

State Space Modelling binnen een RTK netwerk



Presentatie ir. Jean-Paul Henry

www.06-GPS.nl

Workshop differentiële GPS netwerken

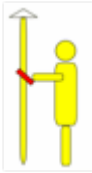
NIN / GIN / HSB

18 februari 2005, TU Delft



Inhoud Presentatie

- GNSMART
- Principe GNSS
- Foutenbronnen
- Differentiële GNSS
- Netwerk RTK
- Fasemeerduidigheden draaggolf
- State Space Monitoring
- State Space Representatie
- Toekomst
- Communicatie
- Conclusies



GNSS-SMART =
Global Navigation Satellite System
State Monitoring And Representation Technique

= Techniek voor

- het bepalen (State Monitoring) en
- het representeren (Representation)

van de stelsel status van GNSS Systemen

GNSMART

= Geo++ Software uitvoering van GNSS-SMART

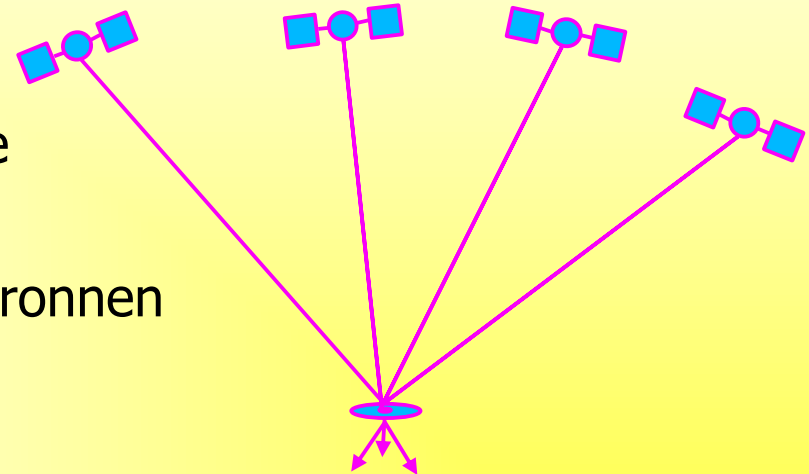


PRINCIPE GNSS



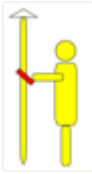
Absolute Plaatsbepaling

- Plaatsbepaling van één enkele ("Stand-Alone") GNSS ontvanger in een GNSS systeem
- Nauwkeurigheid GPS(/GLONASS)
 - 5 – 20 m
 - Geschikt voor navigatie
 - Niet geschikt voor landmeetkunde en hydrografie
- Maximale invloed van alle foutenbronnen

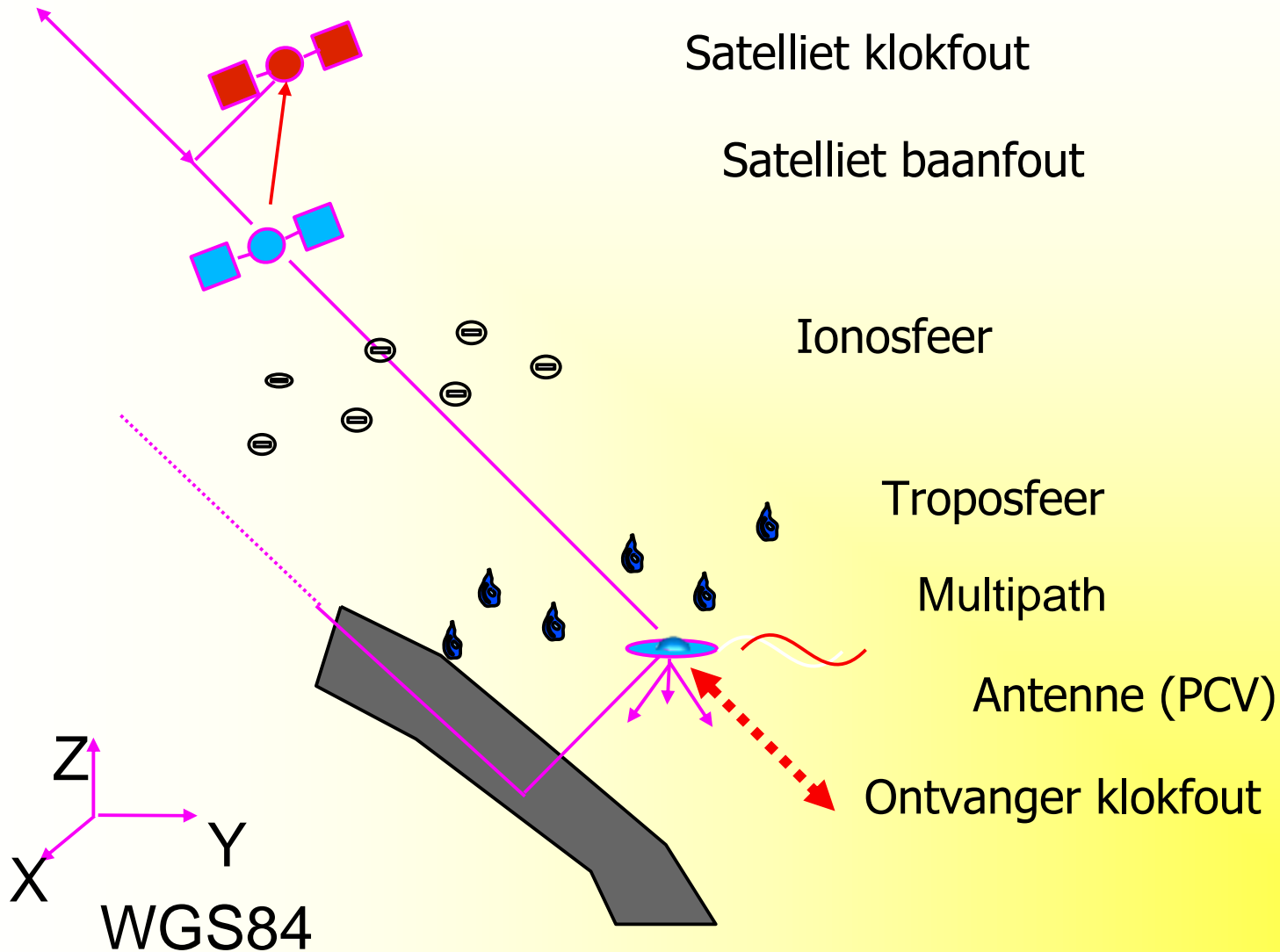




FOUTENBRONNEN



Foutenbronnen GPS

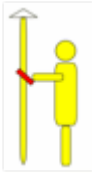




Invloed Foutenbronnen

FOUTENBRON	ABOLUTE INVLOED
Satellietbaan	2 50 m
Satellietklok	2 100 m
Ionosfeer	0.5 > 100 m
Troposfeer	0.01 0.5 m
Code Multipath	m
Fase Multipath	mm Cm
Antenne Fasecentrum Var.	mm Cm

-> Totale invloed: 5 – 20 meter

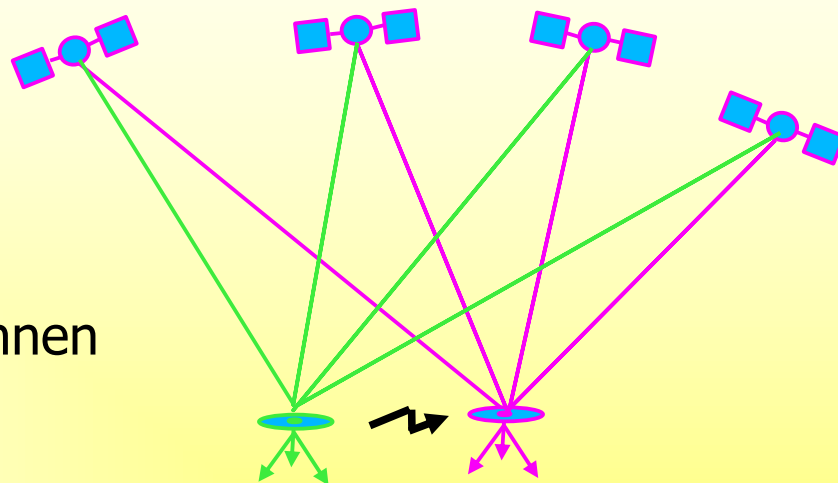


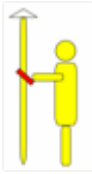
DIFFERENTIËLE GNSS



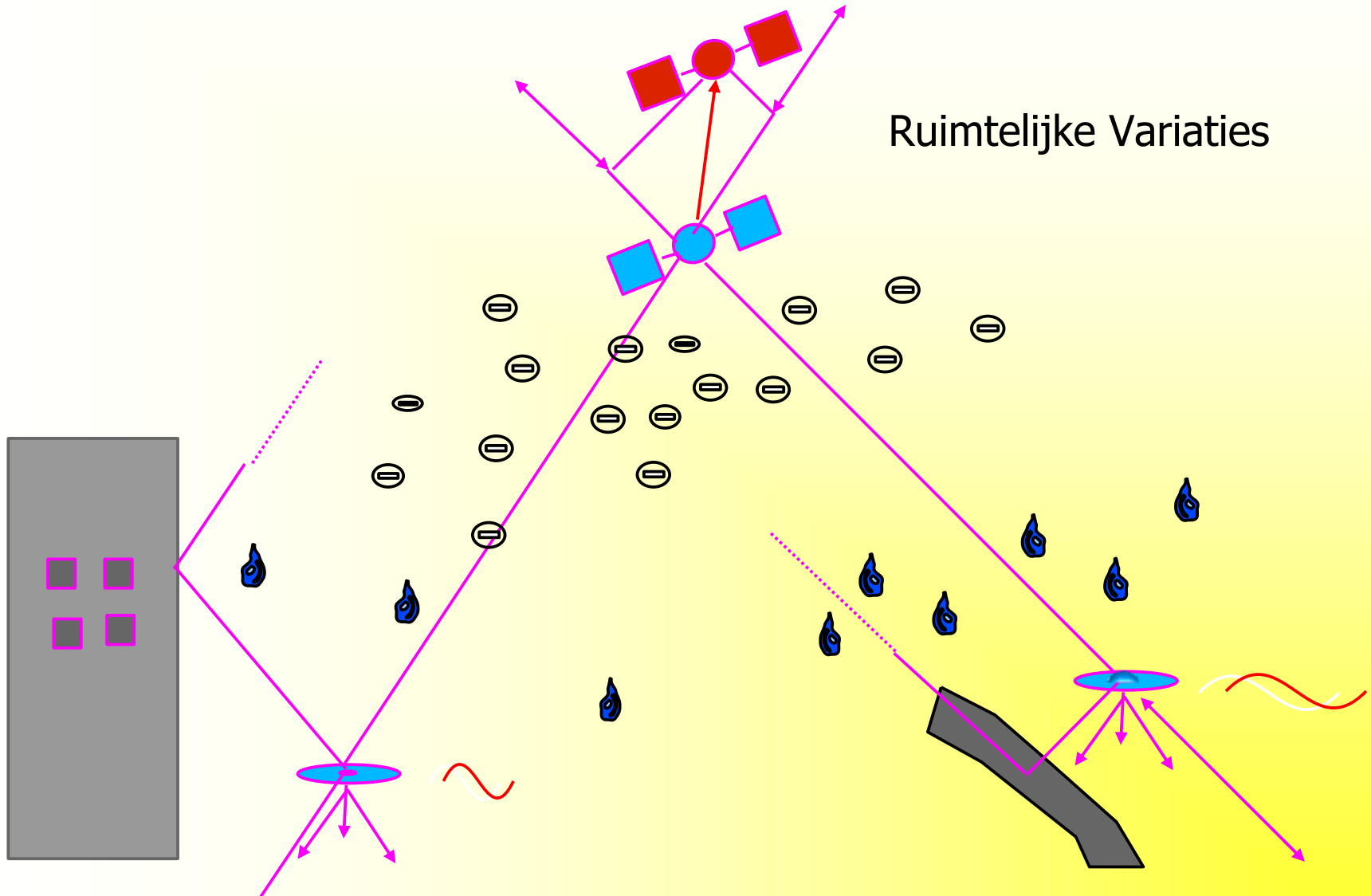
Differentiële GNSS Plaatsbepaling

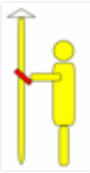
- Bepaal totale invloed foutenbronnen op een bekende positie
-> correcties
- Zend correcties naar de rover
- Pas correcties toe
-> verminder invloed foutenbronnen
- Bepaal Positie
 - met code (DGNSS) of
 - Met draaggolf fase (RTK)



