

## Radio Communicatie – v0.2 (Vitrine Carré – Vloer 3 – V19 Radiosystems)

### Wat is er te zien?

In deze vitrine wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen op het gebied van radio communicatie in de afgelopen 50 jaar. Het overzicht is niet compleet, dat zou heel lastig zijn, maar het geeft wel een interessante indruk van de ontwikkelingen die gedurende die periode hebben plaatsgevonden. De reis van draadloze communicatie is een fascinerend verhaal van innovatie, pionierswerk en internationale samenwerking, van de eerste piepers tot de huidige 5G-netwerken. Dit verhaal belicht de opkomst van cruciale technologieën zoals mobiele telefonie, DECT, Bluetooth en Wi-Fi.

### On-site en off-site paging (piepers en semafoons)

Nira Nederland B.V. in Emmen speelde een belangrijke rol in Nederland bij de introductie en ontwikkeling van **on-site** personensoeksystemen, ook wel bekend als "piepers". Deze systemen, die opereerden binnen een beperkt geografisch gebied zoals een ziekenhuis, fabriek of kantoorgebouw, voorzagen in een snelle en efficiënte manier om intern personeel te alarmeren. De technologie was relatief eenvoudig: een centraal zendstation stuurde een signaal naar kleine draadloze ontvangers, de zogenaamde 'piepers' of 'pagers', die de desbetreffende persoon met een geluidssignaal of trilling attendeerden. Fabrikanten zoals het Nederlandse Philips en later Ericsson (na de overname van Nira) speelden een rol in de levering en installatie van deze systemen.

In de eerste versies werd de identificatie en selectie van de ontvangers gebaseerd op toonfilters. Het grote nadeel daarvan was dat elke ontvanger verschillend uit productie kwam. In de eerste helft van de jaren 80 kwamen de eerste "digitale" ontvangers beschikbaar met een CMOS microprocessor. Daarmee kon de identificatie na de productie via software programmering ingesteld worden.

De behoefte om mensen te bereiken buiten de directe werkomgeving leidde tot de ontwikkeling van **off-site paging**. In Nederland kwam in 1965 voor het eerst de semafoon beschikbaar via een landelijk dekkend netwerk van de PTT. Deze ontvangers stelden abonnees in staat om een numeriek bericht te ontvangen, dat vaak een telefoonnummer bevatte waar ze naar toe moesten bellen.



Figuur 1 [Philips ESC Semafoon](#)



Figuur 2 [PTT Semafoon pager](#)



*Figuur 3 PTT Sematone plus pager*



*Figuur 4 PTT Wireless Messaging Beeper (blue unit)*

Met de brede acceptatie van mobiele telefonie in de late jaren '90 en de vroege jaren '00 verloren zowel on-site als off-site paging terrein in Nederland. De tweewegcommunicatie en de vele functionaliteiten van mobiele telefoons boden een superieur alternatief voor de eenrichtingscommunicatie van pagers. Hoewel paging in nichemarkten (zoals de zorg en industrie) omwille van betrouwbaarheid en kostenefficiëntie nog steeds wordt gebruikt, is de glorie tijd van de pieper en de semafoon in Nederland voorbij.

### **Mobile Netwerken starten analoog**

In Nederland werden de eerste analoge mobiele telefoonnetwerken, specifiek autotelefoonnetwerken, geïntroduceerd in maart 1980. Dit eerste netwerk stond bekend als ATF-1 (Autotelefoon 1). Het was een initiatief van de PTT en was bedoeld voor mobiele communicatie vanuit auto's. De capaciteit was toen nog zeer beperkt, met een maximum van ongeveer 2.500 abonnees.

Later volgden uitbreidingen om aan de groeiende vraag te voldoen:

- ATF-2 werd in januari 1985 geïntroduceerd (ook bekend als NMT-450, gebruik makend van de 450 MHz band).
- ATF-3 volgde in 1989 (NMT-900, gebruik makend van de 900 MHz band).

NMT staat voor Nordic Mobile Telephone. Het was een vroege standaard voor analoge mobiele telefonie (1G), ontwikkeld door een groep ingenieurs uit Zweden, Denemarken, Noorwegen en Finland. Deze ATF-netwerken waren de analoge voorgangers van de latere digitale GSM-netwerken, die vanaf 1994 in Nederland verschenen en de mobiele telefonie echt mainstream maakten. De analoge ATF-netwerken zijn uiteindelijk in 1999 buiten gebruik gesteld.

