie netwerk, ATF2. Dit netwerk werd gepositioneerd in de PAMR-band en is actief gebleven tot 1999.

In 2005 heeft er een veiling plaatsgevonden van een gedeelte van de PAMR-band (2X3 MHz), waarvoor veel belangstelling bestond voor een diversiteit aan toepassingen.[15] Deze veiling is gewonnen door de Nederlandse Omroep Zender Maatschappij (NOZEMA).

In de jaren daaropvolgend is deze frequentieband gebruikt voor diverse testdoeleinden, waaronder het hosten van een Wifi (backhaul) verbinding in het spoortraject tussen Groningen en Leeuwarden. Dit geeft aan dat deze band voor verschillende technologieën / toepassingen technisch interessant is.

NOZEMA is in 2006 opgegaan in KPN. Vanwege de verplichtende voorwaarde in deze vergunning een landelijk netwerk uit te rollen heeft KPN in 2010 een aantal basisstations geplaatst. Daarna heeft KPN de vergunning in 2012 overgedragen aan Utility Connect, inclusief de reeds bestaande infrastructuur.

Aanleiding om de PAMR-vergunning van KPN over te nemen was voor Liander de ophanden zijnde grootschalige uitrol van slimme energiemeters. Hiertoe is in samenwerking met andere elektriciteitsnetwerk beheerders (Stedin en Westland Infra) een vervolg gegeven aan het draadloos communicatienetwerk op basis van CDMA 450 techniek in de PAMR-band. Als uitvoerende en beherende partij is daarvoor Utility Connect (UC) als dochtermaatschappij opgericht. De vergunning is daarbij in 2019 verlengd t/m 17 november 2024.

2.3 Huidige bestemming en gebruik 450-470 MHz-band

De bestemming van de 450-470 MHz band is vastgelegd in het Nationaal Frequentie Plan (NFP) zoals aangegeven in Tabel 1 en geregeld in vergunningen.

Tabel 1: 450-470 MHz band van Nationaal Frequentieplan 2014 [16]

Bandgrens		ITU dienst	Bestemming	Verdeelmechanisme
450	MHz			
		MS	Mobiele communicatie 5.209	Aangewezen voor publieke taken en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag.
451,3	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, openbare en private besloten netten 5.209	Aangewezen voor Veiligheid en Justitie en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden via veiling of vergelijkende toets.
455	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, openbare en private besloten netten 5.209	Aangewezen voor Defensie en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden via veiling of vergelijkende toets.
455,74	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, landmobiele besloten netten & alarmering & lokale data netwerken 5.209	Aangewezen voor Defensie & Justitie en Veiligheid en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden via veiling of vergelijkende toets.
456	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, marifonie & landmobiele besloten netten & alarmering & lokale data netwerken 5.287	Aangewezen voor publieke taken. Marifonie zonder vergunning onder voorwaarden met meldingsplicht en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden via veiling of vergelijkende toets.

459	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, landmobiele besloten netten & alarmering & lokale data netwerken 5.209	Aangewezen voor Defensie & Veiligheid en Justitie en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden via veiling of vergelijkende toets.
460	MHz			
		MS	Mobiele communicatie 5.287	Aangewezen voor publieke taken en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag.
461,3	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, openbare en private besloten netten 5.287	Aangewezen voor Defensie en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden via veiling of vergelijkende toets.
465,74	MHz			
		MS	Mobiele communicatie, marifonie & landmobiele besloten netten & alarmering & lokale data netwerken 5.287	Aangewezen voor publieke taken, marifonie zonder vergunning onder voorwaarden met meldingsplicht en overigens vergunningverlening op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Voor commerciële telecommunicatiedienstverlening aan derden, anders dan paging, via veiling of vergelijkende toets.
470	MHz			

Vanwege de onderzoeksvraag is dit rapport toegespitst op de frequenties tussen 451,76875 MHz – 454,76875 MHz en 461,76875 MHz – 464,76875 MHz en een mogelijke aanpassing voor een optimaler gebruik. Voor dit laatste wordt ook gekeken naar 3GPP LTE band 72 (451-456 MHz en 461-466 MHz).

Het huidige gebruik* van de 450-470 MHz-band is divers. Naast het gebruik van 2 x 3 MHz voor PAMR (451,76875 MHz – 454,76875 MHz en 461,76875 MHz – 464,76875 MHz) is er gebruik onder vergunningen door mobiele communicatie in de categorieën Afstandsbesturing, Alarmering, Portofoon netten algemene planning, Draadloze audioverbinding, Mobiel, HF-oproepinrichting, Overig mobiel, Portofoon/mobilfoon voor tijdelijk gebruik, Telemetrie algemeen, Telemetrie medisch d.w.z. in ziekenhuizen, en trunking, zie tabel 2.

Tabel 2: Gebruik 450 MHz – 470 MHz band

Frequentieband	Gebruik	Aantal vergunningen*
450,00 – 451,77 MHz	diverse toepassingen	1194
451,77 – 454,77 MHz	PAMR (uplink frequenties)	1
454,77 – 461,77 MHz	diverse toepassingen	5168
461,77 – 464,77 MHz	PAMR (downlink frequenties)	1
464,77 – 470,00 MHz	diverse toepassingen	1623

* Omdat het een duplex band is waarin ook simplex is ondergebracht kan een vergunning 2 keer geteld worden: een keer in de onderband en een keer in de bovenband.

Bij besloten netwerken voor overheids- of bedrijfstoepassingen moet gedacht worden aan mobilfoon- en portofoonnetwerken bij defensie, maar ook in de petrochemische industrie, kraanbedrijven of voor evenementen. Grote industrieën hebben hun eigen netwerk, maar ook de plaatselijke EHBO vereniging werkt in deze band.

De 450-470 MHz band is ingericht voor duplex gebruik (zie Tabel 2) en er zit ook simplex gebruik in de band. Bij duplex gebruik houdt dit in dat er communicatie plaatsvindt tussen een basisstation en een of meerdere gebruikers op verschillende frequenties. Bij het indelen van deze band is er sprake van een duidelijke scheiding in gebruikte zend- en ontvangsfrequenties.

De communicatie zoals deze plaatsvindt vanaf het basisstation wordt in dit onderzoek aangeduid met 'downlink', de communicatie van de gebruiker naar het basisstation is dan uiteraard de 'uplink'.

Er is tevens gebruik van frequentieruimte zonder vergunning met meldingsplicht door maritiem mobiele communicatie [20] zoals aangegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht van UHF kanalen/frequenties die beschikbaar zijn voor maritiem mobiele communicatie, met vermelding van de toegestane toepassingen

kanaal nummer	Zendfrequentie (MHz)	on-board communicatie	sociaal verkeer (a)
1	457,525	x	
2	457,5375	x	x
3	457,550	x	
4	457,5625	x	x
5	457,575	x	
6	467,525	x	
7	467,5375	x	
8	467,550	x	
9	467,5625	x	
10	467,575	x	

* Noot UHF

a) sociaal verkeer alleen in Nederland

– zie onderdeel 6 voor een toelichting op de gebruikte begrippen

– De UHF portofoon mag uitzenden met een vermogen tussen 0,2 en 2 watt ERP.

Zie voor een snapshot van het frequentiegebruik Annex-A waarin enkele monitoring resultaten zijn opgenomen, hierin kan zich naast de vergunningen ook defensieverkeer bevinden.

2.4 Toespitsing op het huidige gebruik van de PAMR-band

De twee banden (451,76875 MHz – 454,76875 MHz uplink-van meter) en 461,76875 MHz – 464,76875 MHz downlink-van basestation) die door UC in gebruik zijn bestaan elk uit twee (aansluitende) CDMA-carriers.

Deze frequentieruimte wordt dus primair gebruikt door energienetbeheerders voor het op afstand uitlezen van slimme meters.

In het werkingsgebied van Liander / Stedin / Westland Infra betreft het een verwacht totaal aantal van 4.708.457* aangeboden slimme meters met een CDMA communicatiemodule tot eind 2020. De realisatie ten opzichte van het aanbod zal naar verwachting uitkomen op ca. 85 % [1]. Zie tabel 4 voor een prognose.

Tabel 4: Prognose aanbiedingen slimme meters
(*peildatum 2013, recentere data is niet publiek beschikbaar)

Slimme meters met CDMA technologie aangeboden				
	Liander	Stedin	Westland Infra	CDMA meters
2015	191.121	315.589	8.527	515.237
2016	428.390	237.816	8.289	674.495
2017	535.740	337.815	8.789	882.344
2018	643.519	345.013	6.247	994.779
2019	584.904	300.000	10.796	895.700
2020	419.877	319.146	6.879	745.902
	2.803.551	1.855.379	49.527	4.708.457

Als deze trend zich doorzet mag aangenomen worden dat eind 2020 de installed-base aan slimme meters door UC met een CDMA communicatiemodule ongeveer 4 miljoen eenheden is.

De energiemeters met CDMA technologie, zoals deze vanaf 2015 zijn geplaatst, hebben de mogelijkheid op alle frequenties in de uplink-band te kunnen zenden en op alle frequenties in de downlink band te ontvangen.

Ook in de nabije omgeving van de uplink-band en downlink-band is het de verwachting dat de module naar behoren functioneert.

Echter, wijkt de te gebruiken frequentie te veel af van de frequentie zoals deze nu door de unit wordt gebruikt, dan verwachten wij dat bij de meter aanvullende maatregelen nodig zijn om de goede werking te kunnen garanderen [1]. De goede werking van een slimme meter is daarbij afhankelijk van de propagatie belemmerende factoren van een wooneenheid. Er wordt ook geclaimd dat er aanpassingen aan de afscherming van de slimme meter communicatiemodule moet plaatsvinden als er teveel wordt verstemd [1].