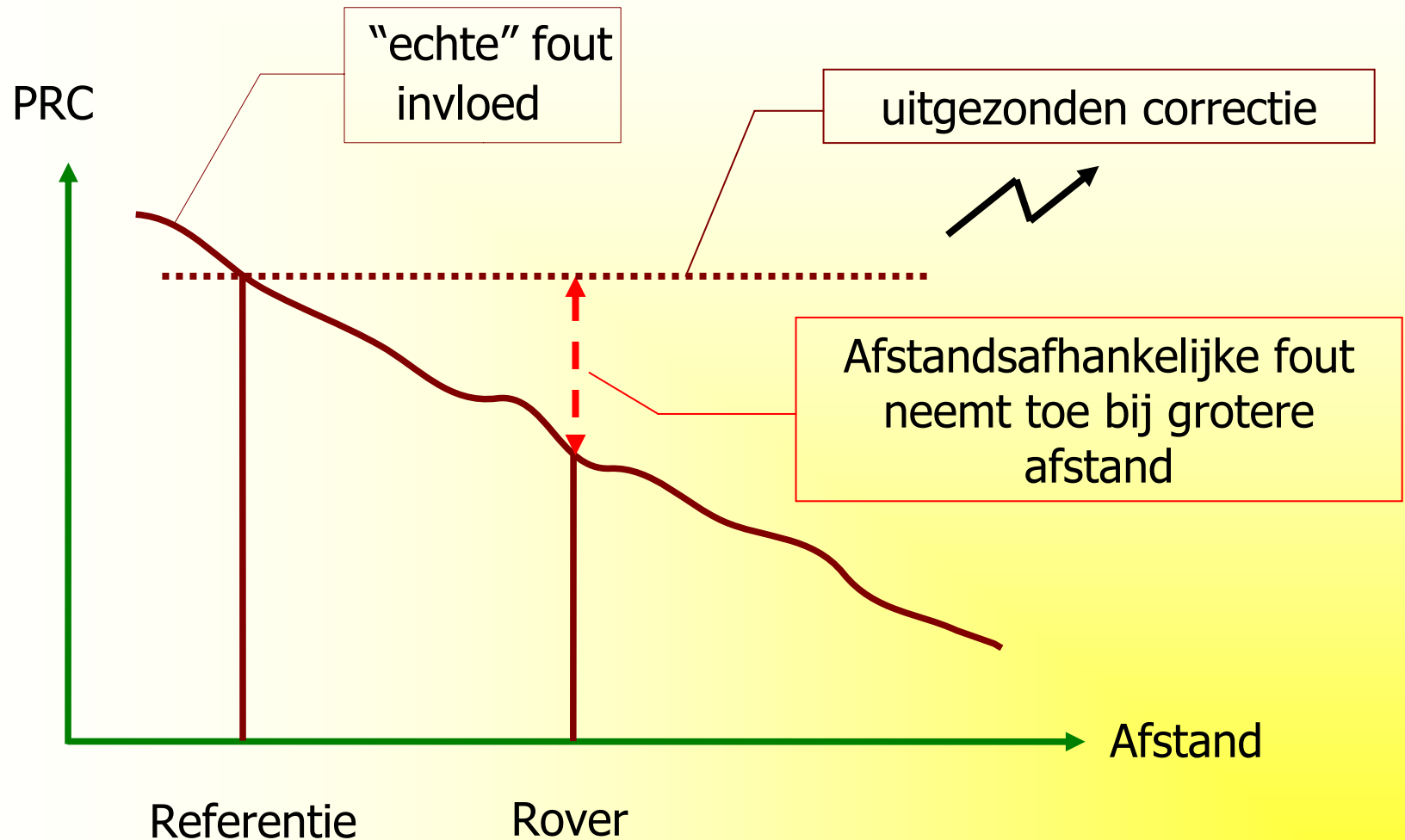


Foutenbronnen bij DGNSS





Afstandsafhankelijkheid DGNSS / RTK





FOUTENBRON	ABOLUTE INVLOED	RELATIEVE INVLOED
Satellietbaan	2 50 m	0.1 ... 2 ppm
Satellietklok	2 100 m	0.0 ppm
Ionosfeer	0.5 > 100 m	1 ... 50 ppm
Troposfeer	0.01 0.5 m	0 ... 3 ppm
Code Multipath	m	m
Fase Multipath	mm cm	mm ... cm
Antenne Fasecentrum	mm cm	mm ... cm

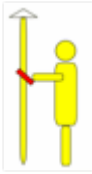
-> Totale invloed: 1...2 cm + 1...20 ppm



Sterk gecorreleerd

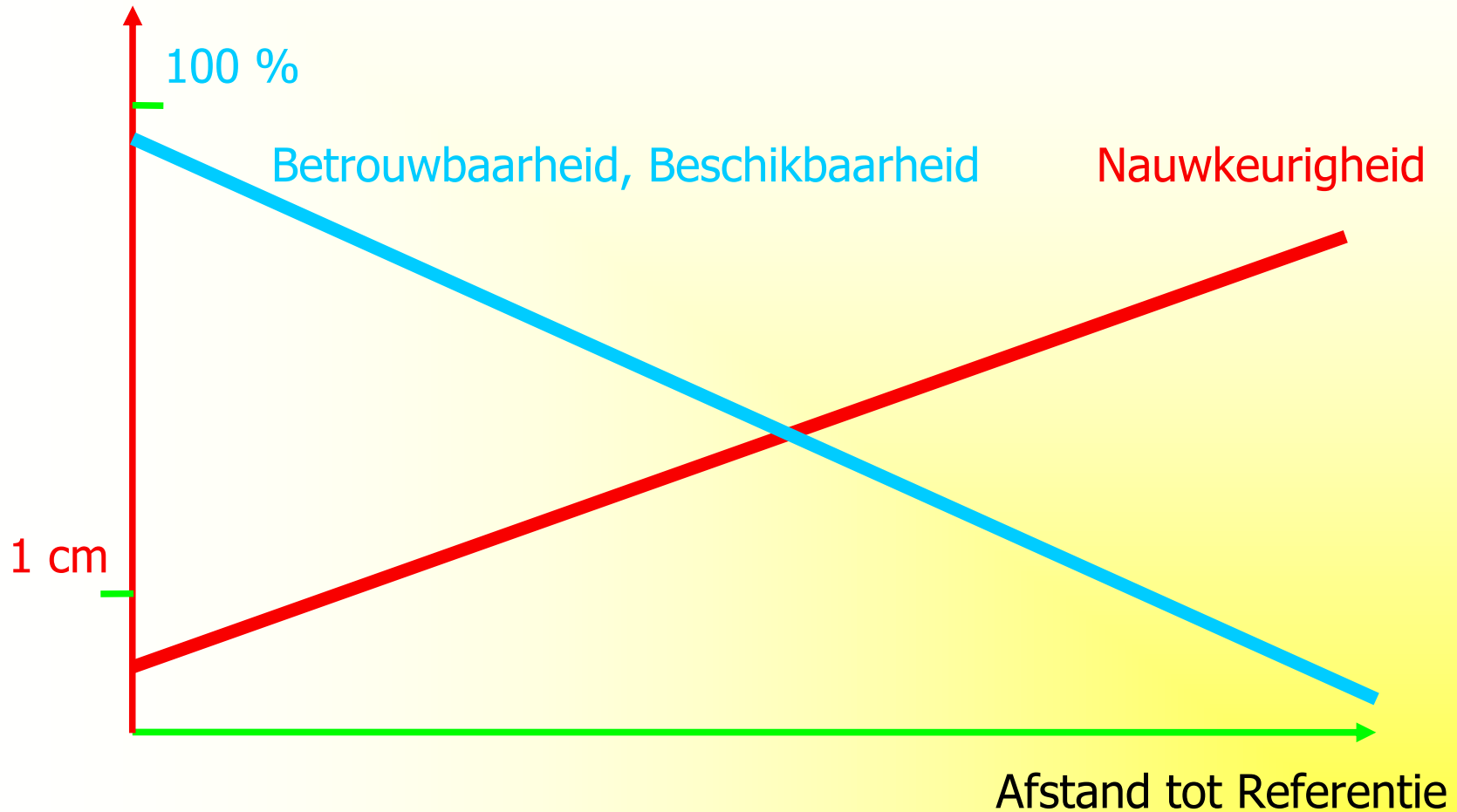


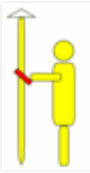
Lokaal (Calibratie)



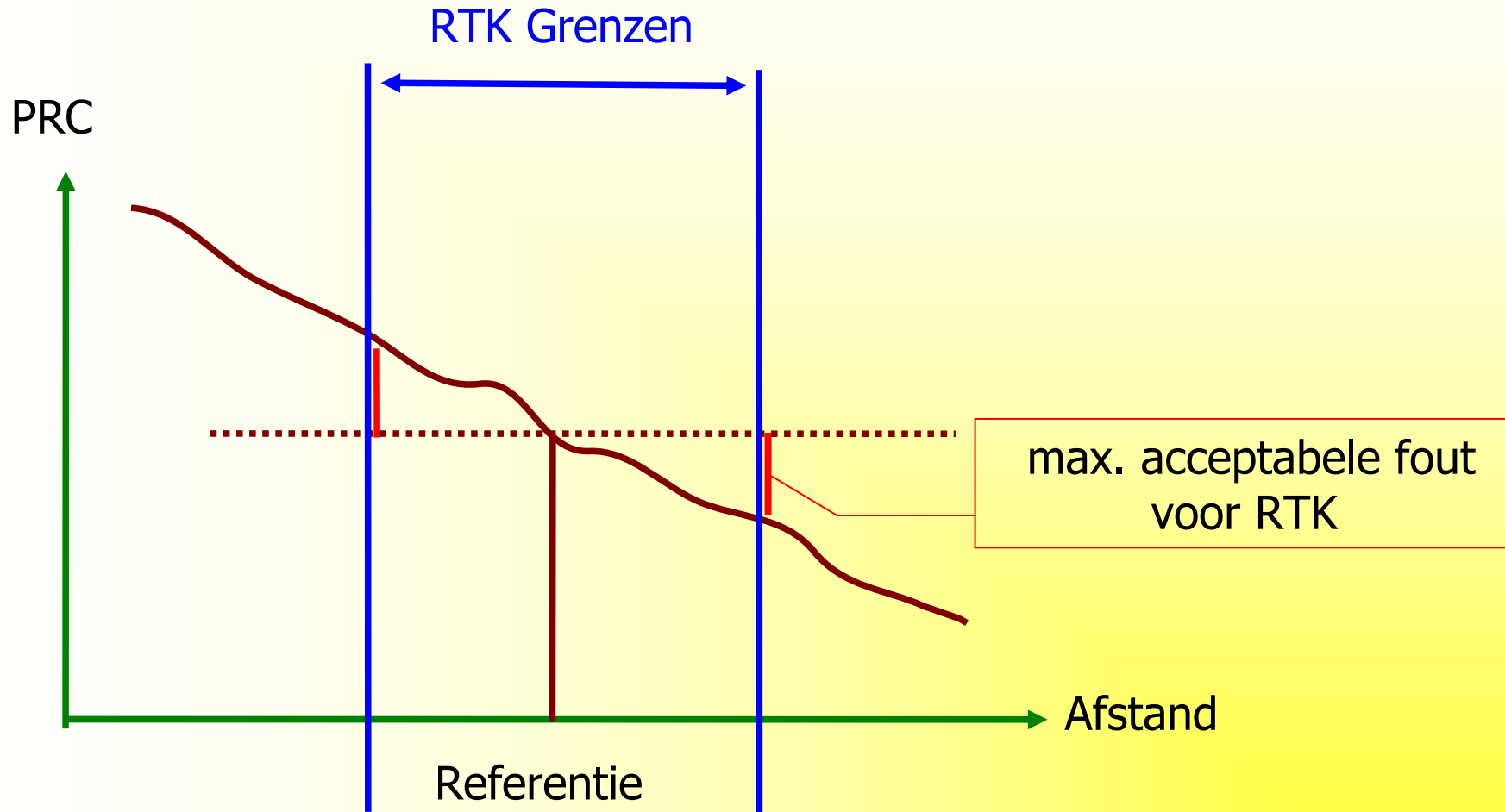
RTK: Nauwkeurigheid, Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid

06-GPS





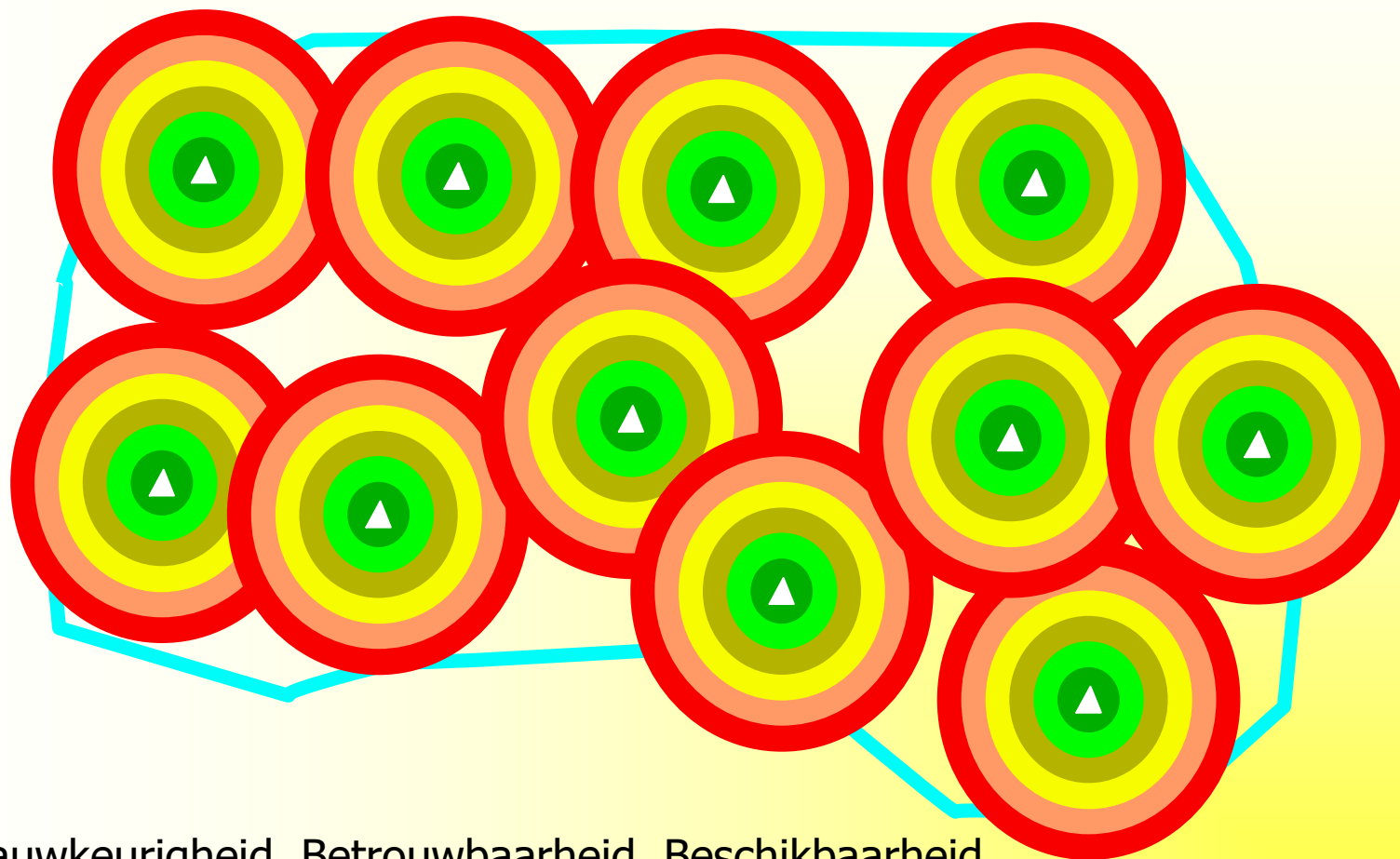
RTK: Grenzen Afstandsafhankelijkheid





Situatie "Stand Alone" Ref. Stations

06-GPS

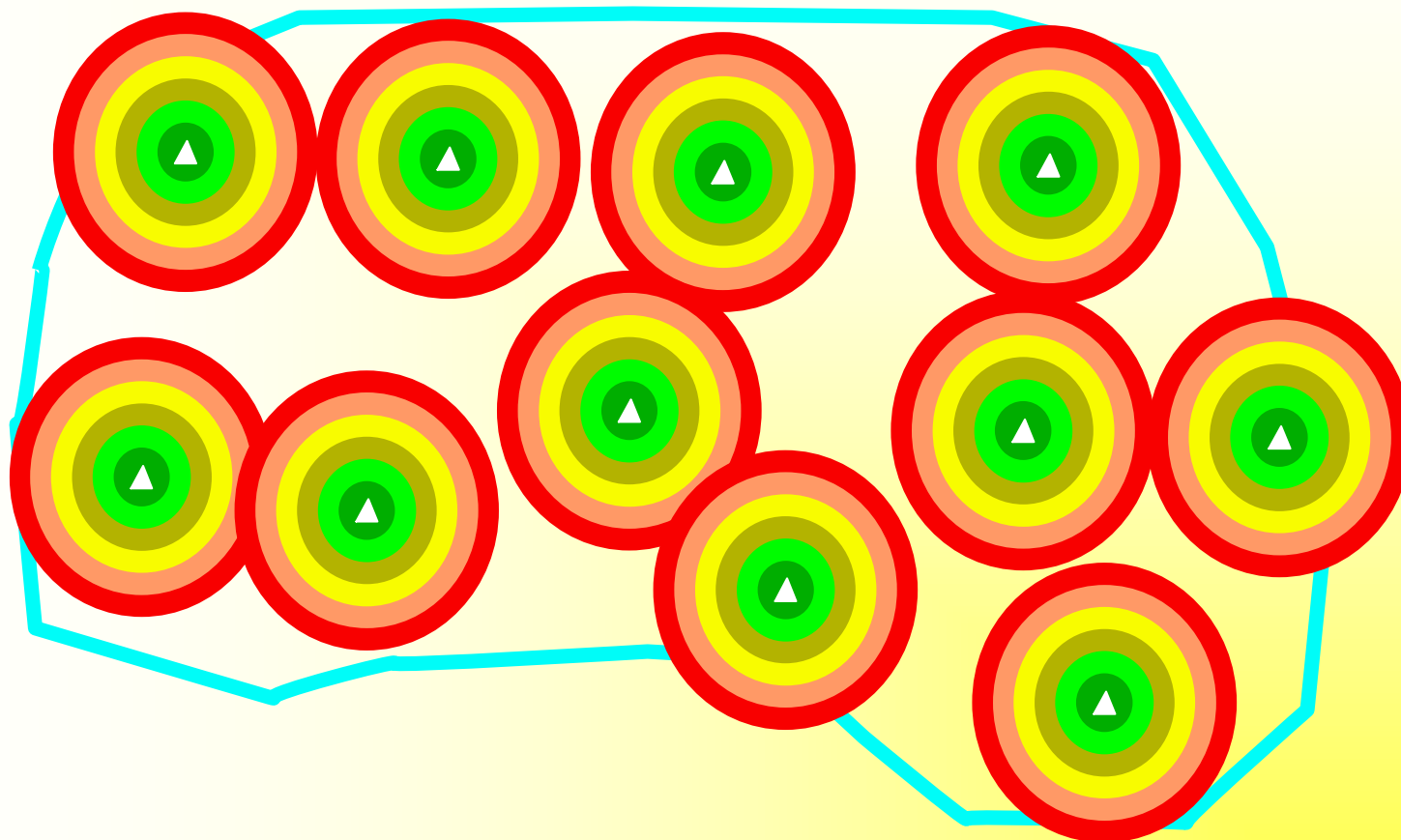


Nauwkeurigheid, Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid

Goed  Slecht



Situatie "Stand Alone" Ref. Stations

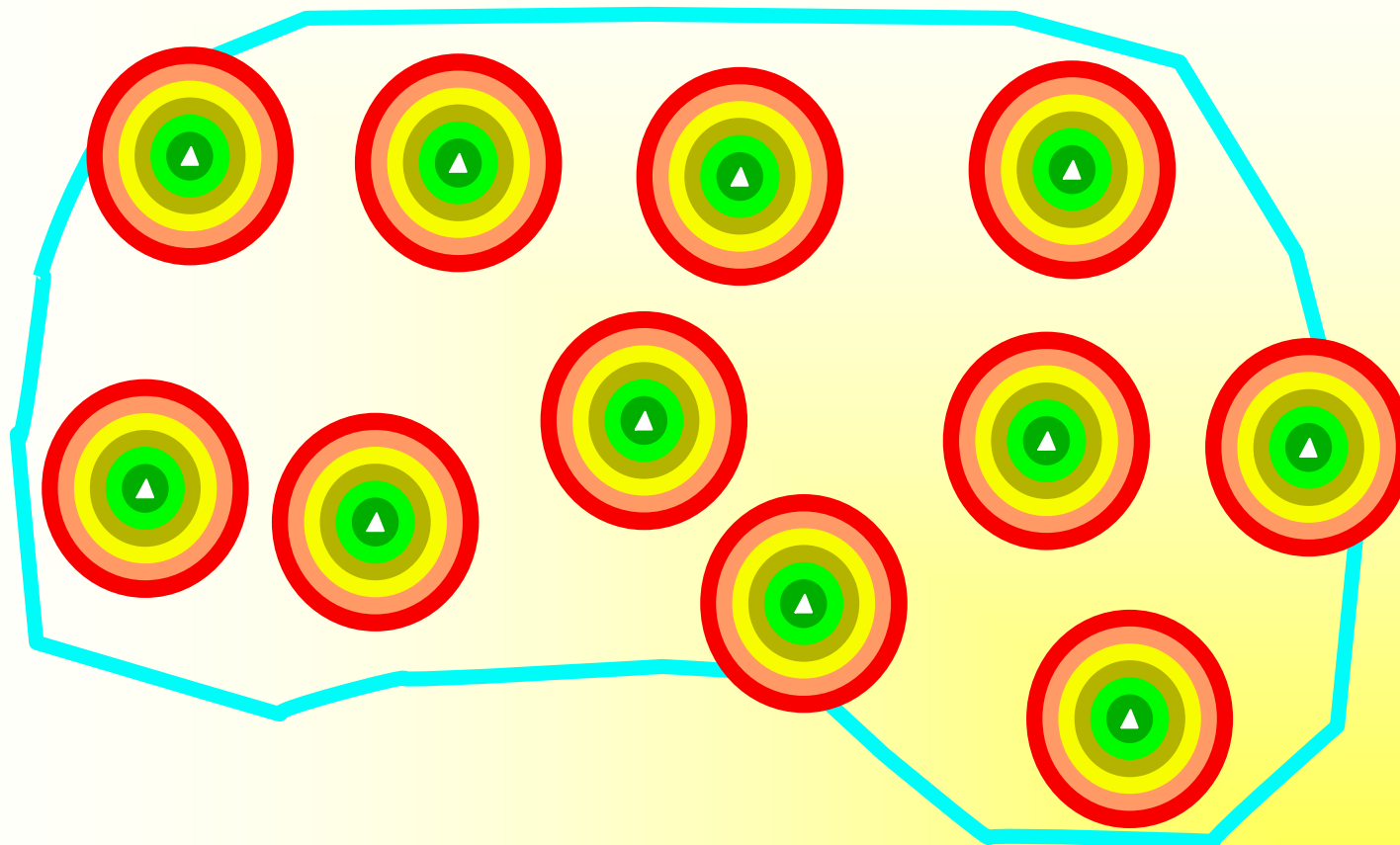


Nauwkeurigheid, Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid

Goed  Slecht

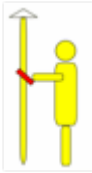


Situatie "Stand Alone" Ref. Stations

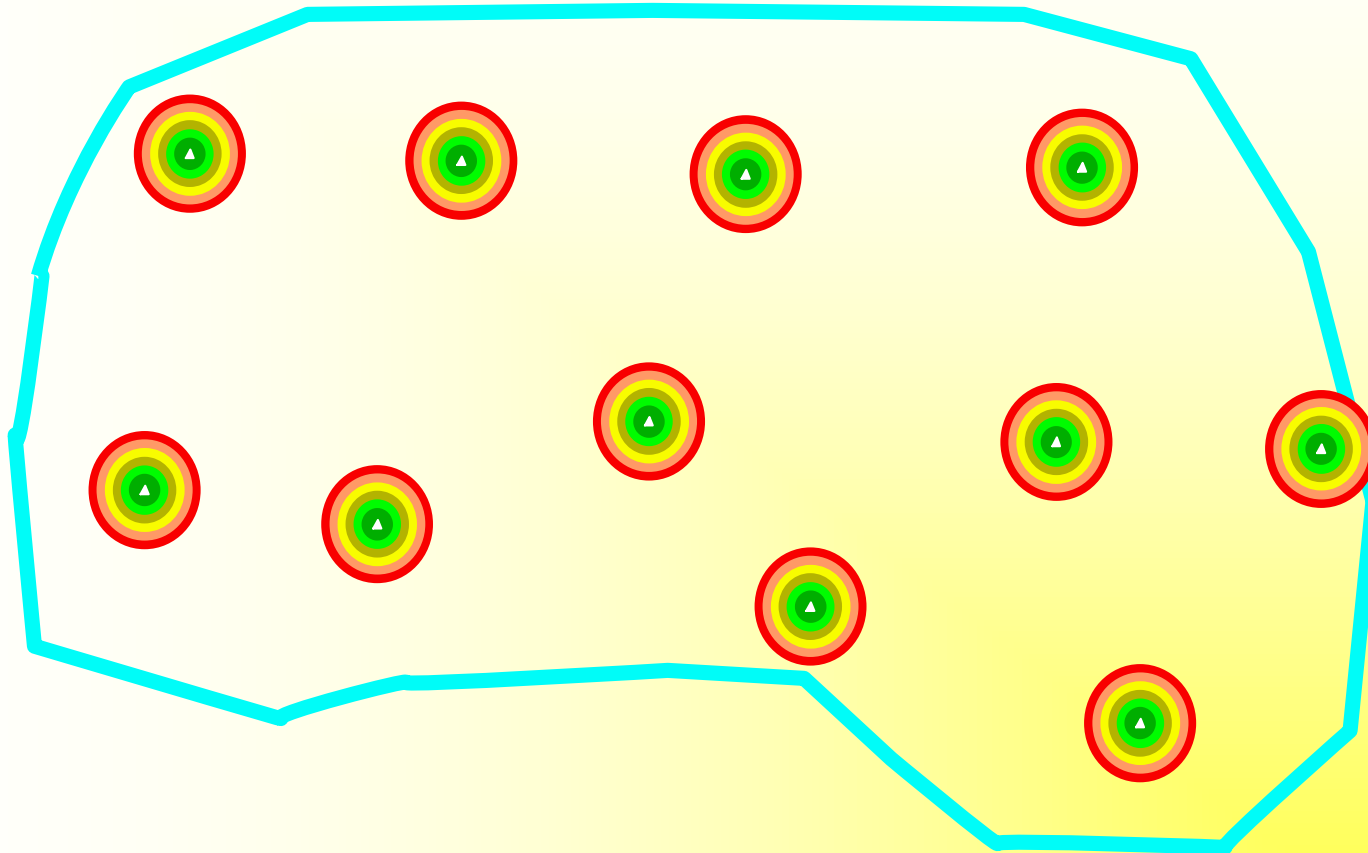


Nauwkeurigheid, Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid

Goed  Slecht



Situatie "Stand Alone" Ref. Stations



Nauwkeurigheid, Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid

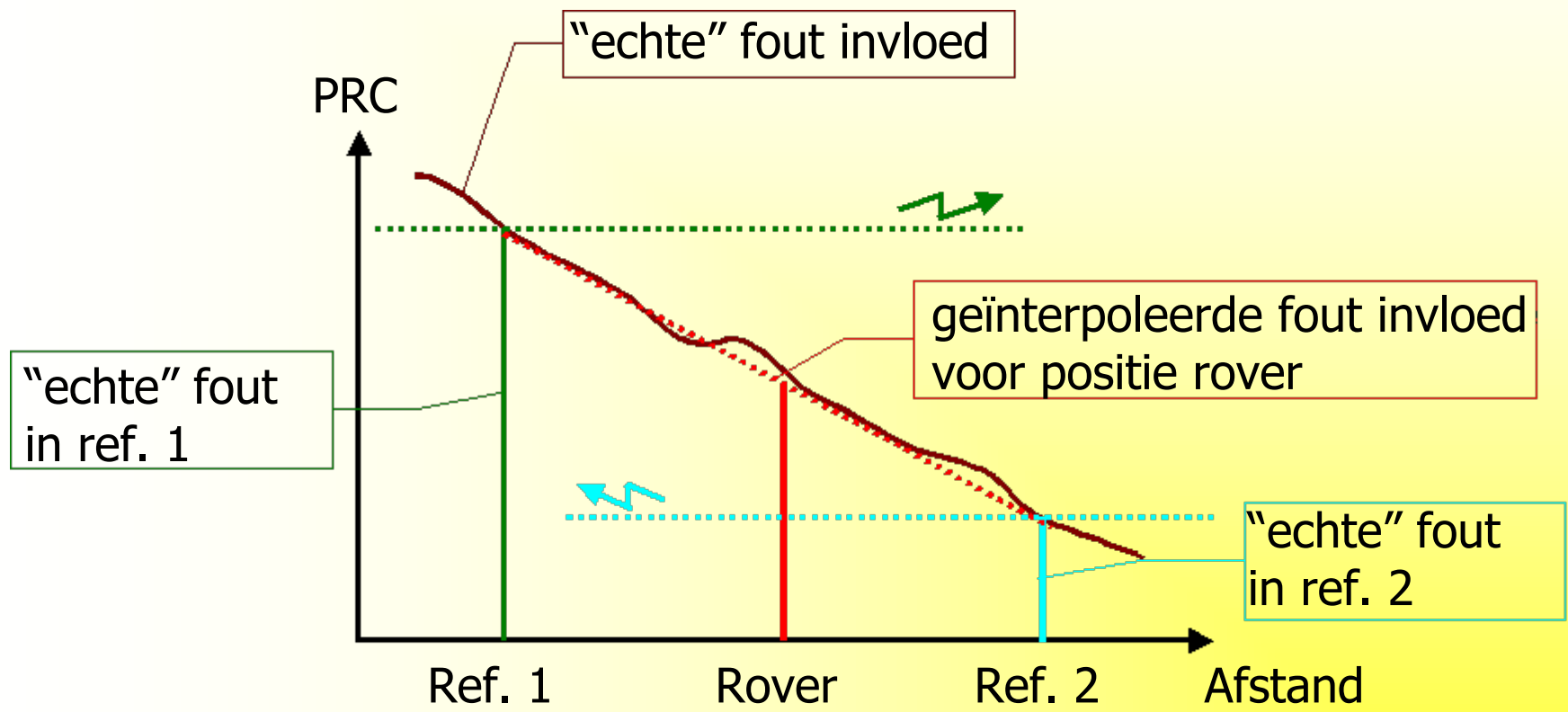
Goed  Slecht

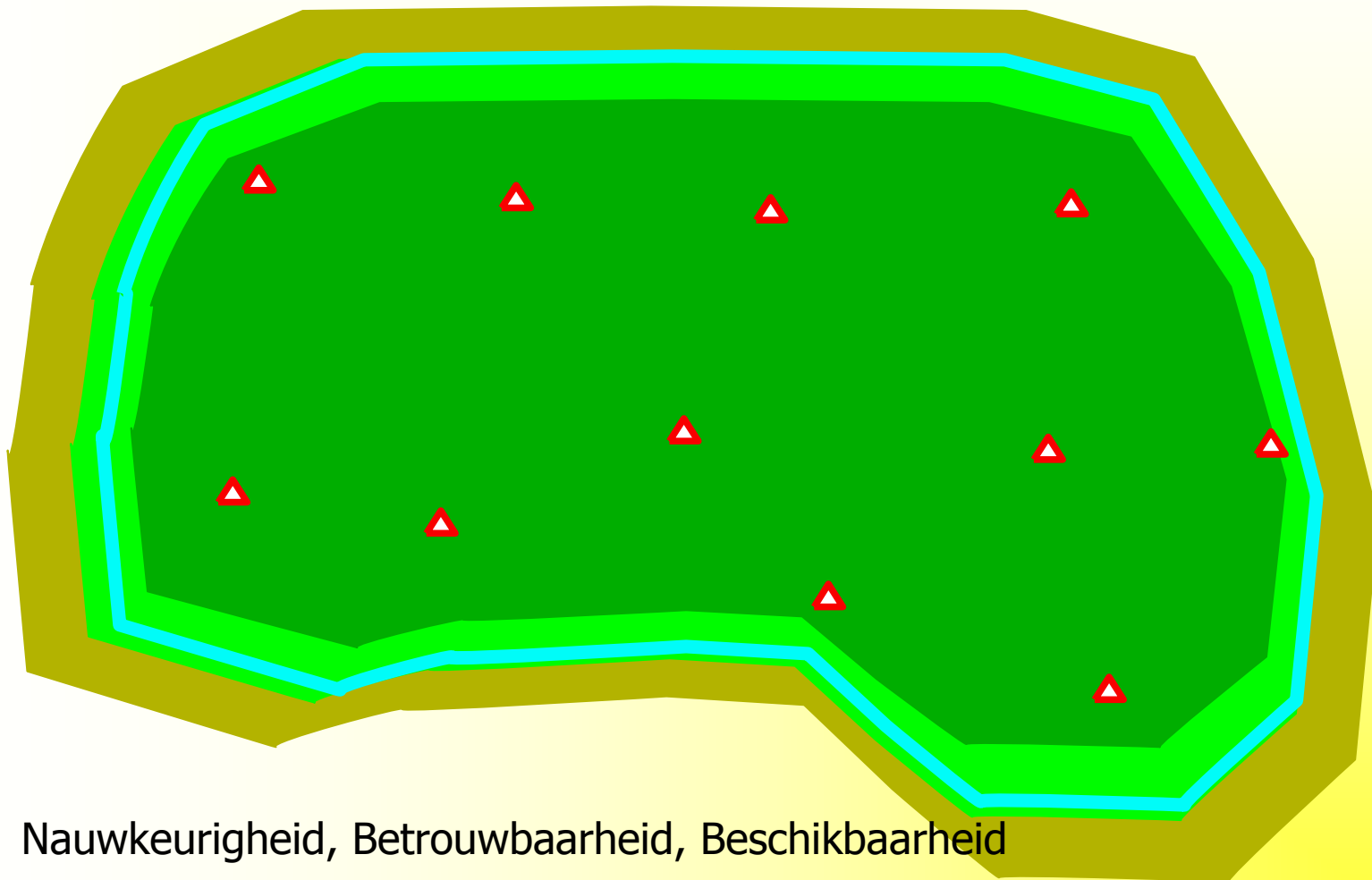


NETWERK RTK



Afstandsafh. fouten binnen een RTK Network





Nauwkeurigheid, Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid

Goed  Slecht

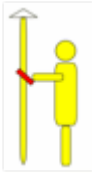


Netwerk RTK: Taken

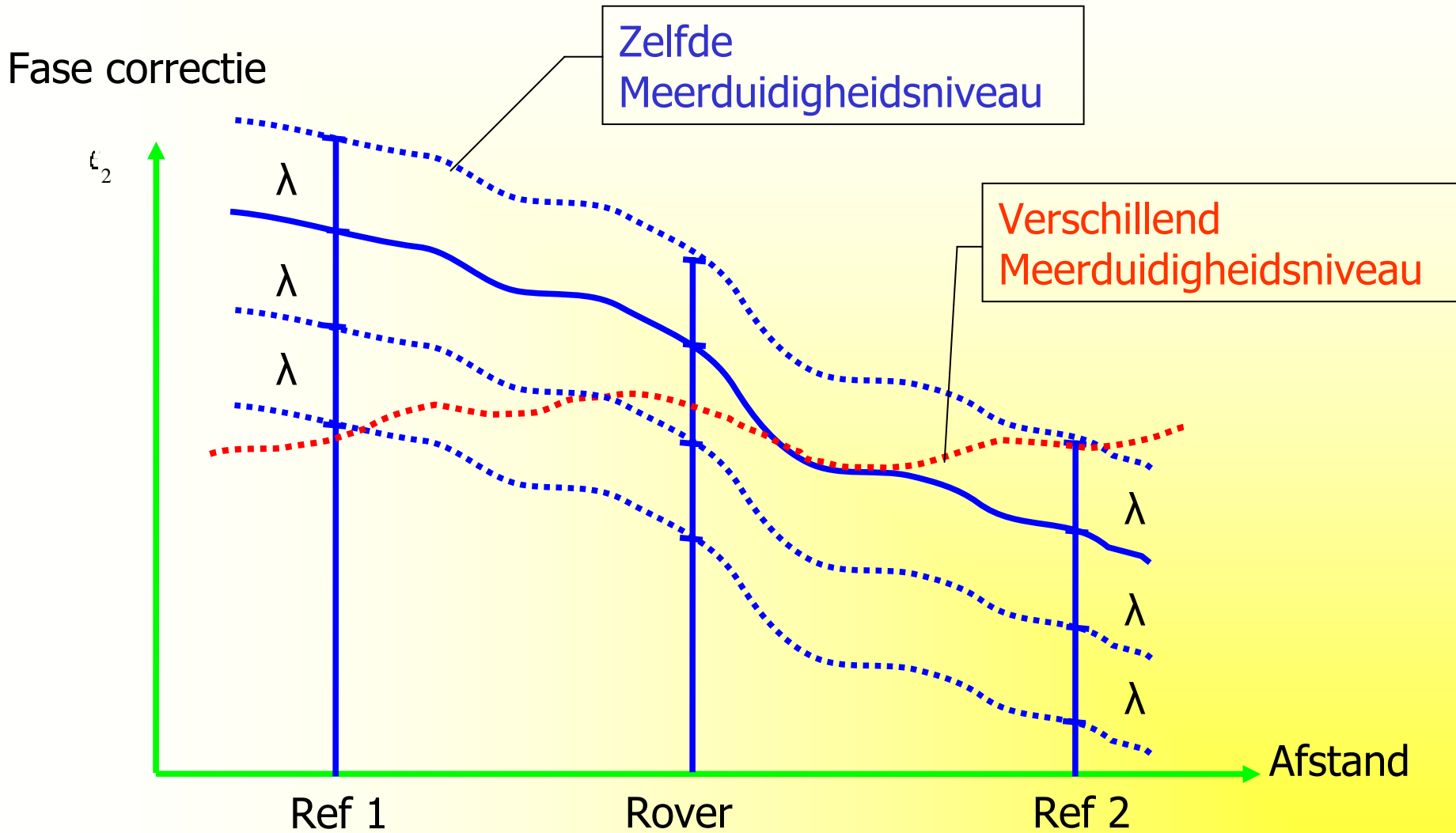
- primaire taak: **State Monitoring**
 - bepaal afstands- (en locatie-) afhankelijke fouten
 - oplossing fasemeerduidigheden met ongediff. waarn.
- secundaire taak: **Representatie**
 - representeer netwerk informatie voor de gebruiker
 - Afstandsafhankelijke fouten
 - Satellietbaan, ionosfeer, troposfeer
 - Referentie stationsafhankelijke fouten
 - multipath, antenne, klok
