

TETRA – En innføring for radioamatører

Fremtidens Amatørradionettverk?

Hva er TETRA?

TETRA

Innledning

- TETRA ble standardisert av ETSI i ca. 1995
 - Samme organ som standardiserte bla. DMR
- Hensikten var å gi funksjonalitet som lignet på GSM-nettverk for toveisradioer
 - Støtter bla. Duplex-samtaler, automatisk basestasjonsvalg, automatisk overføring mellom basestasjoner
 - Varierende grader av kryptering og anonymisering var tiltenkt, dog en rekke svakheter eksisterer
- Brukes primært som et frekvenshoppende ("trunking") system med automatisk allokering av radio til frekvens
 - Opplagt eksempel: Nødnett



TETRA

Noen begrep

- I TETRA verden brukes en del uttrykk, en del er kjent fra andre systemer mens andre kan være nye
- DMO: Direct MOfde – Radio-radio kommunikasjon, bruker 1 frekvens
- TMO: Trunked MOfde – Radio-basestasjon, frekvenser deles ut av basestasjon
- DMO Gateway: “Repeater” som kan videreformidle TMO nettverk som DMO (i.e. dekningsutvidelse av nettverket)
- DMO Repeater: DMO til DMO, via repeater, mange radioer (handholdte og mobile) kan fungere som DMO repeater (frittstående “nettverk”)
- MS: Mobile Station (en radio, også kjent som en brukerterminal)



TETRA

Uteffekt

- Basestasjoner sender med 0,6 til 40 W
- Brukerterminaler sender med 1 til 10 W
- Handholdt radio: 1-3 W
- Mobilstasjon: 1-10 W (nyere modeller har mer effekt)
- Krever godt kontrollerte effektforsterkere, strenge krav til sidebånd

Table 2: Nominal power of BS transmitters

Power class	Nominal power per carrier
1 (40W)	46 dBm
2 (25W)	44 dBm
3 (15W)	42 dBm
4 (10W)	40 dBm
5 (6,3W)	38 dBm
6 (4W)	36 dBm
7 (2,5W)	34 dBm
8 (1,6W)	32 dBm
9 (1W)	30 dBm
10 (0,6W)	28 dBm

Table 3: Nominal power of MS transmitters

Power class	Nominal power
1 (30W)	45 dBm
2 (10W)	40 dBm
3 (3W)	35 dBm
4 (1W)	30 dBm