### **De digitale mobiele revolutie: van 2G (GSM) naar 6G**

De echte revolutie begon met de introductie van GSM (Global System for Mobile Communications) in Nederland. Het eerste GSM-netwerk werd op 1 juli 1994 geopend door het toenmalige PTT Telecom (nu KPN). GSM wordt beschouwd als de tweede generatie (2G) mobiele netwerken. GSM bracht digitale telefonie, wat zorgde voor een betere geluidskwaliteit, meer veiligheid door digitale encryptie en een grotere reikwijdte. Het was de eerste wereldwijd genormeerde standaard, waardoor internationale roaming mogelijk werd. Naast bellen introduceerde GSM ook de mogelijkheid om tekstberichten (sms) te versturen (vanaf 1993) en

later ook GPRS (General Packet Radio Service) en EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), die de mogelijkheid boden voor basis mobiel internet. Na KPN volgden al snel andere aanbieders zoals Libertel (later Vodafone) en later ook Ben (nu Odido). Libertel introduceerde in deze periode ook prepaid bellen.



*Figuur 5 Motorola 2G [Autotelefoon Carvox cruiser](#)*



*Figuur 6 [Sony Ericsson 2G Mobile Phone J120i](#)*

Het 2G-netwerk wordt momenteel uitgefaseerd in Nederland. Dit maakt ruimte voor snellere 4G- en 5G-netwerken. Rond 2003 deed de derde generatie (3G) mobiele netwerken, voornamelijk gebaseerd op UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), zijn intrede in Nederland. 3G bracht significant hogere datasnelheden met zich mee, waardoor mobiel internet echt bruikbaar werd voor algemeen gebruik. Dit maakte diensten zoals video-bellen, mobiel browsen en het streamen van muziek mogelijk. In Nederland is 3G al voor een groot deel uitgefaseerd door providers, om zo capaciteit vrij te maken voor 4G en 5G. De vierde generatie (4G), veelal bekend als LTE (Long Term Evolution), werd rond 2010 geïntroduceerd in Nederland. 4G bood een enorme sprong voorwaarts in snelheid en capaciteit, met downloadsnelheden tot wel 150 Mbps (en met LTE-Advanced nog hoger). Dit maakte naadloos streamen van HD-video's, online gaming en cloud-diensten op mobiele apparaten mogelijk. 4G is de standaard geworden voor mobiel internet en bellen (VoLTE). Nederland heeft een uitstekende 4G-dekking. De focus ligt nu op het optimaliseren en uitbreiden van de bestaande 4G-netwerken. In juli 2020 werd 5G in Nederland commercieel geïntroduceerd. Alle drie de grote mobiele operators (KPN, Vodafone en Odido) bieden nu 5G-netwerken aan. 5G belooft nog hogere snelheden (potentieel gigabits per seconde), extreem lage latentie (vertraging) en de mogelijkheid om veel meer apparaten tegelijk te verbinden (Massive IoT). Dit opent deuren voor nieuwe toepassingen zoals augmented reality (AR), virtual reality (VR), zelfrijdende voertuigen en slimme steden. In Nederland wordt 5G momenteel ingezet op lagere frequentiebanden (zoals de 700 MHz band), die een groot bereik hebben maar minder hoge snelheden bieden. De veiling van de cruciale 3,5 GHz band is inmiddels afgerond en providers zijn bezig met de uitrol hiervan, wat de snelheid en capaciteit van 5G aanzienlijk zal verbeteren. Voor extreem hoge snelheden in specifieke gebieden is de 26 GHz band in beeld, maar daarvoor is nog geen landelijke veiling besloten. Nederland is al actief betrokken bij onderzoek en ontwikkeling voor de zesde generatie (6G) mobiele netwerken, met initiatieven vanuit onder andere TNO en de TU Delft. 6G wordt verwacht nog hogere snelheden, lagere latentie en betrouwbaarheid te bieden dan 5G. Kunstmatige intelligentie (AI) zal een integrale rol spelen in 6G, zowel voor de optimalisatie van het netwerk als voor de ondersteuning van AI-toepassingen. Het richt zich op een robuuster, slimmer en energiezuiniger netwerk met mogelijkheden voor verwerking van data dicht bij de bron (edge computing). De verwachting is dat 6G rond 2030 commercieel beschikbaar zal zijn.