Toepassingen:

Er zijn in de loop van de jaren door UC diverse toepassingen geïntroduceerd, gebruikmakend van het toegewezen spectrum en het netwerk:

- * Communicatie met slimme meters middels CDMA protocol
- * Controle werking netwerk (parity check)
- * Het op afstand schakelen van openbare verlichting (tijd kritisch)
- * Distributie automatisering op het middenspanningsvlak (tijd kritisch)
- * Groen gas-sensoren.

Van deze toepassingen wordt in dit rapport alleen het gebruik van uitlezing van slimme meters onderzocht.

2.5 Aanpak

De onderzoeks- en deelvragen, zoals deze in de managementsamenvatting zijn benoemd, zijn door specialisten van het Agentschap Telecom onderzocht en in de hoofdstukken 3 t/m 6 ingebracht en toegelicht. Het betrof desk-top onderzoek, het betrekken van AT expertise, spectrum monitoring en internationaal overleg met collega's betrokken bij CEPT/ECC/WGSE werkgroepen.

2.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 3 wordt allereerst het internationale perspectief van de 450-470 MHz-frequentieband in beeld gebracht en de onderlinge samenhang daarvan met buurlanden. Dit betreft zowel het gebruik van genoemde frequentiebanden, alsook de specifieke toepassing van het uitlezen van slimme meters in deze buurlanden.

In hoofdstuk 4 en 5 wordt het resultaat van het onderzoek gepresenteerd naar het optimaal gebruiken van de frequentieruimte.

Daarbij beschrijft hoofdstuk 5 de bepalingen die nodig zijn voor het zo robuust mogelijk indelen van beschikbare frequentiebanden waarbij de optimalisatie van de PAMR-band wordt uitgewerkt. De capaciteitsvraag van het CDMA-netwerk wordt hierbij beschouwd.

Hoofdstuk 6 verstrekt adviezen voor het eventueel inzetten van vrijgekomen spectrum. Daarbij wordt zowel op nationaal niveau onderzocht welke mogelijkheden er zijn, maar ook regionaal.

Hoofdstuk 7 geeft de conclusies van dit rapport weer.

3. Internationaal perspectief

3.1 Overzicht van indeling en gebruik van de frequentieruimte in CEPT- en buurlanden

De "European Table of Frequency Allocations and Applications for the frequency range 8.3 kHz to 3000 GHz (ECA Table)" [11] heeft als doel om de meest voorkomend gebruik van spectrum in CEPT landen weer te geven. Voor de 450-470 MHz band geeft het de volgende gebruik aan:

Tabel 5: Informatie van ECA tabel voor de 450-470 MHz band

<i>Frequency band</i>	<i>RR Region 1 Allocation and RR footnotes applicable to CEPT</i>	<i>European Common Allocation and ECA Footnotes</i>	<i>ECC/ERC harmonisation measure</i>	<i>Applications</i>	<i>Standard</i>	<i>Notes</i>
450-455 MHz	FIXED MOBILE 5.286AA 5.209 5.271 5.286 5.286A 5.286B 5.286C 5.286D 5.286E	MOBILE ECA7 ECA34		On-site paging	EN 300 224	Call-out & answer-back
			ECC/DEC/(19)02 T/R 25-08	PMR/PAMR	EN 300 086 EN 300 113 EN 300 219 EN 300 296 EN 300 341 EN 300 390 EN 300 471 EN 301 166 EN 302 561 EN 303 039	Mobile station transmit paired with 460-465 MHz. Wide area paging on a tuning range basis in 440-470 MHz such as NP2M
			ECC/DEC/(16)02 T/R 25-08	PPDR	EN 303 505	BB-PPDR within 450.5-456.0 MHz /460.5-466.0 MHz and 452.0-457.5 MHz / 462.0-467.5 MHz. PPDR on a tuning range basis in 380-470 MHz range according to ECC/DEC/(08)05
455 MHz - 456 MHz	FIXED MOBILE 5.286AA 5.209 5.271 5.286A 5.286B 5.286C 5.286E	MOBILE ECA7 ECA34		Land mobile		Existing public cellular networks
				On-site paging	EN 300 224	Call-out & answer-back
			ECC/DEC/(19)02 T/R 25-08	PMR/PAMR	EN 300 086 EN 300 113 EN 300 219 EN 300 296 EN 300 341 EN 300 390 EN 300 471 EN 301 166 EN 302 561	Mobile station transmit paired with 465-466 MHz. Wide area paging on a tuning range

Frequency band	RR Region 1 Allocation and RR footnotes applicable to CEPT	European Common Allocation and ECA Footnotes	ECC/ERC harmonisation measure	Applications	Standard	Notes
					EN 303 039	basis in 440-470 MHz such as NP2M
			ECC/DEC/(16)02 T/R 25-08	PPDR	EN 303 505	BB-PPDR within 450.5-456.0 MHz /460.5-466.0 MHz and 452.0-457.5 MHz / 462.0-467.5 MHz. PPDR on a tuning range basis in 380-470 MHz range according to ECC/DEC/(08)05
456-459 MHz	FIXED MOBILE 5.286AA 5.271 5.287 5.288	MOBILE 5.287 ECA7 ECA34		Land mobile		Existing public cellular networks
				On-board communications	EN 300 720	Within 457.5125-457.5875 MHz and 467.5125-467.5875 MHz
				On-site paging	EN 300 224	Call-out & answer-back
			ECC/DEC/(19)02 T/R 25-08	PMR/PAMR	EN 300 086 EN 300 113 EN 300 219 EN 300 296 EN 300 341 EN 300 390 EN 300 471 EN 301 166 EN 302 561 EN 303 039	Mobile station transmit paired with 466-469 MHz. Wide area paging on a tuning range basis in 440-470 MHz such as NP2M
			ECC/DEC/(16)02 T/R 25-08	PPDR	EN 303 505	BB-PPDR within 450.5-456.0 MHz /460.5-466.0 MHz and 452.0-457.5 MHz / 462.0-467.5 MHz. PPDR on a tuning range basis in 380-470 MHz range according to ECC/DEC/(08)05

Frequency band	RR Region 1 Allocation and RR footnotes applicable to CEPT	European Common Allocation and ECA Footnotes	ECC/ERC harmonisation measure	Applications	Standard	Notes
459-460 MHz	FIXED MOBILE 5.286AA 5.209 5.271 5.286A 5.286B 5.286C 5.286E	MOBILE ECA7		Land mobile		Existing public cellular networks
				On-site paging	EN 300 224	Call-out & answer-back
			ECC/DEC/(19)02 T/R 25-08	PMR/PAMR	EN 300 086 EN 300 113 EN 300 219 EN 300 296 EN 300 341 EN 300 390 EN 300 471 EN 301 166 EN 302 561 EN 303 039	Mobile station transmit paired with 469-470 MHz. Wide area paging on a tuning range basis in 440-470 MHz such as NP2M
460-470 MHz	FIXED MOBILE 5.286AA Meteorological-Satellite (space-to-Earth) 5.287 5.288 5.289 5.290	MOBILE 5.287 5.289 ECA7 ECA34		Land mobile		Existing public cellular networks
				Meteorological aids (military)		
				On-board communications	EN 300 720	Within 457.5125-457.5875 MHz and 467.5125-467.5875 MHz
				On-site paging	EN 300 224	Call-out & answer-back
			ECC/DEC/(19)02 T/R 25-08	PMR/PAMR	EN 300 086 EN 300 113 EN 300 219 EN 300 296 EN 300 341 EN 300 390 EN 300 471 EN 301 166 EN 302 561 EN 303 039	Base station transmit paired with 450-460 MHz. BB-PPDR according to ECC/DEC/(16)02. Wide area paging on a tuning range basis in 440-470 MHz such as NP2M
			ECC/DEC/(16)02 T/R 25-08	PPDR	EN 303 505	BB-PPDR within 450.5-456.0 MHz /460.5-466.0 MHz and 452.0-457.5 MHz / 462.0-467.5 MHz. PPDR on a tuning range basis in 380-470 MHz range according to

<i>Frequency band</i>	<i>RR Region 1 Allocation and RR footnotes applicable to CEPT</i>	<i>European Common Allocation and ECA Footnotes</i>	<i>ECC/ERC harmonisation measure</i>	<i>Applications</i>	<i>Standard</i>	<i>Notes</i>
						ECC/DEC/(08)05
				Space research		Allocation to EESS is via RR 5.289. Data collection platform telecommand. Geographical sharing with other services

Met het ECO Frequency Information System [12] kan informatie over de landmobiele applicaties in de 450-470 MHz band per land in CEPT worden opgezocht.

Meer gedetailleerde informatie over 400 MHz PMR/PAMR frequenties is verzameld door een CEPT/ECC-WG FM enquête in 2014 aan CEPT administraties en industrie. De resultaten daarvan zijn opgenomen in ECC Report 292 "Current Use, Future Opportunities and Guidance to Administrations for the 400 MHz PMR/PAMR frequencies" [9]. Er is veel verschil in het gebruik van de 400-470 MHz band tussen CEPT landen. De verschillen zijn toegenomen sinds de enquête.

Situatie in Duitsland

In de 450 MHz band heeft Duitsland tot 31 december 2020 drie rechten voor gebruik van een kanaalbreedte van 2 X 1,25 MHz (gepaard). Dit ziet er als volgt uit:

- 451,2 – 452,45 MHz / 461,2 – 462,45 MHz;
- 452,7 – 453,95 MHz / 462,7 – 463,95 MHz;
- 454,2 – 455,45 MHz / 464,2 – 465,45 MHz.

Met deze frequentierechten is gebruik van deze frequenties voor 'mobile/fixed communications networks' (MFCN) toegestaan.