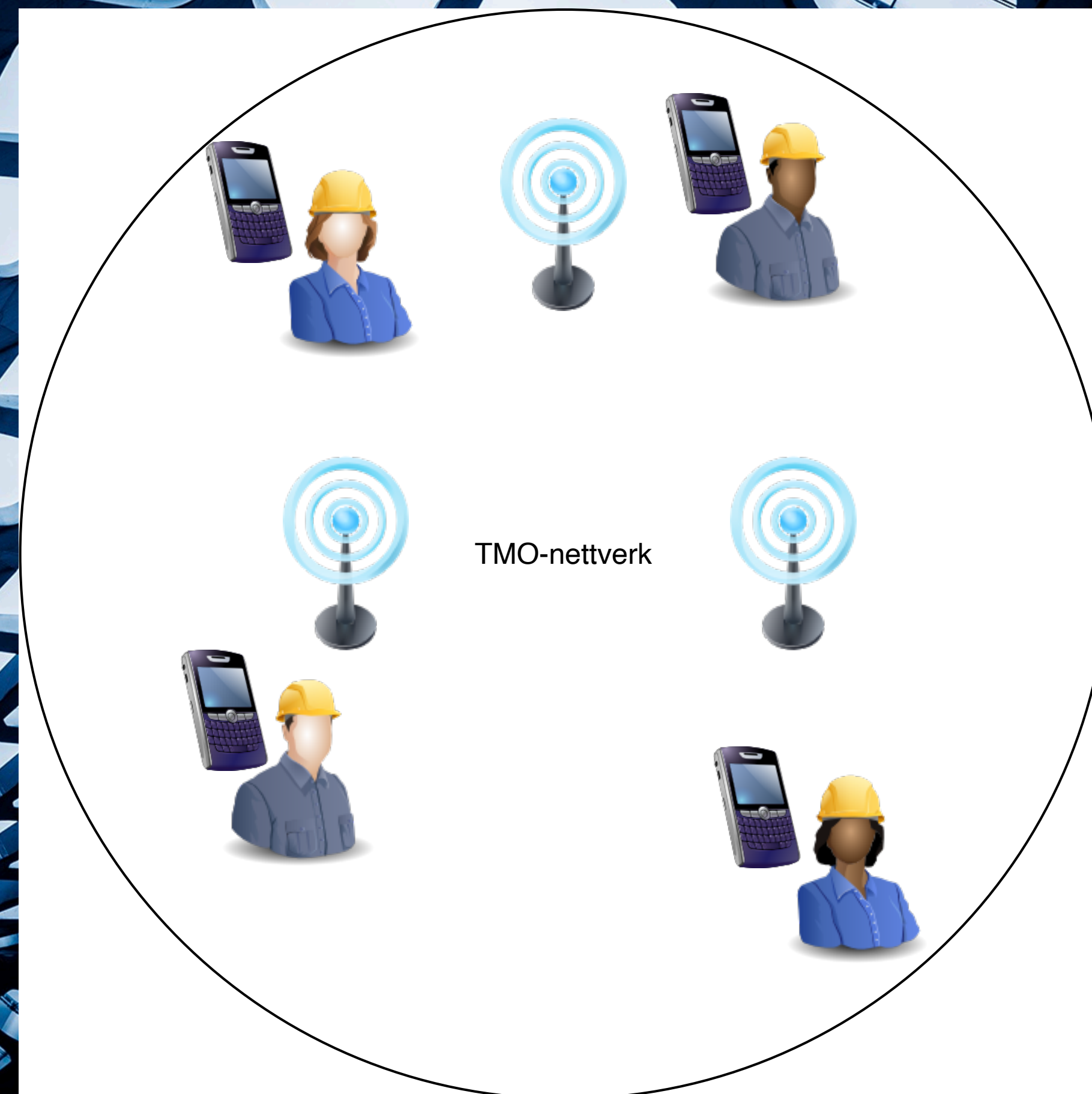
Table 5: Maximum adjacent power levels

Frequency offset	Max. level
25 kHz	- 60 dBc
50 kHz	- 70 dBc
75 kHz	- 70 dBc

TETRA

Teknologien – TMO

- TETRAs radiogrensesnitt bruker tidsdeling, det vil kanskje ikke overraske at det er 4 tidsluker
- I TMO er det da 4 tidsluker til radioer, og 4 tidsluker inn til radioer. Allokering av disse lukene gjøres av nettverket.
- Tildeling av tidsluker gjøres basert på behov, hver radio ber om en gitt talegruppe og får denne sendt på en tidsluke fra basestasjonen
 - Hver basestasjon kan ha 4 forskjellige talegrupper samtidig, og et større antall radioer kan lytte på disse 4 talegruppene
 - Hver tidsluke kan deles opp ytterligere for e.g. datatrafikk
- Radioer kan bruke flere tidsluker basert på behov, for eksempel kan dataoverføring gjøres over flere tidsluker om det er kapasitet



Alle kan nå alle via et nettverk av basestasjoner

TETRA

Radioteknisk

- Frekvensområdet for TETRA er hovedsakelig 350-390 MHz for offentlige tjenester. 800/900 MHz er støttet men ikke brukt i Norge.
 - Kommersiell aktivitet primært fra 410-430 MHz, de fleste nye radioer støtter 350-430 MHz eller opp til 470 MHz
 - 10 MHz frekvensavstand for duplex (kan justeres)
- 25 kHz kanalbåndbredde, datahastighet på 36 kbit/s (deles opp i tidsluker)
 - Modulasjonsformat er en variant over differensiell QPSK ($\pi/4$ DQPSK), god spektral virkningsgrad (effektiv)
 - Krever lineære forsterkere siden signalnivået også er del av informasjonen, til forskjell fra e.g. DMR som bruker 4-FSK (stort sett FM)
 - Tidsluker er ca. 14 ms lange
- Effektiv datahastighet på tale er ca. 4,5 kbit/s som kodes til ca. 7.2 kbit/s for å gi redundans
 - Det er mulig å kjøre IP-data, WAP-nettlesere er inkludert!
- Kontroll-tidsluker settes inn periodisk, og brukes for sidebåndskommunikasjon (e.g. valg av talegrupper, overføring mellom stasjoner, tekstmeldinger)