## Draadloze telefonie: CT2, CT3 en DECT

Naast mobiele netwerken voor de lange afstand, ontwikkelden zich ook technologieën voor draadloze telefonie op kortere afstanden..

CT1, CT2, CT3 en DECT standaarden voor draadloze telefonie vertegenwoordigen verschillende generaties van draadloze communicatie, voornamelijk voor vaste telefonie, in tegenstelling tot mobiele netwerken zoals GSM.

CT1 (Cordless Telephone 1) was een analoge technologie die begin jaren '80 opkwam. De telefoons bestonden uit een basisstation en een handset, en waren bedoeld voor gebruik binnen een beperkt bereik (vaak alleen thuis of op kantoor). Ze werkten op de 900 MHz frequentieband.

CT2 (Cordless Telephone 2) werd geïntroduceerd in de late jaren '80 en vroege jaren '90. Het was een digitale standaard, wat een grote verbetering was ten opzichte van CT1. Het werkte op de 800 MHz-band. Belangrijke kenmerken waren een betere geluidskwaliteit (dankzij digitale transmissie) en meer privacy (digitale codering maakte afluisteren moeilijker). **CT2** kende in Nederland een implementatie onder de naam Greenpoint, die van 1992 tot 1998 bestond en waarmee men op publieke plekken met een speciaal toestel kon bellen. Deze Telepoint diensten werden geen groot succes door de opkomst van GSM.



Figuur 7 [Motorola Greenhopper 100](#)

CT3 (Cordless Telephone 3) was een verbeterde digitale standaard. Het gebruikte Time Division Multiple Access/Time Division Duplex (TDMA/TDD) en was gericht op verbeterde capaciteit en beveiliging. CT3 werd nooit breed geadopteerd maar vormde de basis voor de DECT standaard.

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) is de standaard voor draadloze telefonie die we vandaag de dag nog steeds kennen en gebruiken, voornamelijk voor vaste telefoonlijnen (landlijnen) thuis en op kantoor. DECT is een robuuste digitale standaard die in de vroege jaren '90 is geïntroduceerd. DECT maakt ook gebruik van TDMA/TDD en werkt op de 1.8 GHz of 1.9 GHz frequentieband (afhankelijk van de regio).



*Figuur 8 [Ericsson DECT Central Communication System](#)*



*Figuur 9 [Ericsson DECT Base Station](#)*



*Figuur 10 [Ericsson DECT DRA1900 Fixed Access Unit](#)*



*Figuur 11 [Ericsson DECT DT590 Handset](#)*



*Figuur 12 [Ericsson DECT DT368 Handset](#)*



*Figuur 13 [Ericsson CT3 DCT900 Handset](#)*

De CT- en DECT-standaarden waren (en DECT is nog steeds) primair bedoeld voor draadloze extensies van een vaste telefoonlijn (landlijn). De "G"-standaarden (zoals NMT (1G), GSM (2G), UMTS (3G), LTE (4G) en 5G) zijn ontworpen voor grootschalige mobiele netwerken die brede dekking, roaming over landsgrenzen heen en later ook mobiel internet bieden. Terwijl de CT-standaarden de basis legden voor draadloze vrijheid binnenshuis, was het de opkomst van GSM die de echte revolutie in mobiele communicatie teweegbracht DECT heeft echter zijn niche behouden als de betrouwbare en veilige standaard voor vaste draadloze telefonie.

### **Draadloze computernetwerken: Wi-fi**

Al in de jaren '40 en '50 waren er concepten voor het draadloos overbrengen van data, vaak voor militaire doeleinden. Een belangrijke voorloper was het ALOHAnet, ontwikkeld aan de Universiteit van Hawaii in de jaren '70. Dit was een draadloos computernetwerk dat werd gebruikt om de communicatie tussen de verschillende eilanden te vergemakkelijken. De principes van pakketgeschakelde draadloze communicatie die hier werden toegepast, vormden een basis voor latere draadloze technologieën. Na de Tweede Wereldoorlog werden frequentiebanden toegewezen voor verschillende toepassingen. Een daarvan was de ISM-band

(Industrial, Scientific, and Medical), oorspronkelijk bedoeld voor apparaten zoals magnetrons, maar al snel erkend als potentieel geschikt voor communicatiedoeleinden. Dit was cruciaal, omdat deze banden (zoals 2.4 GHz en 5 GHz) "ongelicenseerd" zijn, wat betekent dat ze zonder dure licenties kunnen worden gebruikt voor communicatie, wat de weg effende voor brede adoptie.