Duitsland hield een publieke consultatie tot 28 februari 2020 over een voorstel om 2x4,74 MHz (451,0 – 455,74 MHz / 461,00 – 465,74 MHz) in de toekomst beschikbaar te stellen als één blok voor het hele land voor MFCN [13]. In het voorstel voor consultatie is het aangegeven dat Duitsland niet van plan is om het spectrum op te splitsen in kanalen van 2 x 1,25 MHz; zo zijn hogere data rates mogelijk en zijn guard bands tussen verschillende gebruikers in dezelfde band niet nodig. Duitsland ziet behoefte voor 450 MHz spectrum voor kritische infrastructuur maar kan ook besluiten om af te wijken van het voorstel van de publieke consultatie en kiezen voor andere gebruik, zoals "public safety authorities and organisations and the federal armed forces".

Duitsland geeft de voorkeur aan een landelijke vergunning omdat lokale en regionale vergunningen veel coördinatie vereisen om storing te voorkomen. Verder ziet Duitsland dat de lokale en regionale behoeften voldaan kunnen worden in één landelijk netwerk. De resultaten van deze consultatie lijken nog niet publiek beschikbaar.

Situatie in België

Het nationale frequentieplan voor België (20 maart 2020) [14] geeft de volgende allocaties en applicaties aan in de 450-470 MHz band:

Frequentie Band	Allocatie	Applicatie
450-470 MHz	FIXED MOBILE	On-site paging PMR (Digital) PMR (Analogue) Medical implants (457,5125-457,6125 MHz) On-board communications (457,525-457,575 MHz) On-board communications (467,525-467,575 MHz) Medical implants (467,7375-467,9375 MHz)

De Radio Interface Specificaties voor PMR (digitaal of analoog) in de applicatie kolom geven kanaalbreedtes aan van 6,25 kHz, 12,5 kHz, 20 kHz, 25 kHz.

Op de BIPT website [17] is op dit moment niets aangegeven over lopende en toekomstige allocatie procedures voor PMR. Dus heeft België voorlopig in deze frequentieruimte alleen smalbandig gebruik.

3.2 Grenscoördinatie in de 400 MHz band

Nederland heeft een overeenkomst met de buurlanden over grenscoördinatie van smalbandig en breedbandige systemen [15].

Duitsland heeft aan Nederland voorgesteld om een aanvullende overeenkomst tussen Duitsland en Nederland af te sluiten voor landmobiele systemen met kanaalbreedtes groter dan 1 MHz in de frequentieband 451,000 - 455,740 / 461,000 - 465,740 MHz. Smalbandige systemen (kanaalbreedte ≤ 25 kHz) op beide kanten van de grens zouden de condities in de Groningen Overeenkomst 2002 [15] blijven volgen. Waar één land van plan is om breedband systemen te implementeren in het coördinatie gebied, zou de nieuwe overeenkomst gelden.

De concept aanvullende overeenkomst volgt de methode van ECC Report 276 [7], welke opgenomen is in ECC Recommandatie T/R 25-08 [18]. ECC Report 276 geeft een methode voor bilaterale of multilaterale overeenkomsten met hogere cross-border coördinatie thresholds voor breedbandsystemen (d.w.z. kanaalbreedte groter dan 1 MHz) in de 400 MHz in situaties waar geen of wat overlap (een paar honderd kHz) tussen smalbandige en breedbandige systemen over de grens bestaat. Dit biedt breedbandige systemen meer mogelijkheden om dekking te realiseren in de grensregio's en past met de plannen van Duitsland voor breedbandige systemen, zoals beschreven in hoofdstuk 3.1

ECC Report 276 kan maar gedeeltelijk gebruikt worden voor de Nederlandse situatie, want op basis van het rapport moet de overlap tussen breedbandige en smalbandige systemen beperkt blijven tot een paar honderd kHz. In relatie tot Duitsland is er een overlap van 1,74 MHz (Duitsland heeft 2 x 4,74 MHz breedband en wij 2 x 3 MHz). Dit geldt ook in de grensstreek met Duitsland aangezien de huidige vergunning landelijk dekkend is. In relatie met België is de overlap 3 MHz (België heeft alleen smalbandige systemen). In deze situaties is het ECC rapport niet bruikbaar en geeft het geen verbetering. In relatie tot Duitsland waar aan beide zijde van de grens breedbandsystemen op dezelfde frequenties operationeel zijn, zal het wel een verbetering geven. Op basis van het rapport zijn hogere veldsterkten op de grenslijn mogelijk.

België heeft alleen smalbandige toepassingen voor bedrijfstoepassingen zoals aangegeven in hoofdstuk 3.1 en dat gaat niet goed samen met breedbandige netwerken die tot op de grens dekking willen bieden.

Het is problematisch om voor breedbandsystemen tot op de grens dekking te bieden als het buurland de frequentie gebruikt voor smalband en geen plannen heeft voor breedbanddiensten in deze band.

In hoofdstuk 4.2 'Mogelijke nieuwe bandindeling....' wordt nader ingegaan op consequenties voor (Nederlandse) gebruikers in deze band. De aanvullende overeenkomst moet nog worden vastgesteld, maar zal vooral een verbetering van de mogelijkheden geven voor breedbandsystemen in het grensgebied met Duitsland. Dit is ook het geval als de huidige 2x3 MHz voor PAMR niet wordt gewijzigd.

4. Optimaal gebruik frequentieband

In het rapport van Dialogic [1] zijn een groot aantal scenario's voor de herindeling van de PAMR-band weergegeven. Agentschap Telecom heeft daarnaast technologie en diensten neutraliteit als een belangrijk uitgangspunt genomen. Technologieneutraliteit biedt mogelijkheden voor meer toepassingen en technieken nu en in de toekomst zonder daarvoor bijvoorbeeld specifieke vergunnings- of gebruiksvoorwaarden te moeten formuleren. Ook is een mogelijke harmonisatie met het toekomstige gebruik in buurlanden meegenomen. Dit betekent dat niet alle conclusies één op één identiek zijn aan die van Dialogic en ook niet alle scenario's als mogelijke oplossingen zijn beschouwd.

In aanvulling op het Dialogic rapport is door Agentschap Telecom voor herindeling van een aantal randvoorwaarden uitgegaan:

- De huidige smart meter "installed base" moet de mogelijkheid krijgen te blijven functioneren. Dat is uiteraard niet hetzelfde als "de huidige situatie blijft zoals hij is". Of één CDMA carrier voldoende is, en gehandhaafd dient te blijven, is ook geen hard gegeven, volgens Dialogic zou dit wel één van de oplossingen kunnen zijn.
- Een herindeling moet gebaseerd zijn op de kleinste bandbreedte van gangbare systemen. 1,4 MHz (is inclusief guard bands 1,5 MHz) lijkt een logische keuze aangezien dit de kleinste LTE bandbreedte betreft.
- Een oplossing dient zo veel mogelijk overlap te hebben met de bestaande gepaarde 2x3 MHz PAMR-band.
- In de analyse in dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen specifiek het uitlezen van meters en aanvullende of andere diensten ongeacht of de levering van deze andere of aanvullende diensten door dezelfde operator als het uitlezen van meters plaatsvindt.

4.1 Co-existentie van systemen, guard bands en block edge masks

Bij alle oplossingen of nieuwe indelingen is co-existentie van systemen met verschillende spectrum toegangstechnieken nodig. De vraag hierbij is of er guard bands of verwante voorzieningen nodig zijn, de volgende paragrafen proberen deze vraag te beantwoorden.

ECC Report 292 [9] geeft informatie over huidig gebruik, toekomstige mogelijkheden, en advies aan Administraties over de 400 MHz band voor PMR/PAMR frequenties. Het verwijst naar de analyse in ECC Report 283 [18] van de impact die breedband en smalbandige systemen kunnen hebben op bestaande systemen in de 400 MHz band of in naastliggende banden.

Dit omvat de impact van het introduceren van:

- LTE technologie voor PMR, PAMR, mobile/fixed communicatie netwerk (MFCN) (met kanaalbreedtes van 1,4 MHz, 3 MHz en 5 MHz) en machine-to-machine/internet of things (M2M/IoT) (inclusief MTC/eMTC, NB-IoT) gebaseerd op 3GPP specificaties
- Low Power Wide Area Network (LPWAN) technologie voor M2M/IoT, in de banden 410-430 MHz en 450-470 MHz.

Simulaties van storing van LTE zenders op smalbandige PMR ontvangers in naastliggend frequentiespectrum tonen aan dat de waarschijnlijkheid van storing vanwege Out-of-Band Emissies en blocking voor laag tot medium Basis Stations (BS) en Mobile Stations (MS) over het algemeen 1% of minder bedraagt. Verbetering van de ongewenste emissies, vergeleken met het 3GPP spectrum emissie masker van het BS, kan vereist worden om storing van het LTE BS op het PMR MS laag te houden.

Er is mogelijk een intermodulatie effect van breedbandige systemen op smalbandige PMR systemen, inclusief analog, DMR en TETRA. Dit is afhankelijk van de frequentieoffset van de LTE carrier en de PMR ontvanger, gebruikt vermogen, en intermodulatie performance van de PMR ontvanger. ECC Report 283 kon geen conclusie trekken over dit effect. De discussies over intermodulatie worden voortgezet in CEPT/ECC-SE21 onder work-item SE21_23, dit work-item zou in mei 2021 voltooid moeten zijn. De studieresultaten zijn te gebruiken om te bezien of er een verbeteringsmaatregel voor PMR ontvangers nodig is via ETSI of dat er al dan niet planningsmaatregelen voor co-existentie nodig zijn.