 - Met gebruik juiste formaten (RTCM, FKP, VRS)

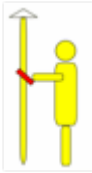


FASEMEERDUIDIGHEDEN DRAAGGOLF



Zelfde Fasemeerduidigheidsniveau





STATE SPACE MONITORING



GNSMART State Monitoring

- Complete State Space Model (SSM) voor alle foutenbronnen met nauwkeurigheid van fasewaarnemingen
- Multi-station RTK netwerk oplossing
 - Hogere **redundantie** in verg. met stationsdriehoeksoplossing
 - Hogere onderlinge afstanden stations (**ijle netwerken**)
 - **Robuust** tegen uitvallen enkel station/communicatiestoringen
- ongedifferentieerde waarnemingsgrootheden
 - **Meerdere Stations**
 - **Meerdere Signalen** (L1,L2,P1,P2,C/A)
- ongedifferentieerde fasemeerduidigheidsbepaling
 - meerduidigheidsoplossing voor lage elevaties



State Space Modelling

- functionele modellen
 - **dynamische processen** met tijd- en/of ruimtelijk gerelateerde stochastische eigenschappen
 - statische parameters
- stochastische modellen
 - **stochastische processen** met tijd en/of ruimtelijk gerelateerde eigenschappen voor beschrijven resterende restfouten van de functionele modellering



- **Modellering Foutenbronnen** vraagt:
 - Juiste fasemeerduidigheidsniveau
- -> **Oplossen meerduidigheden noodzaak !**

- **Fasemeerduidigheden zoeken** vraagt:
 - nauwkeurige waarnemingen
 - waarnemingen zonder (syst.) fouten
- -> **GNSS fouten moeten gemodelleerd!**



State Space Modeling: Ionosfeer

Ionosfeer wordt gemodelleerd door:

- Algemeen functioneel model (2e orde polynoom)