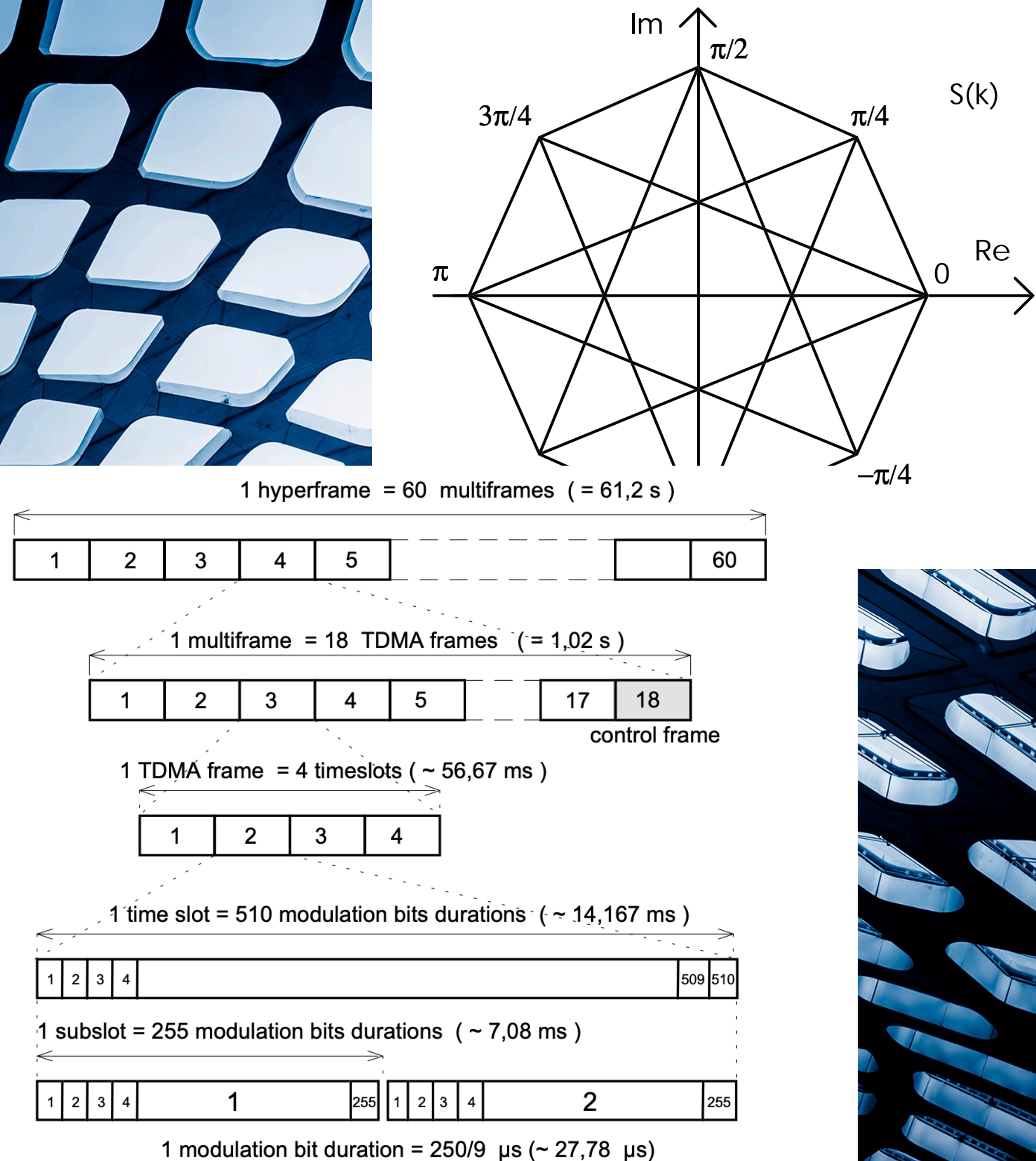
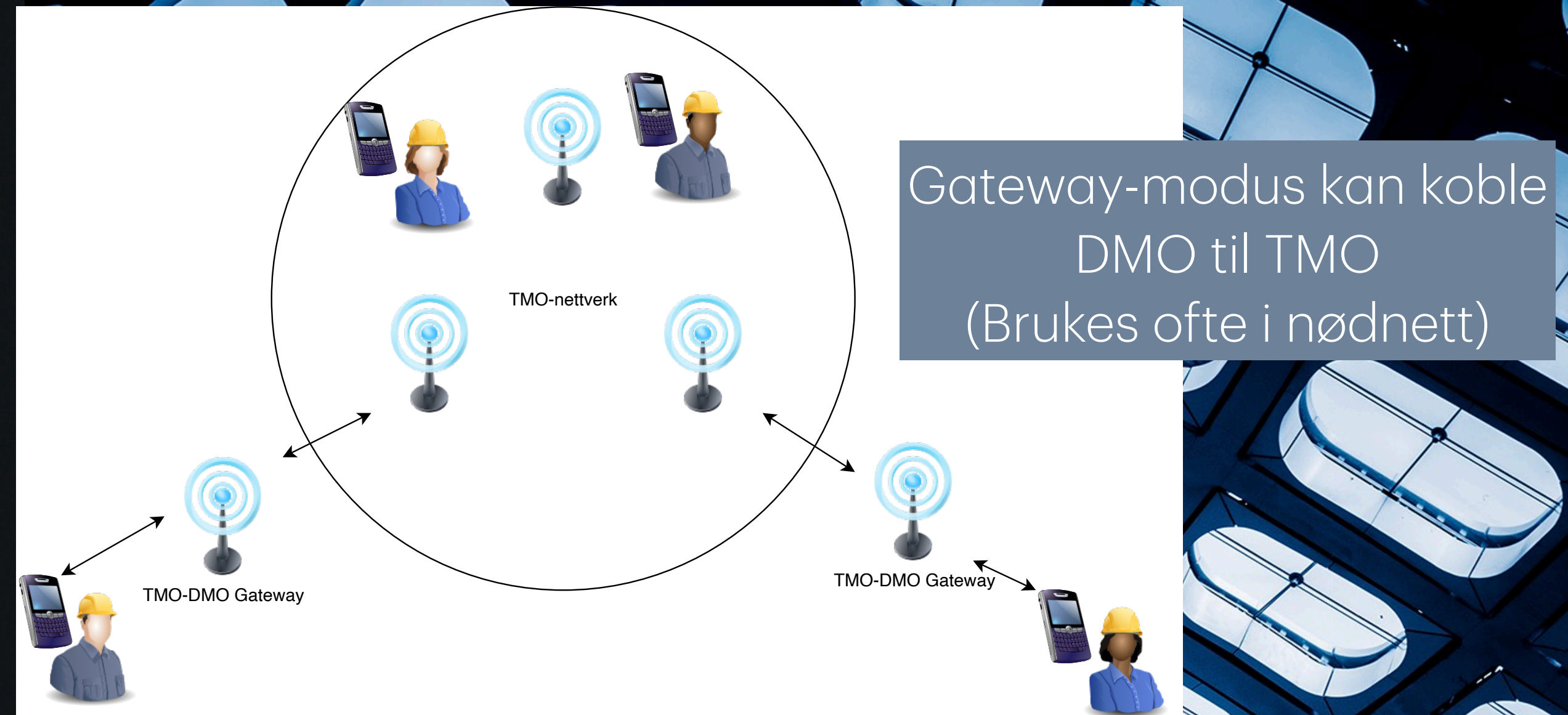


Figure 2: V+D TDMA structure

TETRA

TMO, DMO, Gateway, Repeater

- Det er mulig å utvide et TMO nettverk via å sette inn (midlertidige) DMO-gateways. Disse kan videresende en TMO-talegruppe på en ny frekvens som DMO.
 - Antakeligvis begrenset til 1 talegruppe gjennom denne gatewayen?
- DMO-modus kan gå direkte og/eller via en DMO-repeater
 - Valg av DMO-repeater eller DMO-direkte kan gjøres automatisk av radioen, eller settes opp eksplisitt
 - En DMO-repeater kan være en vilkårlig radio, så lenge den støtter funksjonen og er programmert med muligheten
- Eldre radioer støtter vanligvis ikke DMO-repeater, men de støtter vanligvis gateway-modus



TETRA

Kryptering, anonymisering

- TETRA er designet for å være et sikkert og anonymisert nett, som ikke er hva amatører burde ønske
- TETRA Encryption Algorithm (TEA) finnes i et par utgaver.
 - TEA1 er kommersiell kryptering, markedsført med 80 bits nøkler
 - Implementert med 32 bits nøkler for å forenkle jobben til etterretningsorganer
 - TEA2 er kun for offentlige tjenester, og TEA3 er irrelevant
- Air Interface Encryption er også støttet, og brukes bla. i nødnett. Dette gjør at man ikke skal kunne spore aktive talegrupper og brukere på basestasjoner.
- Nødnett bruker antakeligvis TEA2 med AIE, og det er SIM kort i nødnettsterminaler som er en forutsetning for ende-ende kryptering (noe som ikke er spesielt standardisert mellom produsenter)
- Detaljene rundt krypteringsalgoritmene er hemmelige for å lettere kunne skjule alle bakdørene.
- Alle radioer støtter å kjøre ukryptert.