ECC Report 283 heeft de impact van LTE op PMR links gebruikt voor audiovisuele productie geanalyseerd. Deze frequenties worden o.a. in Nederland door NEP (voormalig Dutchview) gebruikt De conclusies zijn:

- Co-existentie tussen de LTE BS en PMSE BS is verwacht als de LTE BS voldoet aan de minimum emissie eisen van -96 dBm/100 kHz in de band 450-455 MHz (Annex 2 van 3GPP TS 36.104) behalve als de LTE BS binnen 100 m van de PMSE BS is, waar storing significant wordt.
- Voor scenario's zoals TDD PMSE of een MS zendend in 455-460 MHz, zijn de nodige separatie afstanden nog groter en is de risico van storing behoorlijk hoog als de PMSE BS dichtbij de LTE BS staat en als de PMSE BS ontvangt in de eerste MHz naast de LTE band. Een mengsel van TDD PMSE en LTE400 moet vermeden worden.
- De nodige separatie afstand tussen de LTE User Equipment (UE) en PMSE Mobile Station (MS) is rond 10 m, dus is er een risico op storing als er co-locatie is tussen de systemen.

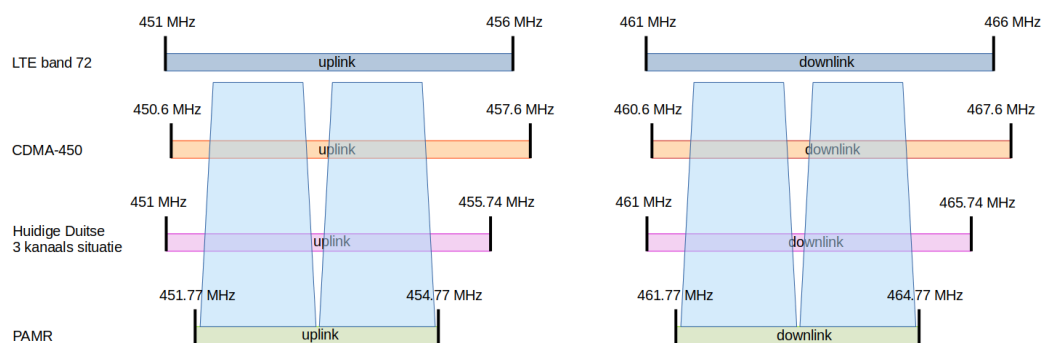
Nodige guard bands tussen systemen worden aangegeven in ECC Report 283 [10].

Bij toekomstig gebruik van verschillende technologieën is mogelijk een guard band nodig. Een analyse hiervan bevindt zich in hoofdstuk 5. Een conclusie is dat voor een volledig technologie neutrale oplossing het beter is om geen guard band maar, een later te bepalen, maximum out of band en out of channel vermogen te definiëren.

4.2 Mogelijke nieuwe bandindelingen waarbij minimaal 1 CDMA kanaal in stand blijft

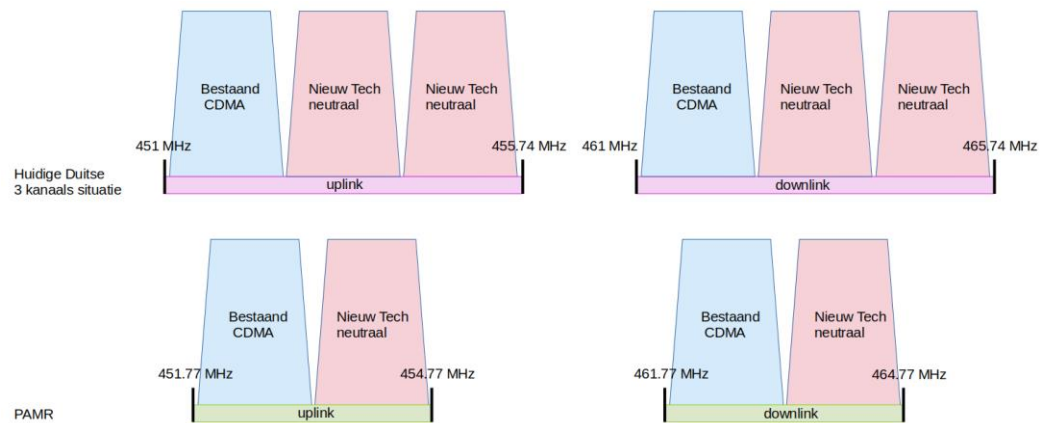
Het Agentschap Telecom hanteert in dit rapport een andere aanpak dan in het Dialogic rapport [1] waarin het bestaande vergunde PAMR-450 banddeel in twee delen is opgedeeld met één deel voor CDMA en één deel voor LTE. Deze opzet is onvoldoende technologie neutraal, want alleen toegespitst op twee technologieën. Ons streven, zoals ook verwoord in de Nota frequentiebeleid 2016, is een zoveel mogelijk technologie en diensten neutrale indeling en geen specifieke CDMA of LTE indeling gebaseerd op specifieke guard banden en daarbij behorende veronderstellingen van co-located en non co-located gebruik. Een gedetailleerde toelichting staat hieronder.

Figuur 1 geeft een overzicht van betreffende banden met de huidige twee-kanaals indeling. We kunnen hierbij vasthouden aan de internationaal in apparatuurstandaarden gedefinieerde LTE band 72 (blauwe band) of CDMA-450 band (oranje band), maar dat is in geval van de PAMR band (groene band) ook niet volledig gebeurd. Een heel andere oplossing is de indeling te baseren op de toekomstige band van de aanvullende grens coördinatie overeenkomst (zie ook hoofdstuk 3.1) die op dit moment door Nederland met Duitsland en België gaande is (roze band).



Figuur 1: bandindeling totaal met oorspronkelijke indeling

Figuur 2 geeft een mogelijke twee- en drie-kanaals herindeling weer. De twee huidige CDMA carriers nemen elk 1,5 MHz bandbreedte in beslag. In de nieuwe opzet worden ook blokken van 1,5 MHz gebruikt. Tabel 6 geeft dezelfde informatie in tabelvorm. In de tabel is extra ruimte aangegeven voor guard bands die in de voorgestelde situatie mogelijk niet van toepassing zijn, aangezien deze technologie specifiek zijn, en daarom bij de totale bandbreedte van een kanaal op te tellen zijn.

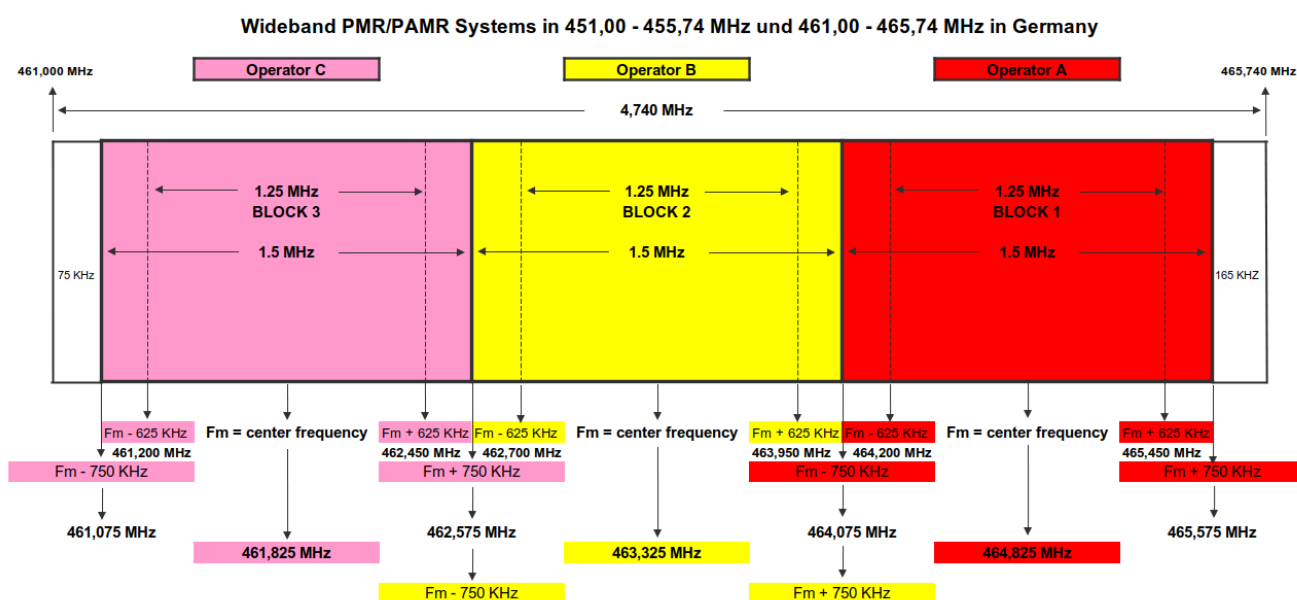


Figuur 2: herindeling met twee en drie carriers

Driekanaals indeling gebaseerd op LTE band 72			
Kanaal	Center freq [MHz]*	Van tot [MHz]	Kanaalbreedte [MHz]
1 uplink	451,825	451-452,575	1,5+75 kHz
2 uplink	453,325	452,575-454,075	1,5
3 uplink	454,825	454,075-455,740	1,5+165 kHz
1 downlink	461,825	461-462,575	1,5+75 kHz
2 downlink	463,325	462,575-464,075	1,5
3 downlink	464,825	464,075-465,740	1,5+165 kHz
* de centerfrequentie is hier de centerfrequentie van het LTE kanaal			
Huidig tweekanaals gebruik			
Kanaal	Center freq [MHz]*	Van tot [MHz]	Kanaalbreedte [MHz]
1 uplink	452,675	451,775-453,225	1,5
2 uplink	453,875	453,225-454,775	1,5
1 downlink	462,675	461,775-463,225	1,5
2 downlink	463,875	463,225-464,775	1,5
* de centerfrequentie is hier de centerfrequentie van de UC carrier			

Tabel 6: herindeling met twee en drie carriers

De drie blokken indeling is grotendeels gebaseerd op de huidige situatie in Duitsland met de daarbij behorende guard bands zoals weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Huidige Duitse indeling 450 MHz band

In de voorgestelde nieuwe situatie in Duitsland [13] is geen sprake van een drie-kanaals indeling maar van één aaneengesloten blok. Het is mogelijk dat operators in het begin voor een drie-kanaals LTE indeling zullen kiezen.