Een team van ingenieurs bij NCR Computers in Nieuwegein, Nederland, speelde een cruciale rol. Onder leiding van de Nederlanders Cees Links en Vic Hayes werkten zij aan een draadloos netwerk om computers met elkaar te verbinden. Dit resulteerde in 1990 in WaveLAN, een van de eerste commerciële draadloze lokale netwerken (WLAN). De echte doorbraak voor interoperabiliteit kwam met de vorming van de IEEE 802.11-werkgroep. Vic Hayes wordt vaak de "Vader van Wi-Fi" genoemd vanwege zijn leidende rol in de ontwikkeling van deze internationale standaard. Deze standaard, officieel gelanceerd in 1997, zorgde ervoor dat apparaten van verschillende fabrikanten met elkaar konden communiceren, wat essentieel was voor massale adoptie. Wi-Fi is nu niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven. Het is geïntegreerd in vrijwel alle laptops, smartphones, tablets en een groeiend aantal IoT-apparaten. Openbare Wi-Fi-hotspots zijn overal te vinden, en thuisnetwerken zijn de norm geworden.



*Figuur 14 [Cisco Linksys Router EA2700](#)*



*Figuur 15 [Parrot 11 WLAN Access Point](#)*



*Figuur 16 [ORiNOCO Silver 802.11b PCMCIA Card and software](#)*

## Radioverbindingen voor korte afstand: Bluetooth

Bluetooth is een draadloze communicatietechnologie die het mogelijk maakt om gegevens uit te wisselen tussen elektronische apparaten over korte afstanden. Het is een open standaard, wat betekent dat het door duizenden bedrijven over de hele wereld wordt ondersteund en toegepast. Deze standaard voor korte afstand radioverbindingen werd in 1994 uitgevonden door de Nederlander Jaap Haartsen, die destijds werkzaam was voor Ericsson in **Lund**. De uitvinding van Bluetooth heeft de manier waarop apparaten met elkaar communiceren fundamenteel veranderd – van draadloze headsets tot datatransmissie tussen telefoons en computers. De naam "Bluetooth" is een eerbetoon aan de Vikingkoning Harald "Blauwtand" Gormsson, die in de 10e eeuw verschillende Scandinavische stammen verenigde. De naam werd gekozen omdat de technologie bedoeld was om verschillende communicatieprotocollen met elkaar te verbinden, net zoals de koning de stammen verenigde. Het bekende Bluetooth-logo is een combinatie van twee runen die de initialen van Harald Blauwtand representeren.

Bluetooth werkt via radiogolven in de 2,4 GHz-band (precies tussen 2,402 en 2,486 GHz). Deze frequentieband is wereldwijd vrij te gebruiken, wat een van de redenen is voor de brede acceptatie van Bluetooth. Wanneer twee apparaten met elkaar verbonden worden via Bluetooth, ontstaat er een klein draadloos netwerk, ook wel een piconet genoemd. Eén apparaat fungeert als 'master' (zender) en de andere als 'slave' (ontvanger). Kenmerken zijn draadloos gemak (het elimineren van kabels), korte afstand en laag energieverbruik. Om ervoor te zorgen dat verschillende soorten apparaten met elkaar kunnen communiceren voor specifieke taken, maakt Bluetooth gebruik van 'profielen'. Een profiel definieert hoe apparaten gegevens moeten uitwisselen voor een bepaalde toepassing. Voorbeelden zijn: A2DP (Advanced Audio Distribution Profile), voor het streamen van stereo-audio (bijvoorbeeld naar draadloze hoofdtelefoons of speakers), HFP (Hands-Free Profile), voor handsfree bellen (bijvoorbeeld met een carkit of headset), HID (Human Interface Device Profile), voor toetsenborden, muizen en gamecontrollers en GATT (Generic Attribute Profile), veel gebruikt voor Bluetooth Low Energy-apparaten.



*Figuur 17 [Ericsson Bluetooth Development Kit](#)*