



M.H. Trompstraat 6  
3601 HT Maarssen  
The Netherlands  
Tel: + 31 (0) 346 284004  
Fax: + 31 (0) 346 283691  
Email: [info@totech.nl](mailto:info@totech.nl)  
Web: [www.totech.nl](http://www.totech.nl)  
KvK: 30169033  
BTW: NL001961734B19

## **Cursus Propagatie**

### ***Inleiding.***

Draadloze communicatie door middel van EM golven is niet meer weg te denken uit het dagelijks leven. De antenne vormt hierbij de "interface" tussen de elektronica en het EM veld. Echter wat zich tussen de antennes afspeelt, wordt door veel technici als ongrijpbaar ervaren. Dit terwijl het een wezenlijk onderdeel van de signaalweg is. Geen of onvoldoende inzicht in antennematerie kan leiden tot onverklaarbare problemen in systemen.

De cursus "Propagatie" maakt de materie grijpbaar voor diegenen die reeds basiskennis hebben van antennes en begrippen als veldsterkte, gain, stralingsdiagram en vermogensdichtheid. Aan de hand van bekende begrippen, analogieën en praktijkoefening, wordt Propagatie inzichtelijk gemaakt. Zodoende kunnen de cursisten propagatie een plaats laten innemen binnen de gehele signaalbewerkingketen.

De cursus is het vervolg op de antenncursus. Daar waar de antenncursus ophoud (vrije veld overdracht) gaat deze cursus verder. Behandeld wordt het gedrag van golven rond elektrisch gezien grote en kleine obstakels en de gevolgen daarvan op de overdracht tussen twee antennes. Hierbij wordt veel aandacht besteed aan de afhankelijkheid van de overdracht van plaats, tijd en frequentie.

### ***Voor wie is deze cursus bedoeld?***

Deze cursus is bedoeld voor Technische Projectmanagers, Systeemontwerpers, Ontwikkelaars en System Integrators werkzaam op het gebied van (mobiele) digitale of analoge draadloze communicatie- en sensorsystemen, in het frequentiegebied vanaf ongeveer 30 MHz.

Daarnaast is deze cursus zeer geschikt voor mensen welke zich bezighouden met Spectrum Engineering en Frequentie Management.

Houdt u zich bezig met UHF RFID, of overweegt u een migratie van HF RFID (13.56 MHz) naar UHF 868 MHz of 2.45 GHz? Dan is deze cursus zeker de moeite waard.

## **Leerdoelen.**

Na het volgen van deze cursus heeft u inzicht in: Het gedrag van golven rondom obstakels (reflectie, refractie, scattering, adsorptie, breking), in de praktijk voorkomende vormen van propagatie, tijd-, frequentie- en plaatsafhankelijkheid van de overdracht. U zult in staat zijn om een inschatting te kunnen maken van de overdracht tussen twee antennes (zowel vrije veld als niet vrije veldsituaties).

## **Vereiste voorkennis?**

Deze cursus vereist redelijke kennis van antennematerie op systeemniveau en vereist parate rekenvaardigheid (algebra en goniometrie). Het recentelijk gevolgd hebben van de TeTech Antennecursus verschaft de benodigde voorkennis.

Alle theorie wordt behandeld zonder gebruik te maken van differentiaal- en integraal rekening.

Indien gewenst kan een extra dag(deel) ingevoegd worden om eenieder op hetzelfde rekenvaardigheidsniveau te brengen.

## **De volgende onderwerpen komen aan bod:**

### **Propagatiemechanismen:**

- Propagatie van 100 kHz tot 300 GHz in een notendop.
- propagatieverschijnselen: reflectie (reflection), breking (refraction), divergentie (diffraction), hertransmissie (re-radiation), absorptie, overeenkomsten met situaties uit het dagelijks leven.
- De aarde, reflectie van aardoppervlak, Fresnel vergelijkingen, invloed kromming, radiohorizon.
- Divergentie van in afmetingen begrensde golffronten, divergentie rond obstakels, divergentie van gereflecteerde golven en knife edge diffraction.
- Radar Cross Section.

### **Propagatiemodellen:**

- Vrije veld model (free space model, demping evenredig met  $r^2$ ).
- Twee-stralenmodel (two ray model, demping evenredig met  $r^4$ ).
- Wanneer gebruik je welk model?
- Wanneer is sprake van obstakelvrije transmissie?, Fresnel zone, beperkingen van Fresnel zone theorie, "breedte" van een stralenbundel.
- Wanneer ondervindt men hinder van een groot object dat zich buiten de Fresnel zone bevindt?.
- Oppervlaktegolfmodellen.
- Deterministische versus (semi) empirische modellen, modellering in het algemeen.
- Gebruik van propagatiecurves en software.