Als we de meest logische drie-kanaals indeling van de te coördineren band gebruiken dan komen we op de huidige Duitse indeling uit, maar met één uitzondering, het principe van een traditionele guard band buiten het blok wordt verlaten; een eventuele guard band wordt alleen in het eigen kanaal gerealiseerd. Dit opent ook de mogelijkheid naar gebruik van grotere (LTE) bandbreedtes. Voor een oplossing met uitsluitend LTE is de standaard guard band in het eigen frequentiegebied te gebruiken. Bij een guard band tussen verschillende technologieën in de drie beschikbare kanalen kan een mogelijk interferentieprobleem ontstaan als die guard band niet specifiek bestemd is voor die technologieën, deze situatie kan bijvoorbeeld optreden bij een LTE kanaal en een naastgelegen kanaal met smalbandige toepassingen. Deze problemen zijn op te lossen met bijvoorbeeld extra voorzieningen op het gebied van planning, filtering of opbouw van de basisstations.

Het lijkt logisch alleen eisen te stellen aan out of band emissies aangezien dit als een goede vervanging van een technologie specifieke guard band kan fungeren.

Om toch een technologie neutrale bescherming te bieden tegen andere systemen lijkt het goed om een spurious emissie onderdrukking van minimaal 50 dB buiten het eigen 1,5 MHz kanaal aan te houden. Deze 50 dB, of andere waarde, hangt uiteraard af van de verwachte technologieën.

Houden we vast aan de oorspronkelijke twee-kanaals indeling dan is het aan te bevelen om de voorgaande adviezen voor wat betreft guard band en out of band emissie over te nemen om zo tot een volledig technologie neutrale bandindeling te komen.

Bij uitbreiden met een extra kanaal (situatie bovenaan in Figuur 4) dienen de huidige CDMA meters om te stemmen naar CDMA-band class 11, blok C kanaal 74 [19], dat is 451,825/461,825 MHz. Dit komt overeen met het eerste LTE-72 kanaal en het eerste gecoördineerde kanaal uit Figuur 3. Volgens opgave in de Dialogic studie [1] is omstemmen geen probleem. De twee andere kanalen in de situatie bovenaan in Figuur 4 komen dan op respectievelijk 463,325 MHz en 464,825 MHz te liggen. Dit kan middels een software update die de PRL (Preferred Roaming List) in de CDMA communicatie module aanpast op het gewenste frequentiebereik.

Wordt er gekozen voor uitbreiding van de PAMR-band en 3 carriers per band, dan heeft dit ook gevolgen voor huidige gebruikers van naastgelegen frequentieruimte.

Hiervoor zullen we naar een oplossing moeten zoeken in de vorm van migratie naar andere frequentieruimte; het is de vraag of die er, op korte termijn, is. De vergunningen zijn weergegeven in Tabel 7 waarbij we opmerken dat een aantal van deze vergunningen dubbel geteld zijn omdat het om duplexgebruik gaat.

bandsegment	Aantal vergunningen	opmerking
451 MHz – 451,77 MHz	337	
454,77 MHz – 455,74 MHz	251	
461 MHz – 461,77 MHz	231	merendeels simplex
464,77 MHz – 465,74 MHz	251	merendeels duplex

Tabel 7: huidig frequentiegebruik in aantal vergunningen

Meestal betreft dit mobilfoon / portofoon gebruikers. Deze vergunningen hebben een looptijd van 5 jaar en worden van rechtswege automatisch verlengd (3.17 2^e lid TW). Het aanpassen van al deze vergunningen is te doen, maar zal een aanzienlijke belasting opleveren voor het Agentschap Telecom qua (doorloop)tijd en kosten, een aparte analyse is hiervoor noodzakelijk.

Daarnaast kan er sprake zijn van nadeelcompensatie als de vervangende frequentie ruimte minder is. Gezien de discussies die in Duitsland met name met o.a. brandweer en ambulance gebruikers worden gevoerd zal dat problematisch kunnen worden. Dit soort diensten bewegen langzaam richting 4G gebaseerde systemen maar op korte termijn geforceerd migreren is niet haalbaar. Hoewel niet één op één vergelijkbaar zal een soortgelijke situatie ook optreden voor de Nederlandse smalbandige gebruikers. Het gaat hier niet om intensief gebruik maar is wel een factor om rekening mee te houden. Een vraag die niet direct beantwoordt kan worden is of alle huidige gebruikers gemigreerd kunnen worden. Hiervoor zal een uitgebreid vervolgonderzoek plaats moeten vinden.

Bij deze keuze zal mogelijk ook een aanpassing van het Nationaal Frequentie Plan moeten plaatsvinden. Bijvoorbeeld, de bestemming van de frequenties 451-451,3 MHz en 461-461,3 MHz heeft in het huidige NFP [16] geen "openbare en private besloten netten" als bestemming (zie Tabel 1); mogelijk moet dat toegevoegd worden aan het NFP.

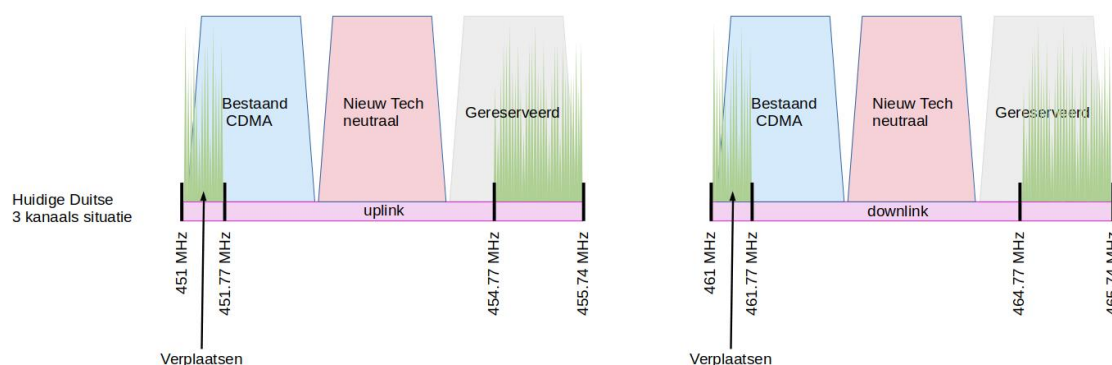
Op dit moment is de verdeelmethode van deze banden op volgorde van binnenkomst van de aanvraag. Als delen van deze banden beschikbaar moeten komen voor een nieuwe (LTE-72 compatibele) bandindeling en wanneer verdeling via veiling of vergelijkende toets nodig is dan is een wijziging van het verdeel beleid nodig voor dat subdeel.

Mogelijk is het dan ook nodig om nieuwe bandgrenzen in het NFP te introduceren. Zoals al in hoofdstuk 3.2 aangegeven is er ook een coördinatie met België en Luxemburg in de grensregio's nodig, met Duitsland lijkt het minder problematisch.

Een derde scenario is de oorspronkelijke twee CDMA carriers handhaven maar deze verplaatsen naar de LTE band 72 kanalen. Er is dan geen korte termijnwinst in de vorm van een extra carrier maar het probleem van het her-alloceren van de bestaande smalbandige vergunninghouders is iets kleiner aangezien de totale beschikbare ruimte voor die gebruikers niet afneemt, alleen de locatie in het spectrum wordt anders, er is wel tijd nodig om alle gebruikers te laten omstemmen naar de nieuwe frequenties.

Voordeel van dit scenario is dat het frequentiegebruik derde kanaal open te stellen. Moderne portofoons zijn in de regel zonder veel moeite en kosten om te stemmen naar een andere frequentie in hetzelfde frequentiebereik, uiteraard kan er ook nog oude apparatuur in gebruik zijn waar dat niet mogelijk is maar dit zal onderzocht moeten worden. Het is niet bekend in welke mate de telemetrie-apparatuur, die in gebruik is in deze band, omstembaar is en ook dit zal nader onderzoek vergen. De leeftijd van een vergunning kan een eerste indicator zijn over de in gebruik zijnde apparatuurleeftijd.

Voor de overige vergunninghouders kan dan een uitsterfbeleid worden gevoerd, hier is een wijziging in het NFP voor nodig. We moeten op termijn dan wel ergens ruimte voor deze vergunninghouders zien te vinden, ook hier is een grote inspanning voor nodig. In figuur 4 is e.e.a. schematisch weergegeven.