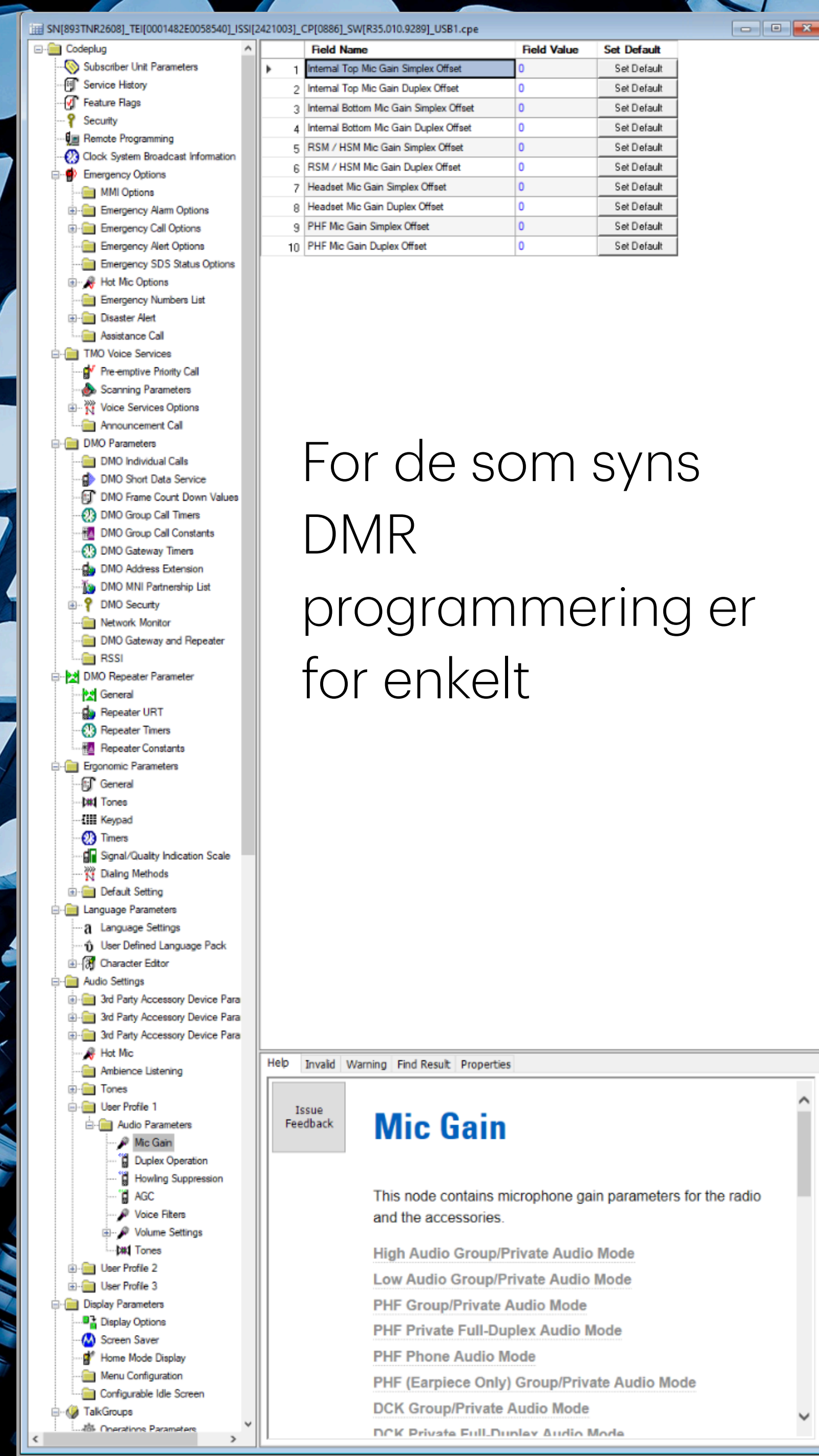


TETRA for radioamatører

AmatørTETRA

Fordeler

- Kompliserte godt bygde radioer, “nerdesystem”
- Flere muligheter enn med DMR, bedre talekvalitet
- Enkel nettverksutvidelse med Gateway
- Potensielt enkel infrastruktur om man begrenser ambisjonene, DMO-repeatere trenger ikke engang duplex-filter!



The screenshot shows the Motorola radio configuration software. On the left is a tree view of settings categories. On the right is a table of microphone gain offsets.

Field Name	Field Value	Set Default
1 Internal Top Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
2 Internal Top Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
3 Internal Bottom Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
4 Internal Bottom Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
5 RSM / HSM Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
6 RSM / HSM Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
7 Headset Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
8 Headset Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
9 PHF Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
10 PHF Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default

Below the table, there is a section titled "Mic Gain" with a description: "This node contains microphone gain parameters for the radio and the accessories." It lists several audio modes: High Audio Group/Private Audio Mode, Low Audio Group/Private Audio Mode, PHF Group/Private Audio Mode, PHF Private Full-Duplex Audio Mode, PHF Phone Audio Mode, PHF (Earpiece Only) Group/Private Audio Mode, DCK Group/Private Audio Mode, and DCK Private Full-Duplex Audio Mode.

For de som syns
DMR
programmering er
for enkelt



AmatørTETRA

Ulemper

- Kompliserte godt bygde radioer, “nerdesystem”
- Ingen blir å orke å sette seg inn i dette, bare se på det der
- Innføring av enda et radionettverk fragmenterer en brukermasse som bare nylig har begynt å vokse
- Mens DMO-biten er relativt enkel og billig, så er TMO-biten dyr og kompleks, utenfor budsjettet til LA9L med brukbar margin.



SN[893TNR2608]_TE[0001482E0058540]_ISS[2421003]_CP[0886]_SW[R35.010.9289]_USB1.cpe

Field Name	Field Value	Set Default
1 Internal Top Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
2 Internal Top Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
3 Internal Bottom Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
4 Internal Bottom Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
5 RSM / HSM Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
6 RSM / HSM Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
7 Headset Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
8 Headset Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default
9 PHF Mic Gain Simplex Offset	0	Set Default
10 PHF Mic Gain Duplex Offset	0	Set Default

Help Invalid Warning Find Result Properties

Issue Feedback

Mic Gain

This node contains microphone gain parameters for the radio and the accessories.