### **Multipadeffecten:**

- Tijd, frequentie en plaatsafhankelijkheid van de overdracht, fast en slow fading.
- Spreiding in tijd (Pulsvervorming, delay spread)
- statistische beschrijving.
- methoden om de invloed van multipad effecten te verminderen (diversity, spread spectrum, etc).
- Propagatiemetingen.

### **Ongewenste en bijzondere propagatievormen.**

- Propagatie voorbij de horizon (standaard diffraction loss)
- Super refraction en ducting, invloed van grote wateroppervlakken.
- Sporadische E-laag reflectie
- Meteor burst scattering
- Scattering op vliegtuigen
- Tropo-scatter
- atmosferische adsorptie en scattering.

### **Diversen Propagatie en Antennes.**

- Antenne- en propagatie-experimenten en regelgeving
- Het aanvragen van frequenties
- Uitrekenen van afstanden aan de hand van coördinaten.
- Oppervlaktegolf propagatie.

Onderstaande onderwerpen kunnen als afsluiting toegevoegd worden indien zij aansluiten op het kennisniveau van de cursisten. De onderwerpen vereisen detailkennis over elektronica.

### **Inleiding link budget en interferentieanalyse.**

- Link budget criteria, link budget berekeningen (min. S/N ratio, totaal ruisvermogen, betrouwbaarheid).
- interferentiecriteriën, interferentieberekeningen (min C/I ratio, interferentiekans).

### **Link budget berekening UHF RFID systeem.**

- Link budget berekening voor gebruik van (passieve) RFID chips op bijv 433 MHz, 868 MHz en 2.45 GHz. Voor en nadelen van de diverse frequentiebanden voor wat betreft de antennes komen aan bod.

Alle onderwerpen worden behandeld aan de hand van een combinatie van theorie, tot de verbeelding sprekende voorbeelden en oefeningen (zowel theoretisch als praktisch). Bij het praktijkdeel wordt gebruik gemaakt van 13 cm (2.4 GHz) apparatuur.

Iedere cursist ontvangt een speciaal voor deze cursus geschreven hand-out, totaal bestaande uit ongeveer 95 pagina's (in de verhouding 55% Nederlandstalige tekst, 15% Engelstalige tekst en 30% afbeeldingen).

Deze cursus kan goed gecombineerd worden met de cursus "Elektromagnetisme voor Antennes en Elektronica" en/of de cursus "Antennes".

## **Lokatie, data en aantal deelnemers.**

Deze cursus wordt in-company gegeven. Het programma kan aangepast worden aan de specifieke wensen van uw organisatie, dit verhoogt de toepasbaarheid. De cursus kan zowel overdag als in avonden gegeven worden.

Afhankelijk van het uiteindelijk programma en de voorkennis van de cursisten zijn 2 tot 3 dagen benodigd (voor de basiscursus). De voorkeur gaat uit naar spreiding van de cursusdagen over bijvoorbeeld 2 weken. Dit om de cursisten de gelegenheid te geven de behandelde stof eigen te maken. Er wordt aanbevolen om maximaal 10 personen per sessie toe te laten.

## **Kosten.**

De kosten bedragen in orde van E 850,-- per volledige cursusdag (excl. kosten van vervoer), vermeerderd met eenmalig E 46,-- per cursist.

De volgende kortingsregeling is van toepassing:

3 cursusdagen kosten E 2380,-- (u betaalt 2.8 dagen)

4 cursusdagen kosten E 3060,-- (u betaalt 3.6 dagen)

5 cursusdagen kosten E 3740,-- (u betaalt 4.4 dagen)

De definitieve prijs wordt in overleg vastgesteld. Indien een programma van 3 dagen opgesteld wordt voor 4 personen, bedraagt de totale kostprijs per persoon in orde van E 650,--.

Indien u van plan bent om zowel de cursus Antennes en de cursus Propagatie te volgen, dan kunt u het beste kiezen voor de cursus "Antennes en Propagatie". De aansluiting van de twee delen is in dat geval optimaal, het scheelt aanzienlijk in de kostprijs en verkort de totale cursusduur.

## **Geïnteresseerd?**

Neem dan contact op met TeTech, Telefoon 0346 284004. U kunt ook faxen naar 0346 283691 of mailen naar [info@totech.nl](mailto:info@totech.nl).

Deze cursus bestrijkt slechts een gedeelte van de binnen TeTech aanwezige expertise. TeTech kan ook uw opleidingswensen vervullen op het gebied van (RF) elektronica op zowel systeem- en detailniveau.

Versie: december 2019