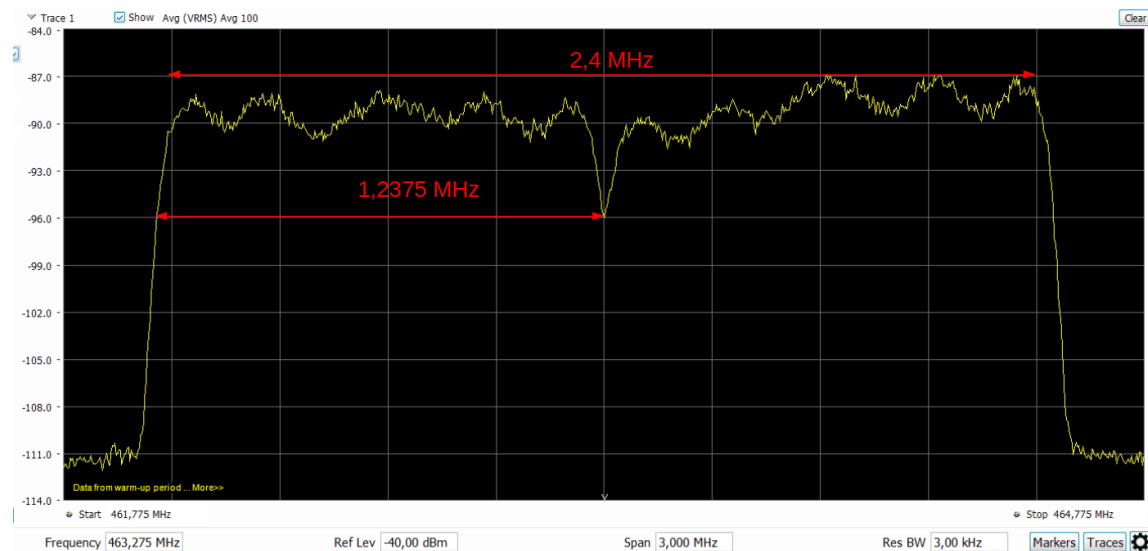


Figuur 4: herindeling met twee carriers en toekomstige derde carrier

4.3 Nadere bepalingen over het inrichten van de blokken

Om tot een technologie neutrale bandindeling te komen waarbij de oorspronkelijke CDMA carrier tenminste tijdelijk functioneel moet blijven is een praktisch onderzoek gedaan naar het frequentiegebruik van de CDMA carrier om vast te stellen wat de minimale bescherming tegen out of band emissies moet zijn.

In Figuur 5 is een meting aan de twee daadwerkelijke downlink carriers weergegeven, er blijkt een 75 kHz scheiding tussen de beide kanalen te worden gebruikt. Het CDMA 450 systeem zoals nu in gebruik lijkt dus geen LTE compatibele (intra channel) guard band nodig te hebben, een en ander komt overeen met de gangbare CDMA specificatie. Voor CDMA netwerken met statische gebruikers, zoals slimme meters, is er weinig verschil tussen co-located en niet co-located gebruik aangezien synchronisatie alleen nodig is voor het CDMA handover mechanisme en niet voor spectrale bescherming. In geval van overlap bij CDMA is er alleen sprake van een verhoging van de ruisvloer in de ontvanger, het hele CDMA concept is gebaseerd op co-channel werking. Bij LTE is er voor niet gesynchroniseerde carriers een guard band van 260 kHz nodig in geval de carriers elkaar "zien", dat is in de praktijk het geval.



Figuur 5: Meting aan CDMA 450 netwerk t.b.v. bepaling guard band

5. Analyse spectrumgebruik versus data consumptie bij CDMA toepassing

Uit het Dialogic rapport [1] blijkt dat 1 CDMA-carrier voldoende is om het uitlezen van slimme meters op afstand te kunnen waarborgen.

Ter verificatie van het Dialogic rapport en ter ondersteuning van de conclusies in dit rapport wordt met behulp van het datagebruik per bericht, aan de hand van de Dutch Smart metering Requirements, V4.2.2. [6], de theoretische capaciteit van het huidige CDMA netwerk bekeken. Met de uitkomsten van deze berekeningen vallen vervolgens ook conclusies te trekken over toekomstige vereisten in verband met de energietransitie.

Bij de analyse is niet van een hard tijdsinterval voor uitlezing uitgegaan. Zaken die niet direct met het uitlezen van de meters te maken hebben, zoals controle van de connectiviteit, het schakelen van openbare verlichting, distributie-automatisering op het middenspanningsvlak, en groen-gas sensoren, zijn niet meegenomen in de berekening.

Het testbericht uit de Dutch Smart metering Requirements, V4.2.2. omgezet naar hexadecimale waardes is in bits ongeveer 8,6 kbit. Hierin staan de waardes van 1 meting, inclusief overhead ter identificatie van de meter en de datum volgens IEC 62056-21 Mode-D.

De nationale regelgeving stelt dat slimme meters ten minste een maal per kwartier een meting doen. In het 'Besluit op afstand uitleesbare meetinrichtingen' (Geldend van 28-07-2018 t/m heden) [4] staan de eisen voor het uitwisselen van de gegevens met de netbeheerder:

"Artikel 4

1. Een meetinrichting voor elektriciteit is geschikt om:

...

c. ten minste elk kwartier de gegevens, bedoeld in onderdeel b, te registreren en deze gegevens ten minste dagelijks op afstand met de netbeheerder uit te wisselen, op zodanige wijze dat de netbeheerder de uitgewisselde gegevens kan lezen en gebruiken,

...

Artikel 5

1. Een meetinrichting voor gas is geschikt om:

...

b. ten minste elk uur de gegevens, bedoeld in onderdeel a, te registreren en deze gegevens ten minste dagelijks op afstand met de netbeheerder uit te wisselen, op zodanige wijze dat de netbeheerder de uitgewisselde gegevens kan lezen en gebruiken,"

Het is onduidelijk of deze eisen gaan veranderen met de implementatie van Richtlijn (EU) 2019/944 [5].

Voor het uitlezen van deze waardes bestaan twee opties, of men leest om het kwartier de waardes uit. In welk geval je ongeveer 96 keer 8,6 kbit per meter nodig hebt, oftewel ongeveer 826 kbit per meter.

Of de meter wordt om de dag uitgelezen met daarin alle kwartier waardes. De data consumptie van een uitlezing van alle kwartierwaardes per etmaal kunnen we schatten door het testbericht te nemen en de gewenste informatie, de aan de client geleverde energie en de van de client gekregen energie, in twee tarieven en per kwartier te noteren. Ieder van deze waardes is 25 hexadecimale waarden van 8 bits. Dit komt neer op $4 \times 25 \times 8 \times 96 = 76,8$ kbit.

De reden dat samengevoegde kwartierwaardes in één bestand een minder hoge data waarde hebben is omdat de header en extra informatie maar een keer per bericht wordt verstuurd.

CDMA 1xRTT kanalen hebben een maximale netto doorvoersnelheid van 144 kbit/s maar in de praktijk ligt dit meer in de buurt van 80 kbit/s.

Het uitlezen gebeurt tussen 1 en 7 uur 's nachts met daarna 3 uur tijd voor het uitlezen van gemiste meters door verstoringen. In het rapport van Dialogic [1] wordt aangegeven dat het uitlezen in dit tijdsinterval een vereiste is. Dit lijkt geen technische eis, zie ook annex A, en is daarom in onze analyse niet meegenomen. Afhankelijk van de benodigde hoeveelheid herhalingen, is in theorie tussen de 62,5% en 75% van de capaciteit onbenut voor het uitlezen van de slimme meters.

Deze waarden samen bevestigen de capaciteitsberekening van het Dialogic rapport en geven daarbij ook aan dat het netwerk niet in staat is om real time uit te lezen zonder het netwerk te verdichten, zelfs al zou de restrictie op de uitlees uren worden verwijderd.

6. Advies over mogelijk gebruik frequentieruimte, nationaal en regionaal

Afhankelijk van hoeveel 1,5 MHz blokken vrijkomen door herindeling, zijn er verschillende mogelijkheden om die ruimte te benutten. Dit kan zowel een breedbandige 1,5 MHz als meerdere smalbandige toepassingen binnen 1,5 MHz zijn. Wat wenselijk is, hangt zeker ook af van de marktbehoefte, die EZK nog nader laat onderzoeken. Een aantal voorbeelden, maar zeker niet alle mogelijkheden aangezien ook hier de marktbehoefte van belang is, wordt benoemd in het rapport "Marktonderzoek professionele mobiele communicatie" [3]:

1: Cellulair op de traditionele manier zoals bijvoorbeeld 4G of 5G, landelijk of semi landelijk, waarbij het mogelijk is om datadiensten en abonnementen aan te bieden. Hier is dan mogelijk sprake van een uitrolverplichting met dekkingseisen. Een veiling ligt voor de hand als er meerdere gegadigden zijn. Dit is in de huidige situatie / PAMR-vergunning het geval.

2: Cellulair kleinschalig regionaal, vergelijkbaar met optie 1 maar in een veel kleiner gebied. Bij meerdere gegadigden kan ook hier geveild worden of kan een vergunning op volgorde van aanvraag worden verstrekt.

- Hierbij kan worden gedacht aan bijvoorbeeld M2M toepassingen op de Maasvlakte; Europort beheert het spectrum en geeft aan diverse terminalbedrijven gebruiksrechten uit.
- Gebruik is ook mogelijk door andere toepassingen die van een cellulaire structuur gebruik kunnen maken maar waar niet direct een landelijke dekking nodig is. Belangrijk is wel dat de gebruikers redelijk statisch binnen het werkingsgebied van het netwerk vertoeven. Een voorbeeld hiervan is het uitlezen van elektriciteit en gasmeters maar ook het uitlezen van sensoren voor bijvoorbeeld de meting van luchtkwaliteit is een mogelijke toepassing.
- Een ander voorbeeld is het aanbieden van alarmeringsdiensten of medische zorg op afstand door een regionale thuiszorgorganisatie.
- Naar gebruikstoepassingen van deze frequentieband op de Noordzee is geen onderzoek uitgevoerd vanwege de complexe coördinatie met het VK. De verwachting is dat vanwege propagatie op de Noordzee er geen of zeer weinig mogelijkheden zijn dit banddeel in te zetten voor PMR gebruik.

Hier kan ECC Report 276 [7] gebruikt worden, want bij lokaal/regionaal gebruik is er een coördinatie behoefte zoals aan de landsgrenzen. Regionaal/lokaal gebruik vereist veel coördinatie met andere gebruikers om de kans op storing acceptabel te houden. Separatie afstanden of frequentieruimte voor guard bands kunnen noodzakelijk zijn, wat kan leiden tot minder efficiënt gebruik van het spectrum.