- Satelliet afhankelijk functioneel model
- Stochastisch proces voor de resterende ionosferische vertraging voor elk satelliet-ontvanger paar.

Samen een complete ionosferische State Space met mm-nauwkeurigheid!



Ionosfeer: algemeen

Geo++© GNNET - GNSS Multistation RT Network Solution 1902

Project Settings Help

Stations
Satellites

- 05
- 30
- 01
- 02
- 06
- 25
- 17
- 21
- 16
- 23
- 10
- Ionosphere**
- 05
- 30
- 01
- 02
- 06
- 25
- 17
- 21
- 16
- 23

I95			Irregularity	
	Total	North	East	
Vertical	1.8	1.3	1.2	ppm
Slant	3.4	2.3	2.6	ppm
IR +/-	0.024			m
IP +/- I:	0.0167	0:	0.0030	m

Functional Parameters

[mm]	[/1000]	+/-	[/km]	+/-	[/km/km]	+/-	Longitude
[/1000]	-0.61	1.23	-0.09	0.41	-0.32	0.19	
[/km]	4.54	2.73	-0.88	0.21	-0.06	0.09	
[/km/km]	-3.04	1.13	-0.28	0.15	0.05	0.09	

Latitude

WN: 1310 Time: 30766.0 Searching: 5.0 Contrast: 5.4 Last Contrast: 5.5



Ionosfeer: per satelliet

Geo++@ GNNET - GNSS Multistation RT Network Solution 1902

Project Settings Help

Stations

Satellites

- 05
- 30
- 01
- 02
- 06
- 25
- 17
- 21
- 16
- 23
- 10

Ionosphere

- 05
- 30
- 01
- 02
- 06
- 25
- 17
- 21
- 16
- 23

Satellite: 30 Time: 30728.000 Age: -0.61 IODE: 63

Mean Elev.: 47.2 Azim.: 113.5 URA: 2.0 m PE

Orbit

dN: 0.039 +/- 0.010 ppm

dT: 0.003 +/- 0.013 ppm

dR: 0.024 +/- 0.006 ppm

Clock

a0: 3.123 +/- 0.571 m

a1: 0.027 +/- 0.102 mm/s

a2: 0.000 +/- 0.000 mm/s/s

d2: 0.427 +/- 0.177 m

Ionosphere

V-Delay: 0.539 m

Res.-Std.Dev.: 0.019 m

Use Satellite Reset SV Reset Ambiguities Variances..