High Audio Group/Private Audio Mode
Low Audio Group/Private Audio Mode
PHF Group/Private Audio Mode
PHF Private Full-Duplex Audio Mode
PHF Phone Audio Mode
PHF (Earpiece Only) Group/Private Audio Mode
DCK Group/Private Audio Mode
DCK Private Full-Duplex Audio Mode

Hvor mange blir å orke dette?

AmatørTETRA

Vyene

- Vyene er å bygge et landsdekkende nettverk av TMO-repeatere
- Mulighet for full duplex-telefonsamtaler mellom brukere
- Nasjonale, regionale, inter- og trans-seksjonale talegrupper
- Sammenkoblet med egne talegrupper for alle landets analoge repeatere
- Vil kreve noen kr.
- Det er et håp om at SDR-baserte basestasjoner vil utvikles til et bra-nok nivå for å kunne bygge et nettverk basert på disse fremfor å kjøpe brukte basestasjoner til 100'000 kr.
- Eller at bruktmarkedet for basestasjoner dukker opp når nødnett oppgraderes (mye av infrastrukturen er vel rundt 10 år gammel nå?)



AmatørTETRA

Ambisjonsnivået

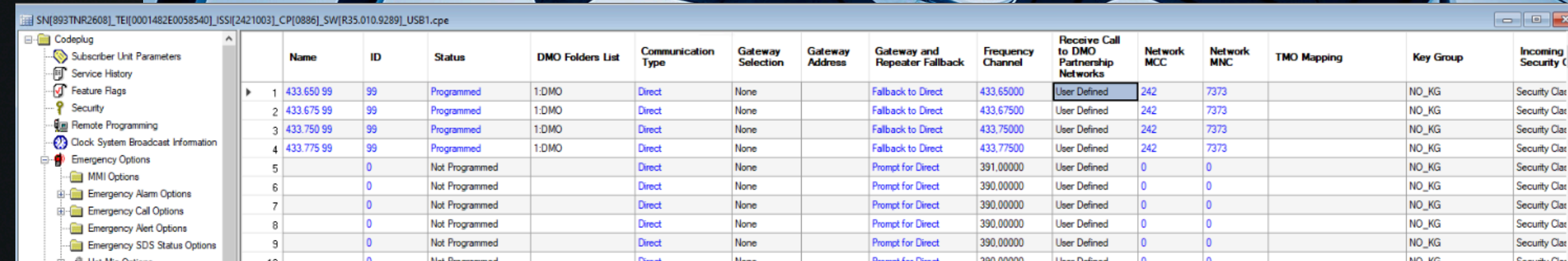
- For å unngå fragmentering av brukergrupper og tømning av lommebøker så er ambisjonsnivået å lage et enkelt DMO-oppsett
- Dette systemet vil kunne brukes for TETRA-TETRA kommunikasjon innenfor et passelig lite geografisk område
- Denne DMO-repeateren vil forhåpentligvis kunne kobles mot en analog radio med linking mot e.g. LA8CR
 - Reflektor-linking med kontroll via tekstmeldinger?
 - Echolink men bedre
- TETRA-DMR linking virker teknisk mulig, men talekvalitet kan bli et problem med dobbel koding av tale med to forskjellige metoder