Duitsland stelt voor dat de vergunninghouder van een landelijk net spectrum verhuurt aan regionale/lokale gebruikers [13]. Dat is een andere optie.

Een ander netwerk op zee dan op het land op dezelfde frequentie is een uitdaging. De reden is de uitzonderlijk propagatie over zee en in het geval van twee verschillende netwerken/operators is het in de hand houden van onderlinge storingen een uitdaging zo niet onmogelijk, tenzij er zeer nauwe samenwerking is.

3: M2M achtige toepassingen niet cellulair maar bijvoorbeeld meshed. Een enkele gebruiker krijgt een vergunning op volgorde van aanvraag en neemt verder de verantwoordelijkheid maar heeft geen aparte betalende klanten.

De meeste M2M toepassingen zijn sensoren of actuatoren zoals voor structuurmonitoring (dijken) of bijvoorbeeld warmtemeters in grote gebouwencomplexen. Deze toepassingen zijn nu veelal vergunningsvrij maar ook in de vergunningsvrije frequentieruimte kan schaarste ontstaan waardoor deze nieuwe frequentieruimte interessant kan worden. Het is niet ondenkbaar de beschikbare ruimte binnen één breedbandkanaal voor meerdere smalbandige systemen te gebruiken. Iets dergelijks gebeurt ook in de 865-868 MHz band t.b.v. LORA. Het is ook hierom belangrijk geen specifieke guard bands te definiëren.

7. Conclusie

Hoofdvraag:

Welke frequentieruimte kan EZK bij de her uitgifte van de PAMR-band³ beschikbaar stellen en hoe kan die worden ingedeeld?

Naar aanleiding van het onderzoek beschreven in dit rapport concludeert Agentschap Telecom dat het mogelijk is de frequentieruimte voor PAMR (2x3 MHz) in de band 450 MHz – 470 MHz uit te breiden. Er vanuit gaand dat de frequentieruimte in breedband carriers onderverdeeld wordt is na her-uitgifte één van de carriers vrij te houden voor gebruik t.b.v. de continuïteit van slimme meters op basis van CDMA-technologie. Een analyse van de benodigde databandbreedte t.b.v. het uitlezen van slimme meters ligt daaraan ten grondslag.

Het is in de toekomst mogelijk 1 of 2 aaneengesloten blokken van 1,5 MHz (up- en downlink) technologie- en diensten neutraal vrij te maken in deze band naast het gebruik van 1 carrier ten behoeve van slimme meters.

Tot slot is het mogelijk 3 aaneengesloten blokken van 1,5 MHz (up- en downlink) technologie- en diensten neutraal vrij te maken in deze band nadat de vergunningstermijn is verlopen (de huidige PAMR-vergunning loopt tot en met 17 november 2024). Hier is echter een behoorlijk grote inspanning met betrekking de bestaande gebruikers voor nodig. Ook zal er een substantiële inzet van het Agentschap Telecom worden gevraagd om in deze aanpassing te voorzien. En een NFP wijziging op basis waarvan bestaande vergunninghouders kunnen worden geïnformeerd dat hun vergunning niet meer verlengd wordt.

Deelvraag 1:

- **Wat zijn (de ontwikkelingen in) de relevante internationale kaders en wat betekenen die voor het gebruik van de frequentieruimte? Gedacht wordt aan de recente revisie van CEPT-ECC aanbeveling T/R 25-08 en herziening van de grenscoördinatie-afspraken.**

ECC Report 276 [7], welke een verwijzing is in Recommandatie T/R 25-08 [18], geeft een methode voor bilaterale of multilaterale overeenkomsten met hogere cross-border coördinatie thresholds voor breedbandsystemen (d.w.z. kanaalbreedte groter dan 1 MHz) in de 400 MHz in situaties waar geen of wat overlap (een paar honderd kHz) tussen smalbandige en breedbandige systemen over de grens bestaat.

Duitsland heeft breedbandige systemen in deze frequentiebanden terwijl België smalbandige systemen heeft. Als breedbandige systemen aan beide kanten van de grens worden gebruikt, dan biedt de methode van ECC Report 276 meer mogelijkheden om breedbandige dekking te realiseren in de grensregio's. Voor grens situaties tussen breedbandige en smalbandige systemen zijn geen veranderingen verwacht t.o.v. de huidige situatie.

De aanvullende overeenkomst met Duitsland en België moet nog worden vastgesteld, maar zal vooral een verbetering van de mogelijkheden geven voor breedbandsystemen in het grensgebied met Duitsland.

Deelvraag 2:

- **Wat zijn mogelijke indelingen van de huidige PAMR-band, uitgaande van landelijk gebruik? Het marktonderzoek uit 2017 beschreef op hoofdlijn al verschillende mogelijke indelingen. In hoeverre zijn die te realiseren? Beschouw in ieder geval de co-existentie van LTE en CDMA in de PAMR-band.**

In plaats van het definiëren van technologie specifieke guard bands adviseren wij om een maximaal vermogen in het nevenkanaal als uitgangspunt te hanteren. Dit zorgt voor een technologie en diensten neutrale oplossing die ook voor smalbandige systemen en niet 3GPP systemen bruikbaar is, terwijl dit voor 3GPP en CDMA toepassingen geen belemmering hoeft op te leveren mits netwerken zodanig worden gepland en voorzien van technische voorzieningen dat geen onderlinge storingen worden veroorzaakt. Vergunninghouders van aanliggende netwerken zullen onderling afspraken moeten maken over de netwerkplanning. In welke mate dit het geval zal zijn hangt af van vele factoren zoals gebruikte technologie, netwerktopologie etc.

Gepaard uitgeven ligt het meest voor de hand, maar bij geen belangstelling uit de markt voor duplextechnologie kan ook een beperkte uitgave 'niet-duplex' plaatsvinden. Het is een goed idee om naast de reguliere grote marktpartijen ook (kleinere) belangengroepen te betrekken in het proces van heruitgifte. Dit betreffen de huidige vergunninghouders met een grote diversiteit aan marktsectoren.

Deelvraag 4:

- **Welke opties zijn er om de gebruiksmogelijkheden van de huidige PAMR-band te optimaliseren (met name voor gebruik van 3GPP-gestandaardiseerde systemen)? In hoeverre draagt het verbreden van de PAMR-band hier aan bij, welke mogelijkheden zijn er daartoe en wat zijn de overwegingen daarbij (zoals migratie van bestaande vergunningen)?**

Herindeling zou op verschillende manieren kunnen geschieden.

AT geeft hieronder drie opties, maar dit sluit uiteraard andere keuzes niet uit en het is een beleidsmatige afweging om een keuze te maken:

- 1) De huidige indeling zou van kracht kunnen blijven, één van de kanalen blijft voorlopig in gebruik t.b.v. slimme meters en de andere kan opnieuw worden gebruikt.
- 2) Een andere mogelijke oplossing is een nieuwe indeling, gebaseerd op de LTE band 72 indeling (451-455,740 MHz en 461-465,740 MHz), deze gebruikt alleen de eerste twee kanalen. Eén van de kanalen blijft voorlopig in gebruik t.b.v. slimme meters en de andere kan opnieuw worden gebruikt. Zie figuur 4. Hiervoor moeten een groot aantal bestaande gebruikers (>100) worden geheralloceerd. Netto blijft dezelfde ruimte in gebruik dus die gebruikers hoeven alleen verplaatst te worden⁴. Voordeel is synchronisatie in de grensstreek met name met Duitsland en een voorbereiding op scenario 3. Dit geeft plannings-technisch minder problemen in de toekomst.
- 3) Een derde mogelijke oplossing is een nieuwe indeling gebaseerd op de LTE band 72. Deze gebruikt daarin drie kanalen. Eén van de kanalen blijft voorlopig in gebruik t.b.v. slimme meters en de andere kunnen opnieuw worden gebruikt. Hiervoor moet een groot aantal bestaande gebruikers worden geheralloceerd waarvoor uit nader onderzoek moet blijken of hiervoor ruimte voor gevonden kan worden. Dit lijkt een lange termijn oplossing waarvoor een grote inspanning noodzakelijk is.

De drie (gepaarde) blokken optie biedt de meeste voordelen vanwege spectrum efficiency [7], in verband met coördinatie met buurlanden, aansluiting bij een standaard 3GPP LTE bandindeling en capaciteitsuitbreiding maar vergt een grote inspanning.

Het is mogelijk het derde blok tijdelijk buiten gebruik te houden zodat meer tijd beschikbaar is om de bestaande gebruikers te verplaatsen. Het is belangrijk te vermelden dat deze optie zelfs met een tijdelijke beperking m.b.t. het derde blok een grote frequentie management technische inspanning gaat kosten. De hoeveelheid benodigde tijd en tijdspad dient nader onderzocht te worden.

⁴ Er is geen onderzoek gedaan of verplaatsing voor de huidige apparatuur mogelijk is. Migratiekosten en nadeelcompensatie kunnen aan de orde zijn.

Deelvraag 3:

- **In hoeverre is regionaal/lokaal gebruik mogelijk en wat zijn daarbij de overwegingen? Kan frequentieruimte die door een aanbieder niet benut zou worden separaat worden uitgegeven? Verzoek is om ook de mogelijkheden voor gebruik op de Noordzee te betrekken**

Afhankelijk van de vraag kan de frequentieruimte worden ingedeeld naar regionaal/lokaal gebruik en/of landelijke netten. Ook bij een net wat half Nederland bestrijkt is de andere helft bijvoorbeeld voor iets anders te gebruiken. Gezien de snelle ontwikkelingen m.b.t. IoT en M2M is dit iets om rekening mee te houden. We stellen daarom ook een technologie- en diensten neutrale bandindeling en toekomstige vergunningseisen voor.