Fix 23 23

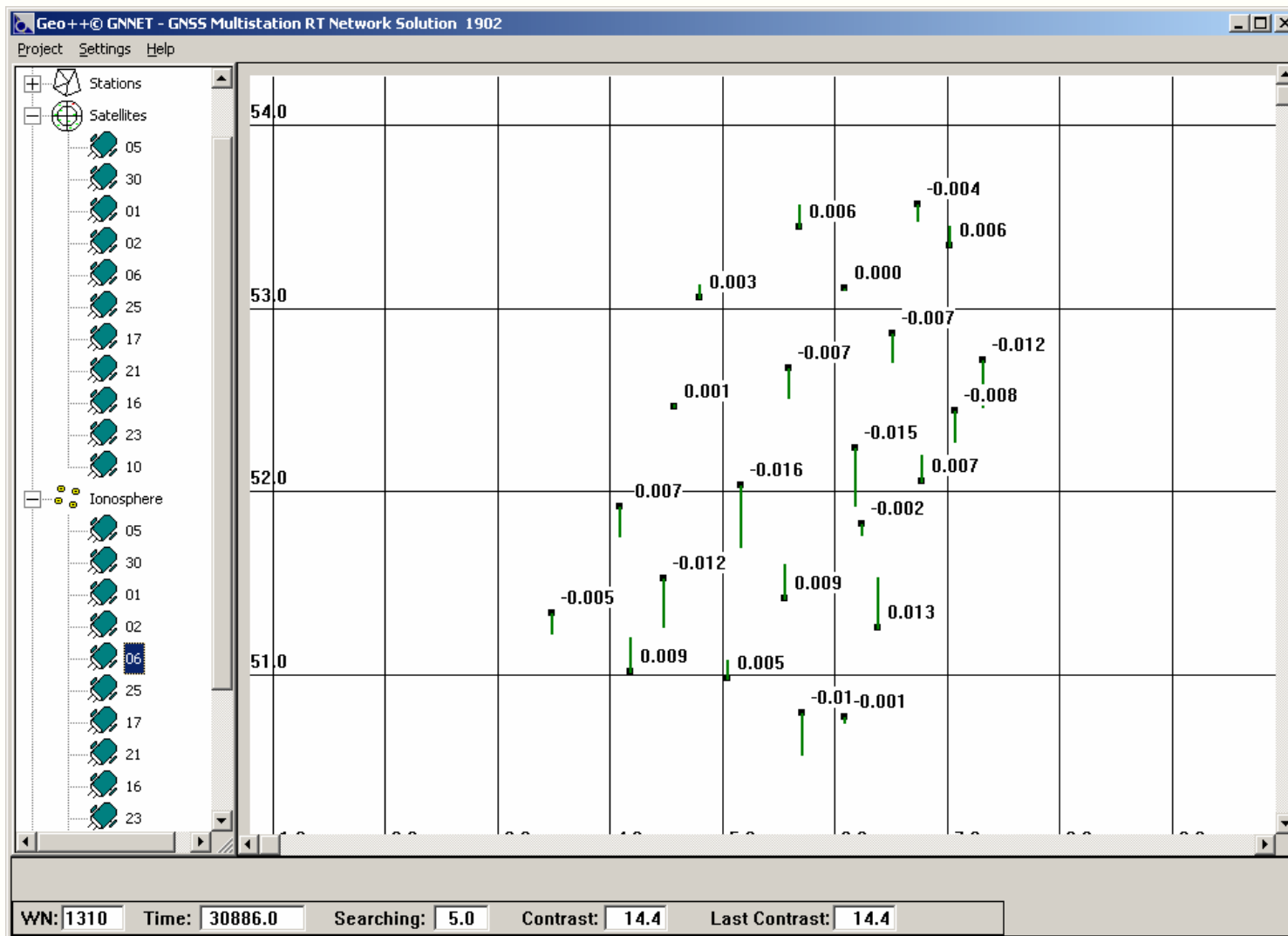
RXs 23 23

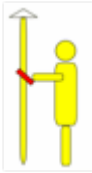
L1 L2

WN: 1310 Time: 30728.0 Searching: 5.0 Contrast: 6.8 Last Contrast: 21.6



Ionosfeer: restfout





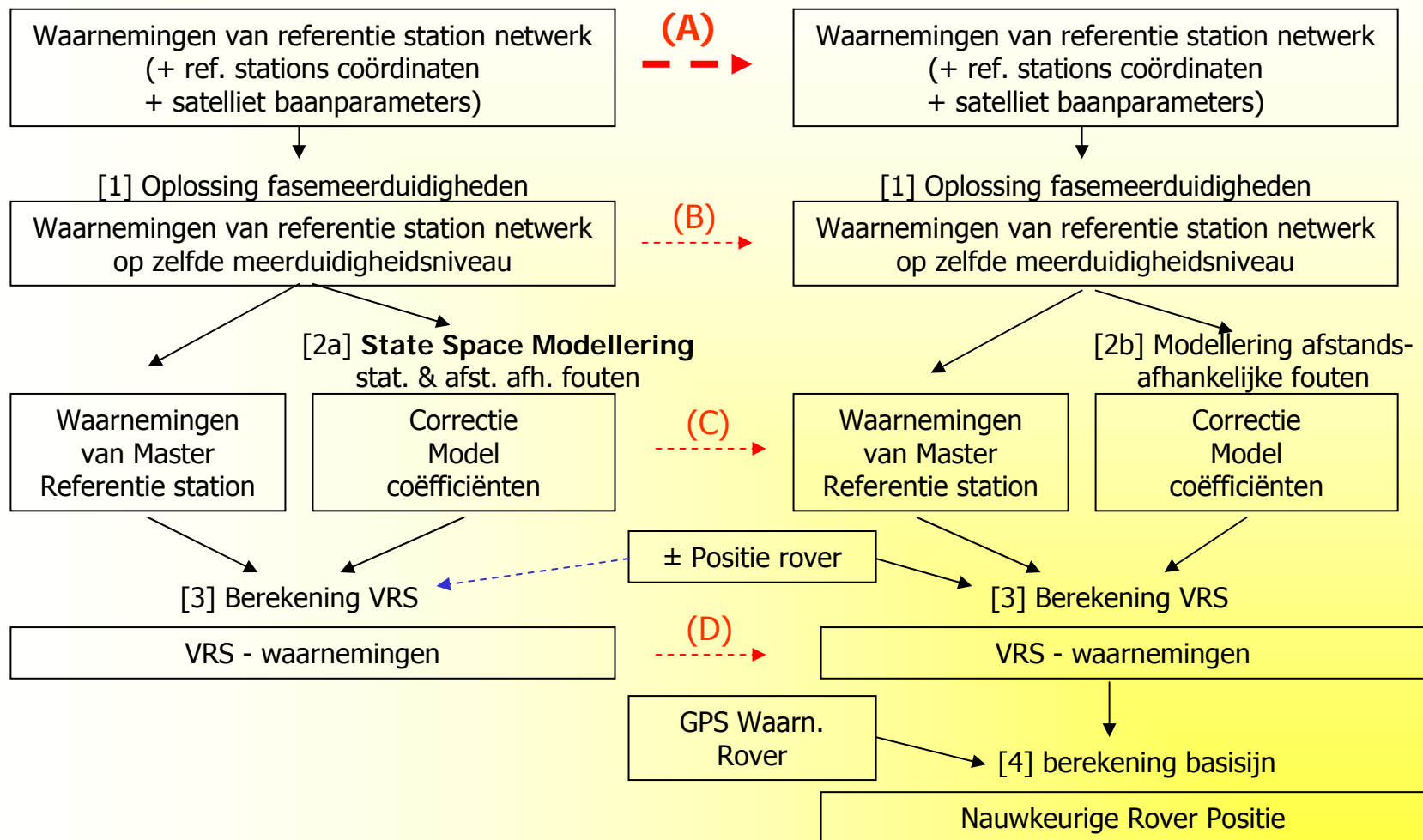
STATE SPACE REPRESENTATIE



Data Stroom Netwerk RTK

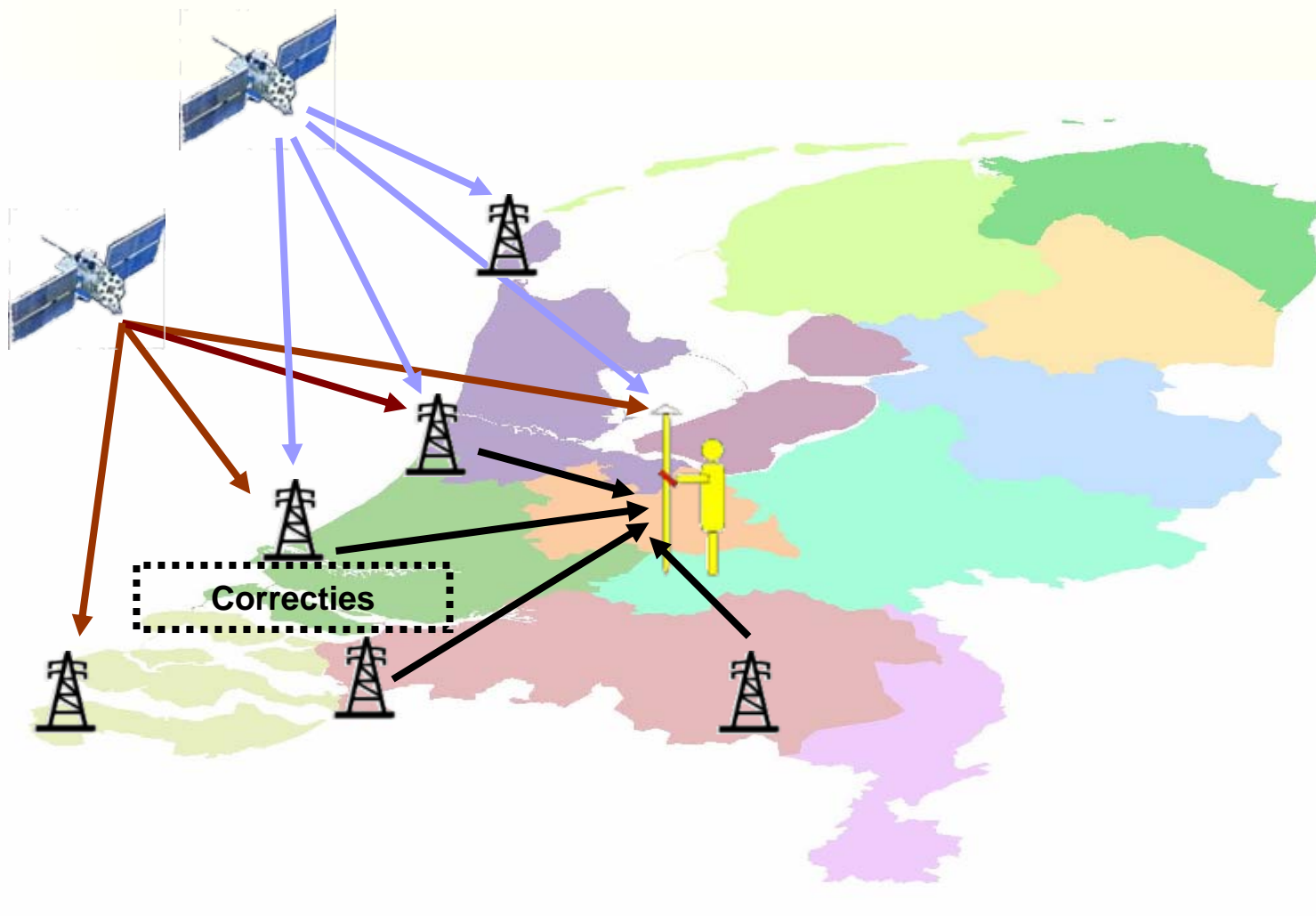
Controle Centrum Netwerk

Rover





Meerdere Referentiestations (A)





Meerdere Referentiestations (A)

De rover:

- ontvangt meerdere RTCM data stromen
- moet eerst meerduidigheden netwerk data oplossen
- kan daarna netwerk correcties berekenen
- en correcties individualiseren voor rover positie

Nadeel:

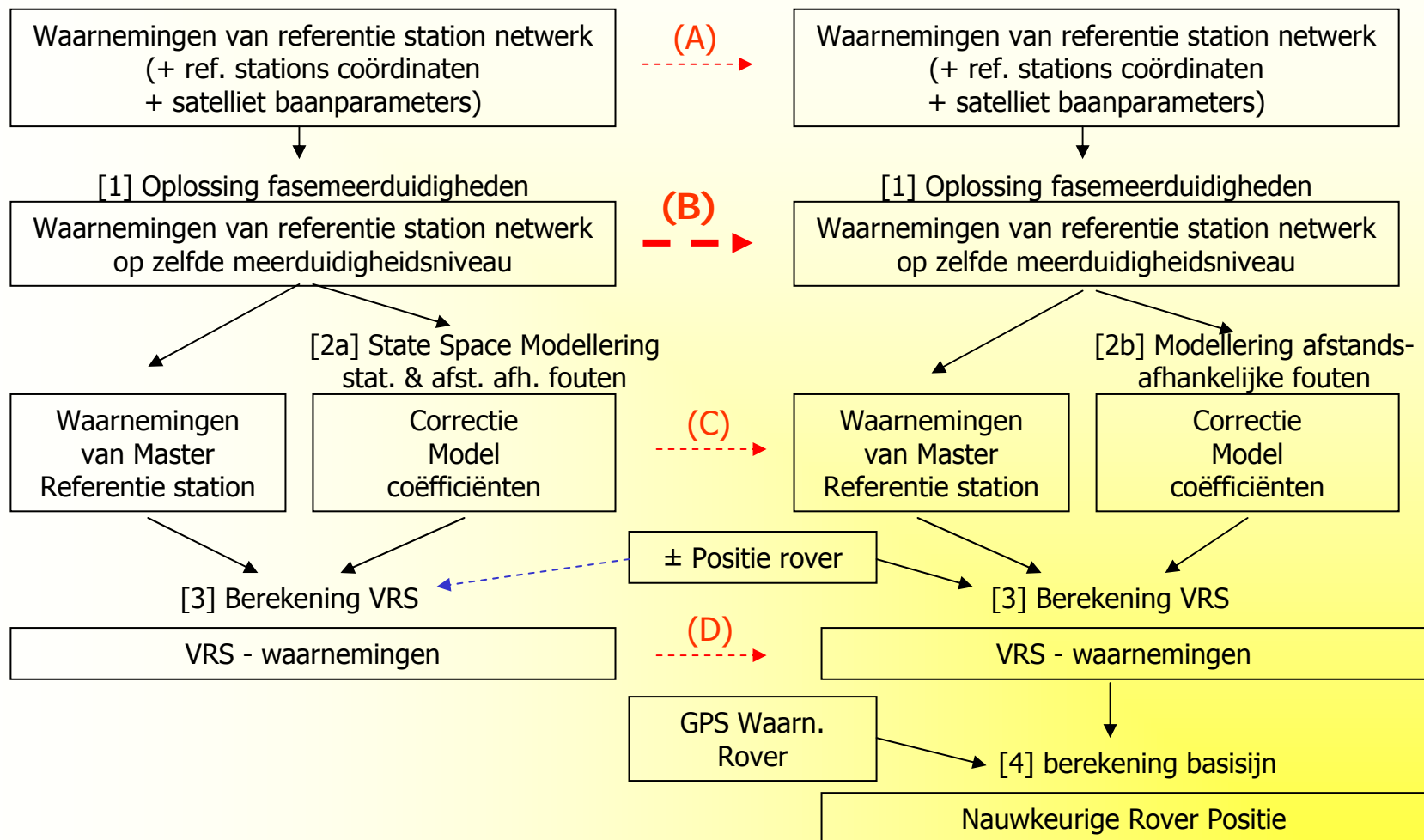
- Oplossen meerduidigheden netwerk kost veel tijd
- en dus altijd een trage initialisatie



Data Stroom Network RTK

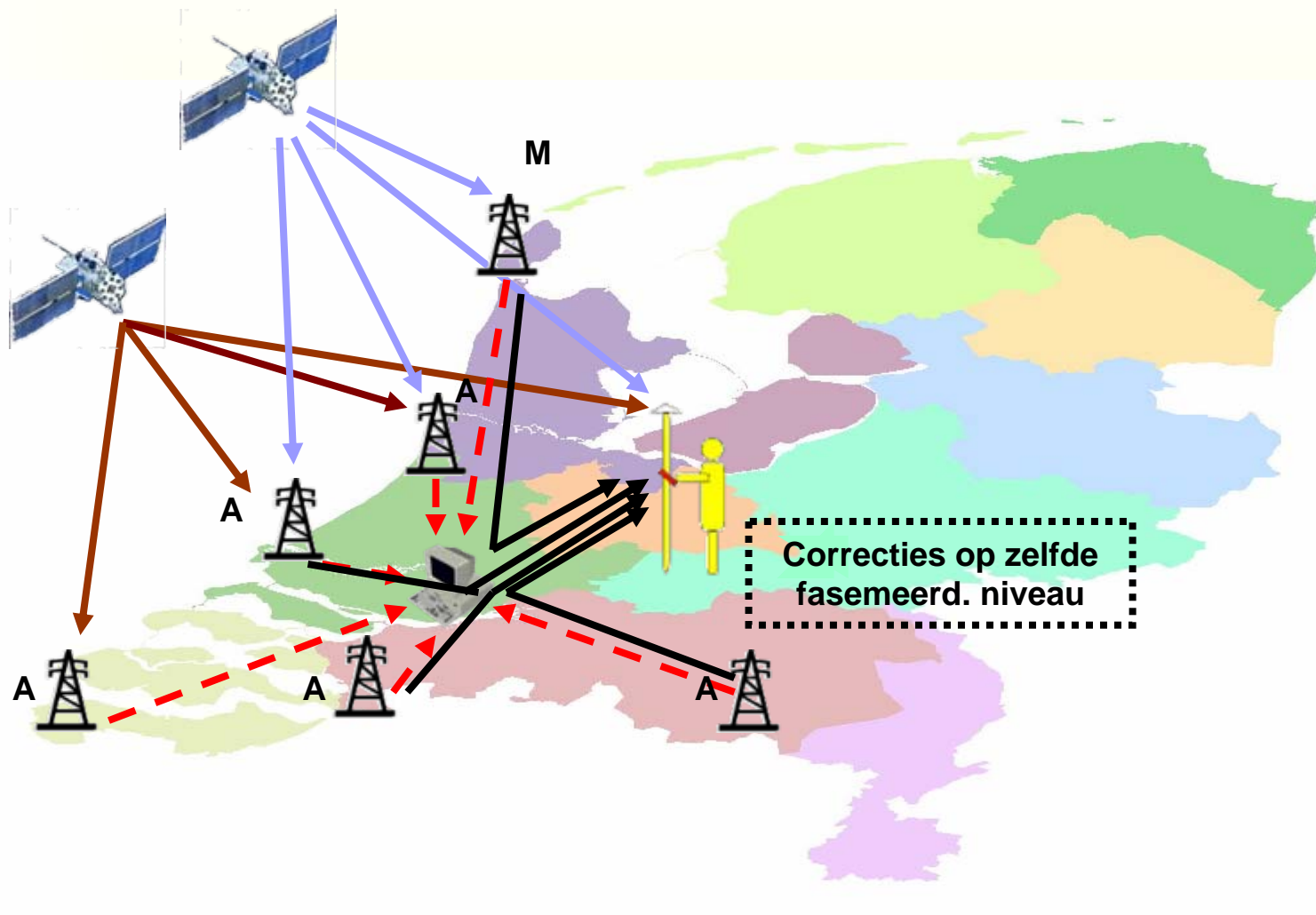
Controle Centrum Network

Rover





Master Auxilliary RTCM v3 (B)





Master Auxilliary RTCM v3 (B)

De rover:

- ontvangt waarnemingen 1 Masterstation
- ontvangt waarnemingsverschillen tussen Master en Auxilliaries
- moet zelf interpoleren en modelleren

Voordeel:

- Rover ontvangt alle basisdata, grote vrijheid

Nadelen:

- Modelleren foutenbronnen pas vanaf ontvangst data
- Geen opbouw complete State Space mogelijk

Stand van zaken:

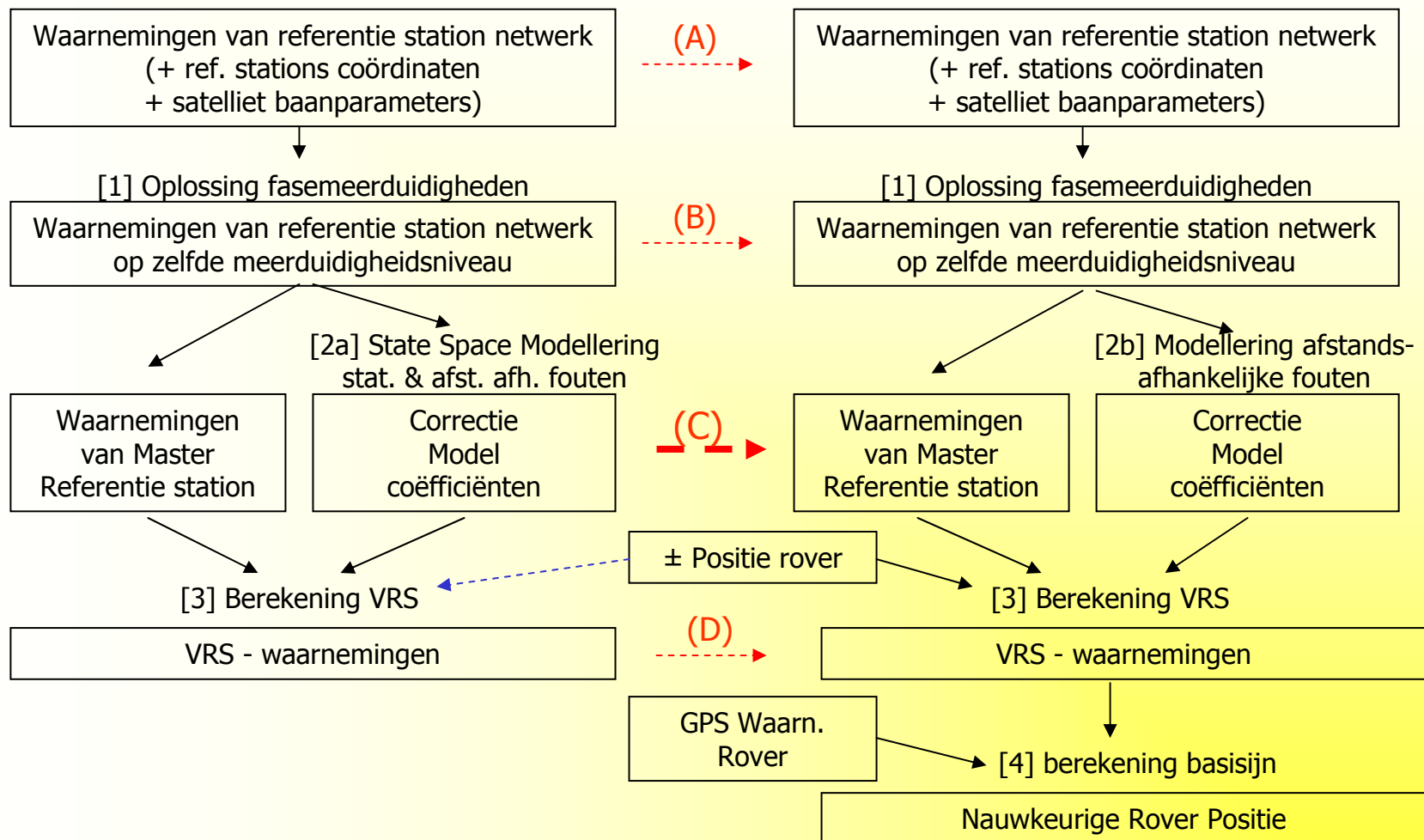
- Interoperabiliteitstest dit voorjaar (GNSMART, GPSNET)
- Weinig bekend over eindresultaten (posities)