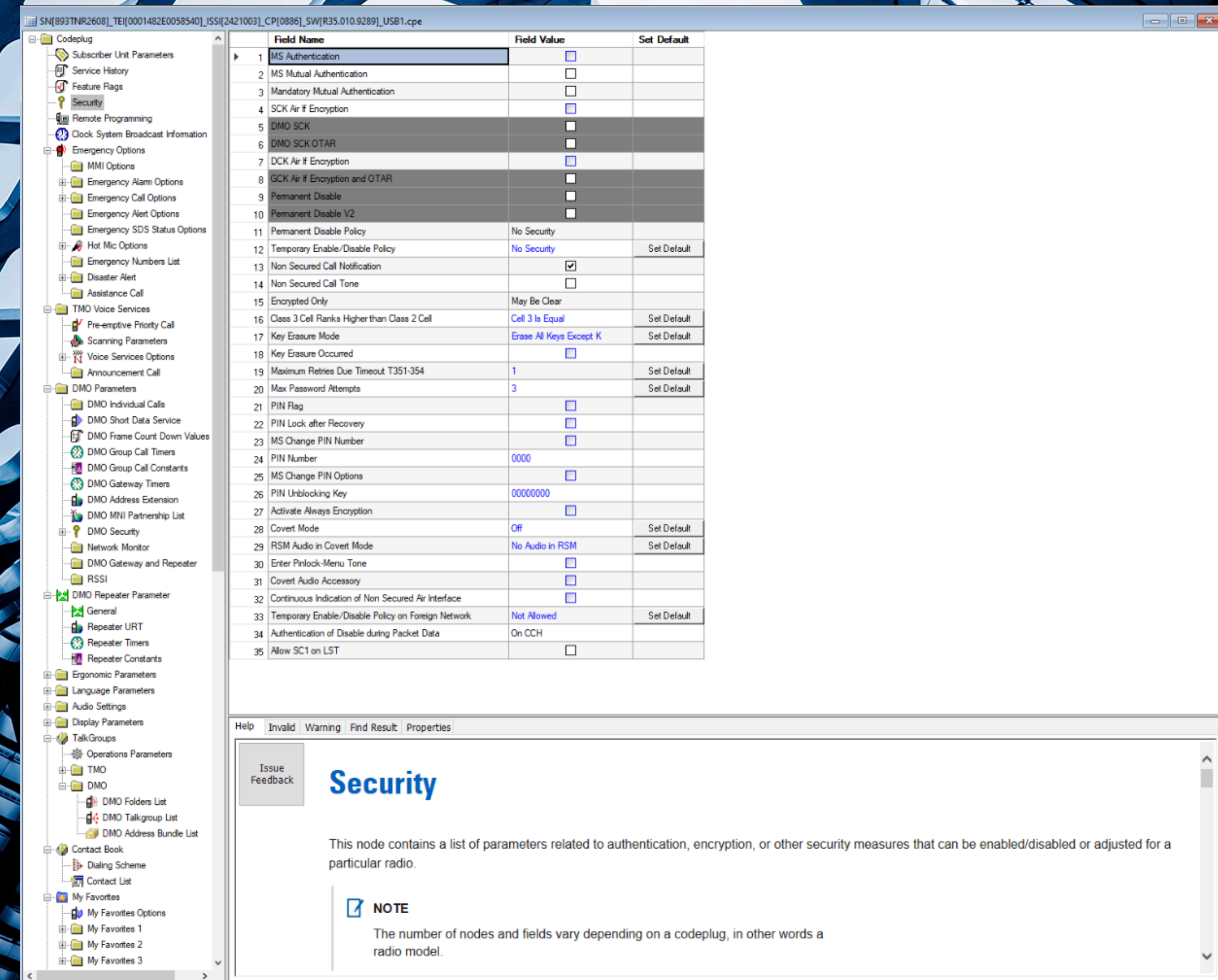
AmatørTETRA

Frekvenser, tekniske detaljer

- Foreløpige frekvenser valgt tilfeldig fra bandplan:
 - 433,650 (oppkall), 433,675, 433,750, 433,775 (alloktert for 20 kHz båndbredde, nært nok?)
 - Noe rundt 434.450 for DMO-repeater?
- Følger så langt som praktisk DMR-konvensjoner
 - TG99 for DMO, radio-ISSI = DMR/CCS7 ID
 - MCC 242 (landskode), MNC 7373 (nettverks-ID, NL-standard)
- Naturligvis ukryptert
- Viktig å standardisere detaljene for å sørge for kompatibilitet mellom radioer



	Name	ID	Status	DMO Folders List	Communication Type	Gateway Selection	Gateway Address	Gateway and Repeater Fallback	Frequency Channel	Receive Call to DMO Partnership Networks	Network MCC	Network MNC	TMO Mapping	Key Group	Incoming Security
1	433.650 99	99	Programmed	1.DMO	Direct	None		Fallback to Direct	433.65000	User Defined	242	7373		NO_KG	Security Clas
2	433.675 99	99	Programmed	1.DMO	Direct	None		Fallback to Direct	433.67500	User Defined	242	7373		NO_KG	Security Clas
3	433.750 99	99	Programmed	1.DMO	Direct	None		Fallback to Direct	433.75000	User Defined	242	7373		NO_KG	Security Clas
4	433.775 99	99	Programmed	1.DMO	Direct	None		Fallback to Direct	433.77500	User Defined	242	7373		NO_KG	Security Clas
5		0	Not Programmed		Direct	None		Prompt for Direct	391.00000	User Defined	0	0		NO_KG	Security Clas
6		0	Not Programmed		Direct	None		Prompt for Direct	390.00000	User Defined	0	0		NO_KG	Security Clas
7		0	Not Programmed		Direct	None		Prompt for Direct	390.00000	User Defined	0	0		NO_KG	Security Clas
8		0	Not Programmed		Direct	None		Prompt for Direct	390.00000	User Defined	0	0		NO_KG	Security Clas
9		0	Not Programmed		Direct	None		Prompt for Direct	390.00000	User Defined	0	0		NO_KG	Security Clas
10		0	Not Programmed		Direct	None		Prompt for Direct	390.00000	User Defined	0	0		NO_KG	Security Clas



	Field Name	Field Value	Set Default
1	MS Authentication	☐	
2	MS Mutual Authentication	☐	
3	Mandatory Mutual Authentication	☐	
4	SCK Air If Encryption	☐	
5	DMO SCK	☐	
6	DMO SCK OTAR	☐	
7	DCK Air If Encryption	☐	
8	GCK Air If Encryption and OTAR	☐	
9	Permanent Disable	☐	
10	Permanent Disable V2	☐	
11	Permanent Disable Policy	No Security	
12	Temporary Enable/Disable Policy	No Security	Set Default
13	Non Secured Call Notification	☒	
14	Non Secured Call Tone	☐	
15	Encrypted Only	May Be Clear	
16	Class 3 Cell Ranks Higher than Class 2 Cell	Cell 3 Is Equal	Set Default
17	Key Erasure Mode	Erase All Keys Except K	Set Default
18	Key Erasure Occurred	☐	
19	Maximum Retries Due Timeout T351-354	1	Set Default
20	Max Password Attempts	3	Set Default
21	PIN Flag	☐	
22	PIN Lock after Recovery	☐	
23	MS Change PIN Number	☐	
24	PIN Number	0000	
25	MS Change PIN Options	☐	
26	PIN Unblocking Key	00000000	
27	Activate Always Encryption	☐	
28	Covert Mode	Off	Set Default
29	RSM Audio in Covert Mode	No Audio in RSM	Set Default
30	Enter Pinlock-Menu Tone	☐	
31	Covert Audio Accessory	☐	
32	Continuous Indication of Non Secured Air Interface	☐	
33	Temporary Enable/Disable Policy on Foreign Network	Not Allowed	Set Default
34	Authentication of Disable during Packet Data	On CCH	
35	Allow SC1 on LST	☐	

Issue Feedback

Security

This node contains a list of parameters related to authentication, encryption, or other security measures that can be enabled/disabled or adjusted for a particular radio.

NOTE
The number of nodes and fields vary depending on a codeplug, in other words a radio model.

Radioterminalene

Radioterminaler

Hva skal jeg kjøpe?