Hier kan ECC Report 276 [7] gebruikt worden, want bij lokaal/regionaal gebruik is er een coördinatie behoefte zoals aan de landsgrenzen. Regionaal/lokaal gebruik vereist veel coördinatie met andere gebruikers om de kans op storing acceptabel te houden. Separatie afstanden of frequentieruimte voor guard bands kunnen noodzakelijk zijn, wat kan leiden tot minder efficiënt gebruik van het spectrum.

Duitsland stelt voor dat de vergunninghouder van een landelijk net spectrum verhuurt aan regionale/lokale gebruikers [13]. Dat is een andere optie.

Een aanvullend netwerk op zee naast het netwerk op het land op dezelfde frequentie is een uitdaging. De reden is de uitzonderlijke propagatie over zee en in het geval van twee verschillende netwerken / operators is het in de hand houden van onderlinge storingen een uitdaging zo niet onmogelijk, tenzij er zeer nauwe samenwerking is.

Referenties

1. Mogelijkheden voor het PAMR spectrum in relatie tot continuïteit van slimme meters, Dialogic, 28 mei 2020.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/05/28/mogelijkheden-voor-het-pamr-spectrum-in-relatie-tot-continuïteit-van-slimme-meters>
2. A joint contribution of DG ENER and DG INFSO towards the Digital Agenda, Action 73: Set of common functional requirements of the SMART METER, EUROPEAN COMMISSION Energy Directorate-General Internal Energy Market, October 2011.
3. Marktonderzoek professionele mobiele communicatie in de 450-470 MHz PAMR-band, Dialogic en TU Eindhoven, 13 juni 2017.
4. Besluit van 27 oktober 2011, houdende regels over op afstand uitleesbare meetinrichtingen (Besluit op afstand uitleesbare meetinrichtingen), WJZ / 11099592.
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0030605/2018-07-28>
5. Richtlijn (EU) 2019/944 van het Europees Parlement en de Raad van 5 juni 2019 "betreffende gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit en tot wijziging van Richtlijn 2012/27/EU (herschikking)"
6. P1 Companion standard: Dutch smart meter requirements version 4.2.2. Netbeheer Nederland, 2014.
7. ECC Report 276 "Thresholds for the coordination of CDMA and LTE broadband systems in the 400 MHz band"
8. <https://rechtennieuws.nl/5319/vergunning-public-access-mobile-radio-uitgegeven/>6 partijen.
9. ECC Report 292 "Current Use, Future Opportunities and Guidance to Administrations for the 400 MHz PMR/PAMR frequencies", februari 2019
10. ECC Report 283 "Compatibility and sharing studies related to the introduction of broadband and narrowband systems in the bands 410-430 MHz and 450-470 MHz".
11. ERC Report 025 "The European table of frequency allocations and applications in the frequency range 8.3 kHz to 3000 GHz; Approved March 2019".
12. ECO Frequency Information System: <http://www.efis.dk>

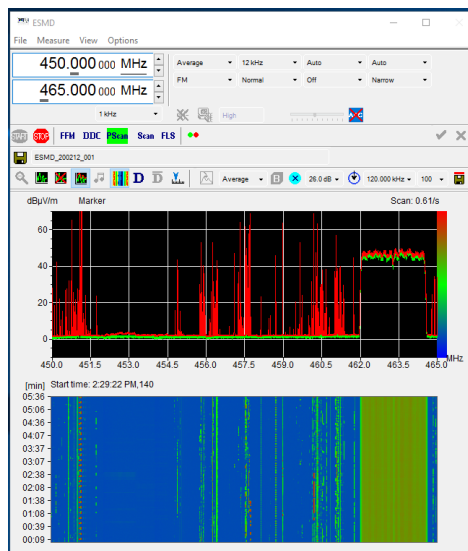
13. Key elements and identification of demand for the future use of spectrum subject to a decision by the federal government:
<https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Telecommunications/Companies/FrequencyManagement/450MHz/450MHz-node.html>
14. Het nationale frequentieplan van België:
<https://www.bipt.be/operators/frequency-plan>
15. Agreement on the co-ordination of the frequency bands 410-430 MHz and 440-470 MHz concluded between the Administrations of Belgium, France, Germany, Luxembourg, the Netherlands and Switzerland (Groningen, 2002):
https://www.bipt.be/file/cc73d96153bbd5448a56f19d925d05b1379c7f21/5196764e96079694605966d869b1101f496e595e/2941_en_groningen_uhf_en.pdf
16. Nationaal Frequentieplan 2014:
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0035791/2020-02-22>
17. <https://www.bipt.be/operators/ongoing-and-future-allocation-procedures>
18. ECC Recommendation T/R 25-08 "Planning criteria and cross-border coordination of frequencies for land mobile systems in the range 29.7-470 MHz", Approved 15 January 1990, Amended 28 September 2018.
19. 3GPP2 C.S0057-F "Band Class Specification for cdma2000 Spread Spectrum Systems", Version 1.0, September 2015.
20. Regeling gebruik van frequentieruimte met meldingsplicht 2015:
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0036375/2019-07-01#Artikel7>

Annex-A Spectrum monitoring informatie

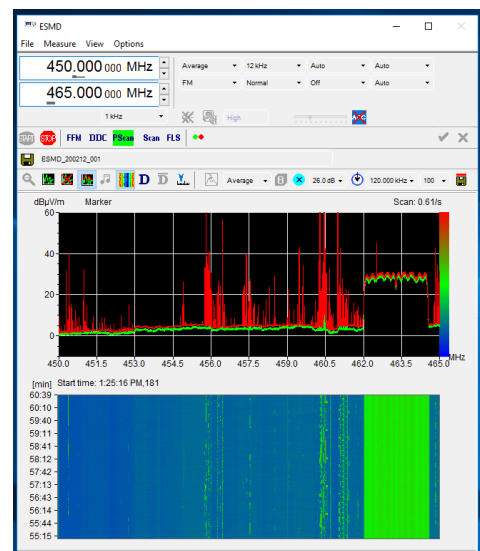
Met het landelijk monitoringnetwerk van Agentschap Telecom zijn een aantal registraties uitgevoerd binnen (Hoek van Holland) en buiten het dekkinggebied (Breda) van Utility Connect.

Figuur A-1 geeft een indruk van de uplink carriers (het signaal van de meter naar de basisstation van Utility Connect) binnen het dekkinggebied en Figuur A-2 buiten dit gebied. In elk figuur is de veldsterkte $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (y-as) versus frequentie (MHz) bovenaan aangegeven; daaronder staat de tijd in minuten (y-as) versus frequentie (MHz).

Als eerste valt op dat ook ver buiten het dekkinggebied beide carriers (461,76875 MHz – 464,76875 MHz) goed waarneembaar zijn. Naast dit gebruik is er een intensief gebruik door PMR en Openbare Orde en Veiligheid (OOV) diensten waar te nemen (op basis van handmatige waarnemingen). Ook defensie heeft een toewijzing in deze band maar maakt daar waarschijnlijk geen actief gebruik van.

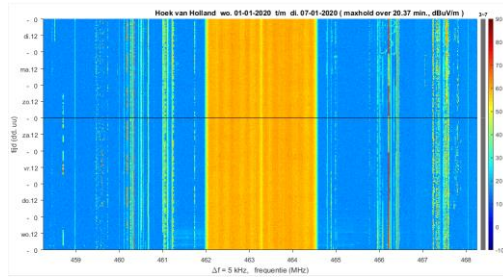


Figuur A-1 Uplink binnen dekkinggebied

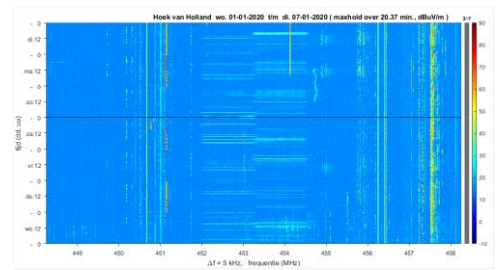


Figuur A-2 Uplink buiten dekkinggebied

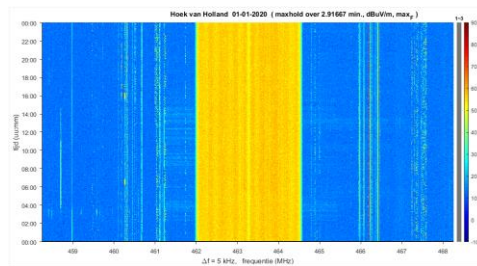
Een gedetailleerde dag- en week-registraties bij Hoek van Holland zijn getoond in de figuren A-3 en A-4. De x-as is de frequentie (MHz) en de y-as is de tijd van de dag (figuur A-3) of week (figuur A-4). Figuur A-3 laat zien dat er geen sprake is van afgebakende uploadmomenten: de gele kleur in figuur A-3 is aanwezig de hele dag. Er is zeker geen verhoogde activiteit tijdens de nachtelijke uren.



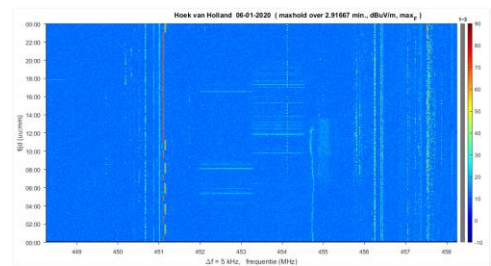
Figuur A-3 weekregistratie uplink (x-as: 458-469 MHz)



Figuur A-4 weekregistratie downlink (x-as: 448-460 MHz)



Figuur A-5 dagregistratie uplink (x-as: 458-469 MHz)



Figuur A-6 dagregistratie downlink (x-as: 448-460 MHz)