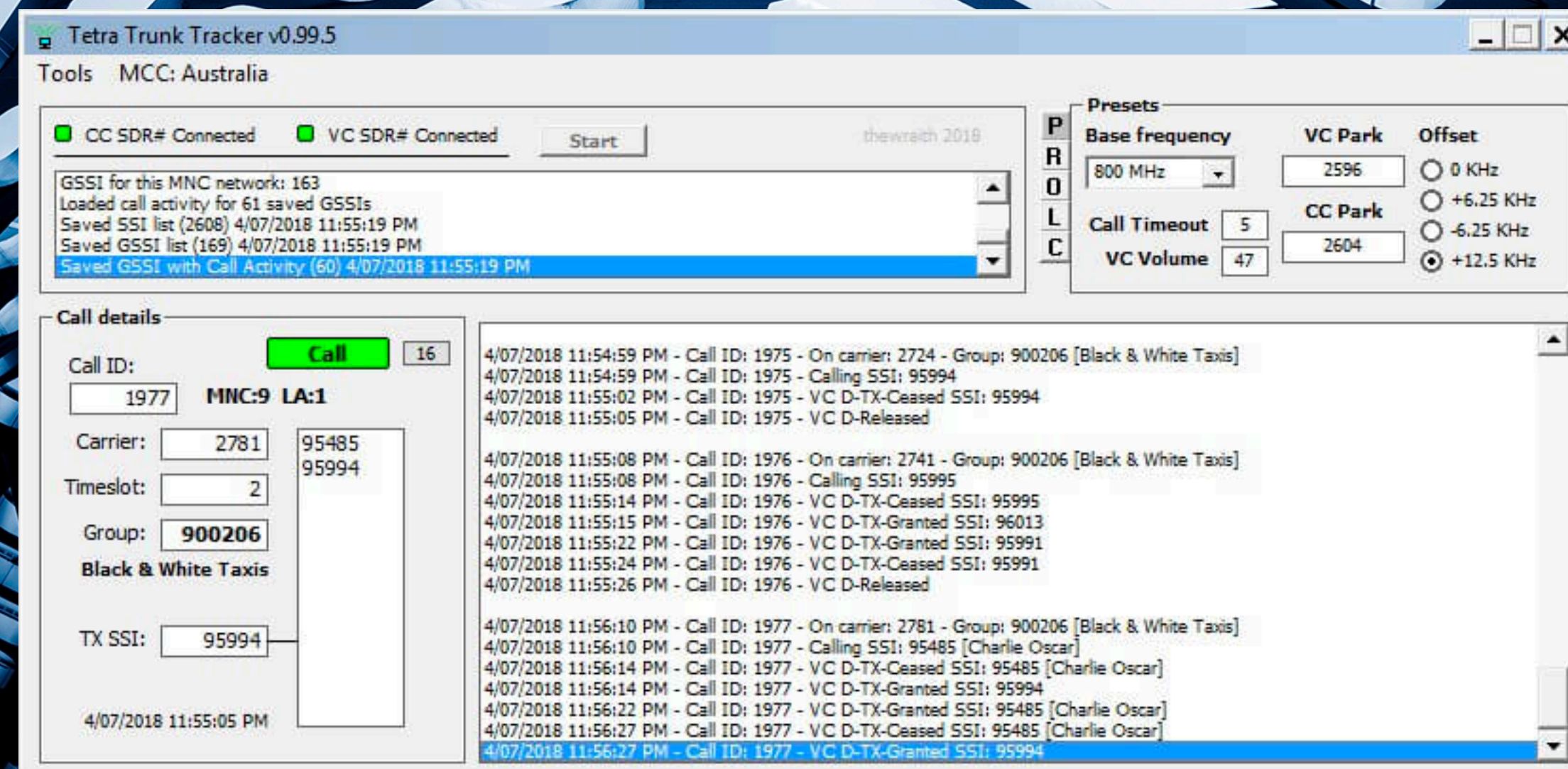
- Obs: TETRA radioer kan bare TETRA med få til ingen unntak.
- Det er flere produsenter av TETRA utstyr, forfatteren er best kjent med Motorola.
- Sepura er kjent som mulig å bruke for amatørformål.
- Hytera kan muligens brukes men ikke verifisert, vennlige forhandlere finnes i Norge.
- Nokia/Cassidian/EADS/Airbus er også alternativer men få brukere og lite offentlig info.



Radioterminaler

SDR-scanner?

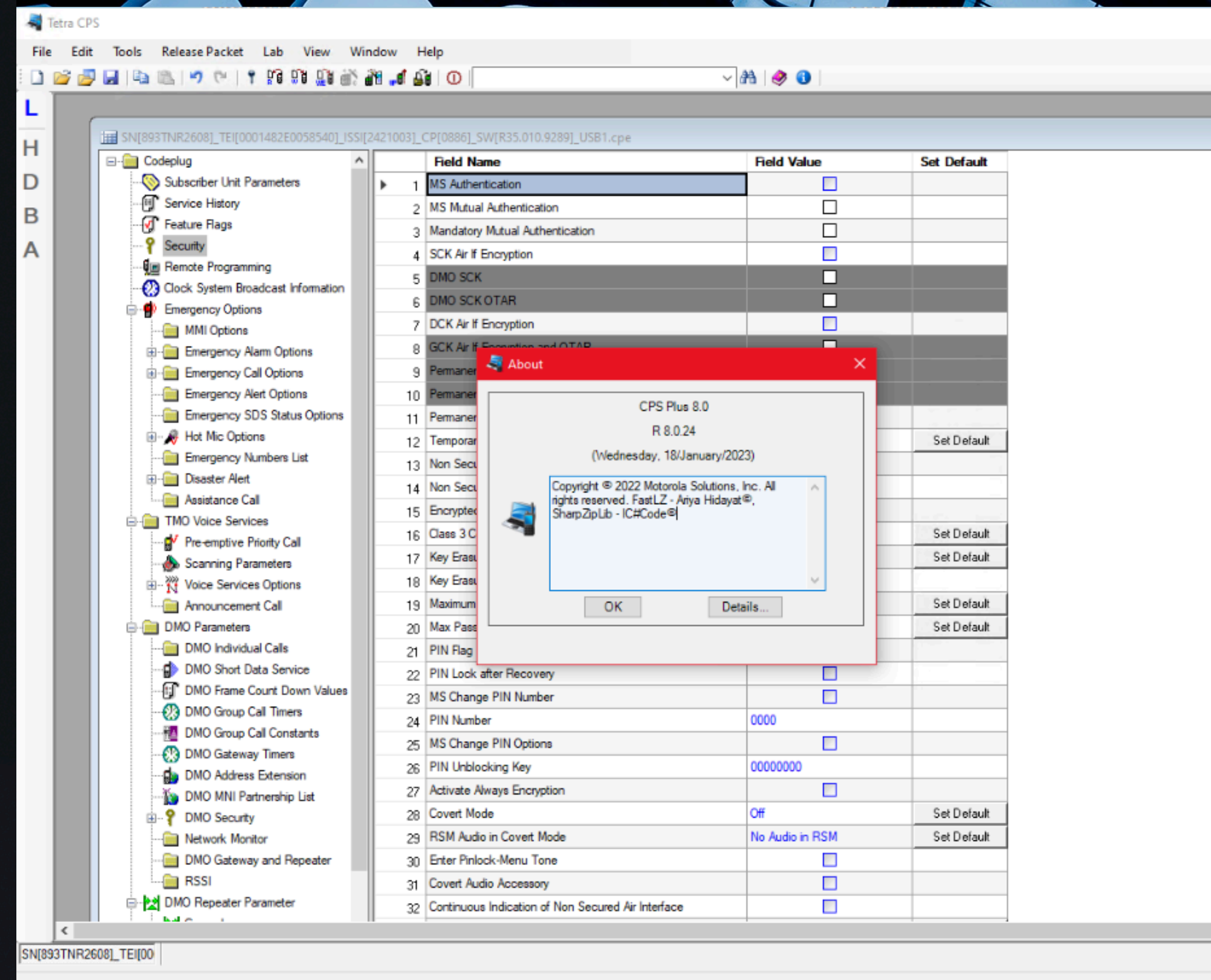
- Status per 2024 er at standard TETRA-demodulatorer for e.g. SDR#, OpenEar etc. støtter ikke DMO modus spesielt bra
 - De kan dekode ISSI (bruker), talegruppe, og andre nettverksparameter men ikke talen
- Dekoding av TMO modus uten kryptering (TC Connect, Gardermoen for eksempel) er mulig
- Frittstående scannere (e.g. Uniden) kanskje, AOR AR-DV1 skal visst fungere med DMO



Radioterminaler

Programmeringsprogramvaren

- Ingen av leverandørene gir fri tilgang til programvaren man trenger
- Motorola og Sepura, samt EADS/Airbus kan fås tak i
 - Motorolas CPS er veldig “fri” om man har Lab mode varianten, nødvendig for å endre båndgrenser
- Motorola CPS krever også et sett med “RPK” filer for programvaren i radioen
- Hytera kan antakeligvis anskaffes for de verdige
- Forvent å bruke mye tid på DuckDuckGo



Radioterminaler

Motorola, handholdt

- De fleste radioene kan dras +10 MHz i frekvens, altså er radioer som går opp til 430 MHz ok for 440 MHz. Ikke kjøp de som går til 390 MHz.
 - Det finnes også ofte 410-470 MHz varianter, og 800 MHz varianter.
 - Sørg for at du kjøper en variant med tastatur
- MTH800 og MTP850 er gamle klassikere, støtter ikke DMO-repeater funksjonen (kan ikke være repeater), ikke anbefalt med mindre de er billige
- MTP3250 er en mer moderne type som ble brukt for nødnett, relativt kurant, støtter DMO repeater modus
- MTP3550 er vel den foretrukne nødnettsterminalen nå, virker å ha mange fellestrekk med MTP3250
- MTPxx50 variantene virker som et godt valg
- MTP3250 og nyere har GPS og Bluetooth innebygd i alle varianter
 - Funksjonene kan aktiveres via lisensnøkler eller alternative måter



Radioterminaler

Motorola, mobil

- MTM800 og MTM800e (samme radio, ny programvare og kontrollhode) er de gamle klassikerne
 - Samtidige med MTP850, lignende funksjonalitet
 - GPS er en egen modul som ikke alltid er montert
- MTM5400 gir mer uteffekt (10 W) og støtter å fungere som en DMO-repeater
- MTM5400 er den foretrukne mobil-enheten, men MTM800e kan brukes for visse formål
- "Cleartone" modellene har annen CPS og anbefales generelt sett ikke



MTM800



MTM800e



MTM5400

Radioterminaler

Hytera

- Hytera virker ikke å ha oppnådd enorm suksess med TETRA i forhold til DMR markedet i Norge
 - Kinesisk eierskap gjør en del ting vanskelig
- Programvare kan antakeligvis anskaffes
- Det er ikke dokumentert om 430 MHz modeller kan utvides til 440 MHz
- Ligger alltid noen på eBay til passelig lave priser



Radioterminaler

Sepura

- Sepura brukes bla. i nødnett (i det minste for FORF-brukere)
- Godt etablert produsent, programvare virker å være mulig å fremskaffe fra visse kanaler
- Nettsiden til VK TETRA (AU) sier at det er mulig å bruke modellene vist til høyre
- <https://www.vktetra.com/tetra-radio-buyers-guide/>



STP 9040



STP8X040/STP8X140



STP9140/9240



SRG3900

Konklusjon

TETRA for amatører

Konklusjon

- TETRA er et stort komplekst system, med mange morsomme detaljer å leke med
- Å bygge et amatørnettverk er mulig, og har blitt gjort bla. i Nederland
 - <https://www.pi4tta.nl/tetra-ham-documents/>
- Muligheten for DMO-repeatere gjør inngangsbilletten relativt rimelig
- Anskaffelse av DMO-repeater er planlagt for 2024
 - For forfatterens egne penger, gruppens penger er ikke allokert til TETRA p.d.d.



Forfatterens MTP3250



P11ANH-TETRA