Data Stroom Network RTK

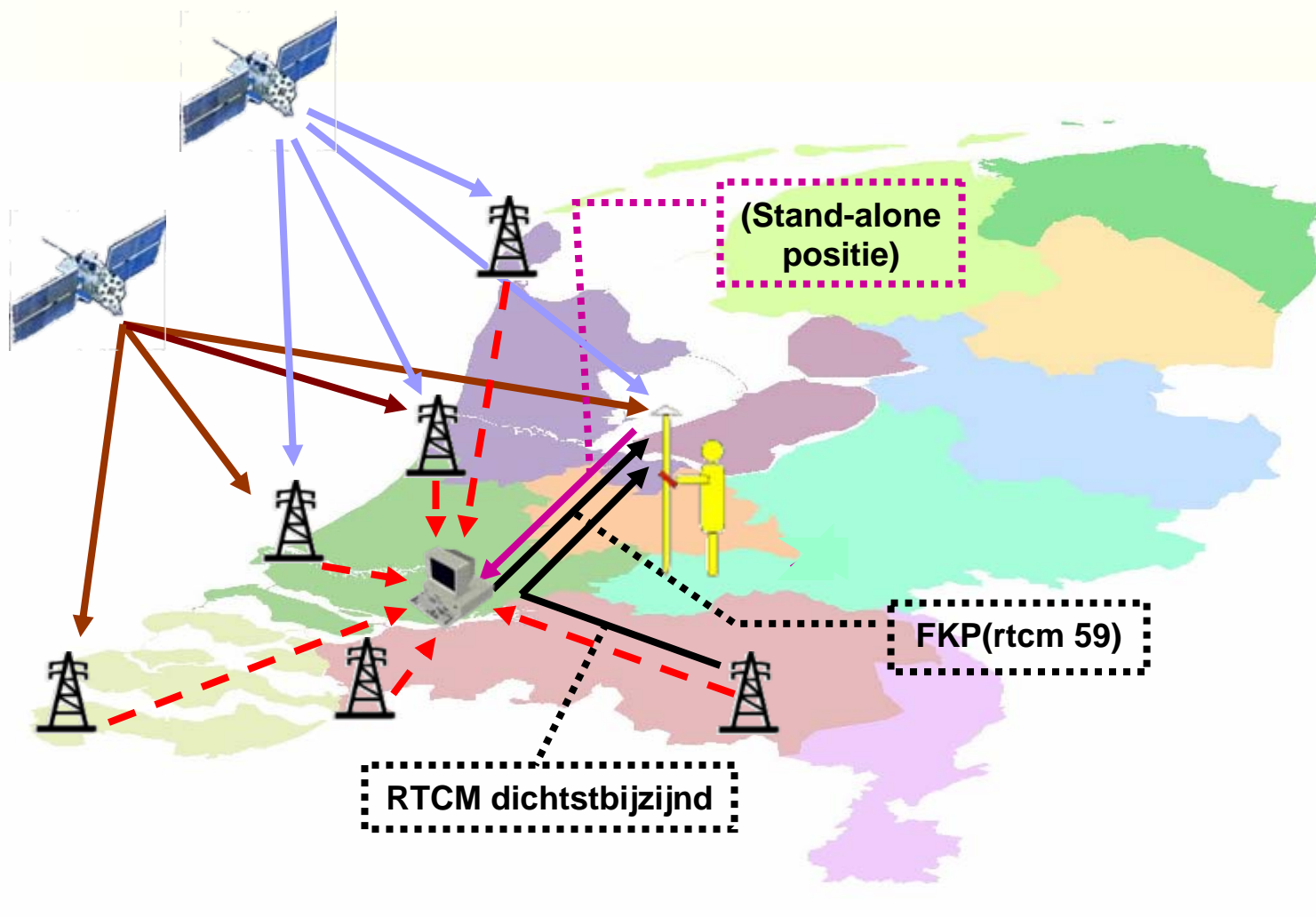
Controle Centrum Network

Rover





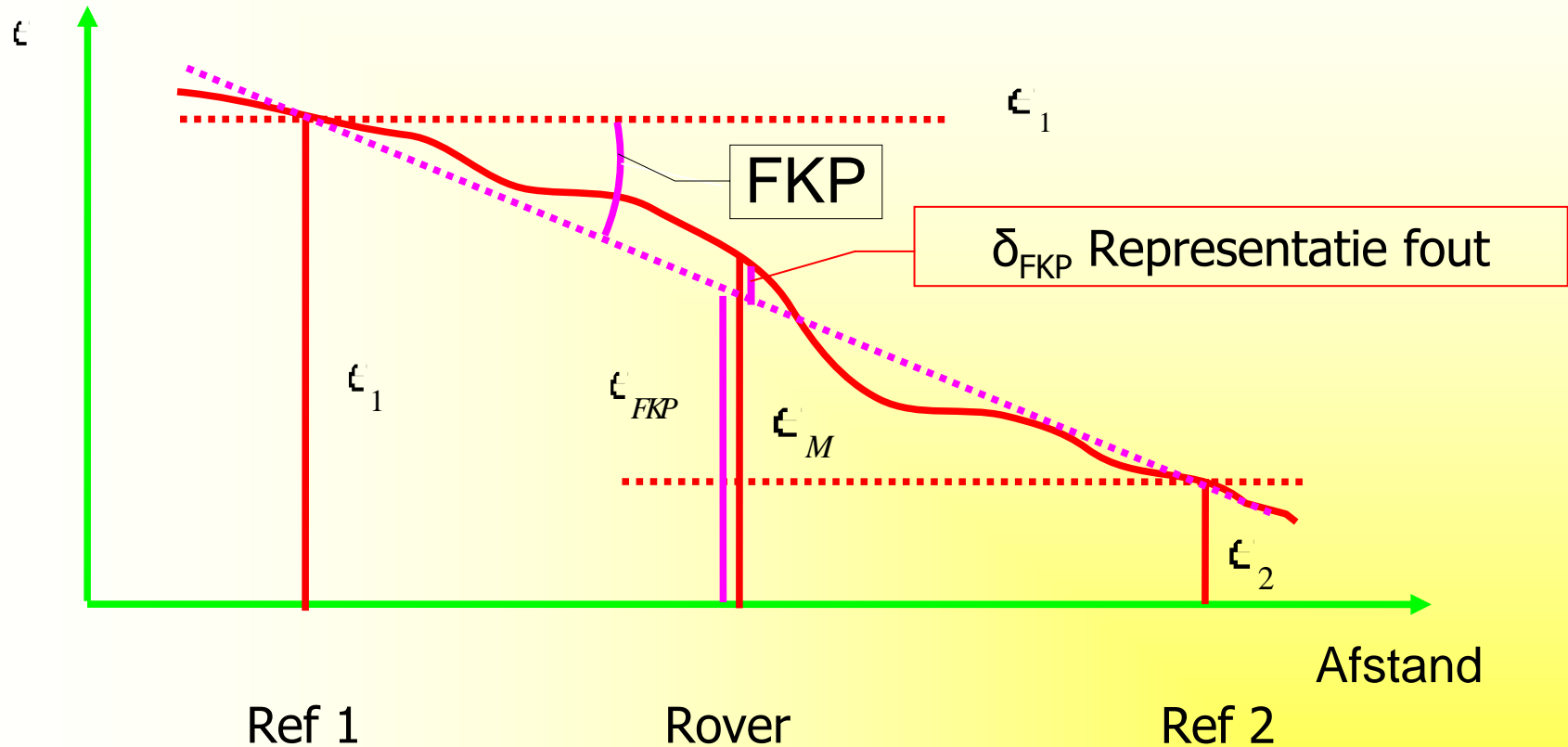
FKP Representatie (C)





FKP Representatie (C)

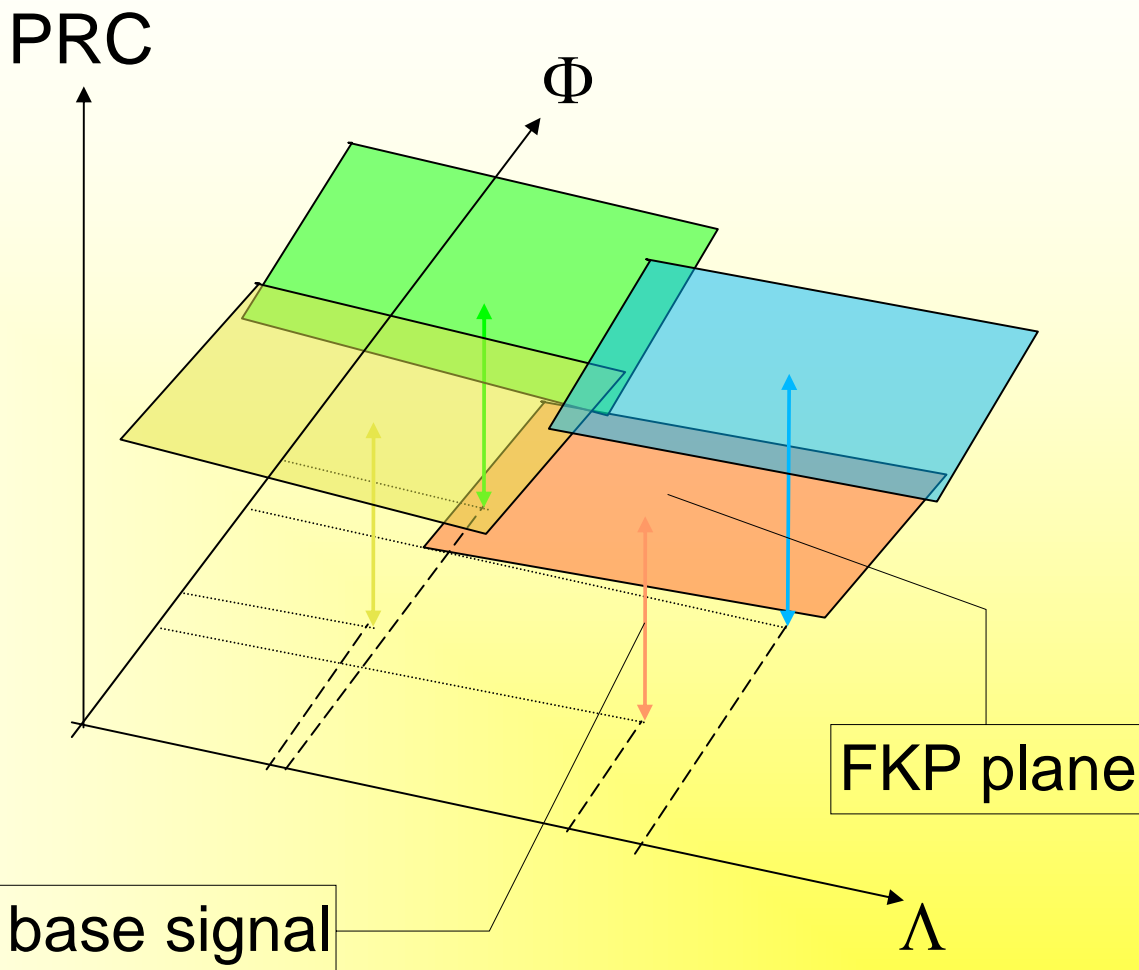
Fase correctie





FKP Representatie (C)

- basissignaal van referentiestation (correcties)
- 1 lineair FKP vlak per
 - Referentiestation
 - Signaal (L_i, L_0)
 - Satelliet
- optioneel: hogere orde polynomen





FKP Representatie (C)

De rover:

- ontvangt gedetailleerde gegevens over foutenbronnen
- profiteert van langdurige State Space Modelling
- kan correcties zelf individualiseren voor rover positie

Nadeel:

- Geen informatie over kwaliteit per FKP

Oplossing:

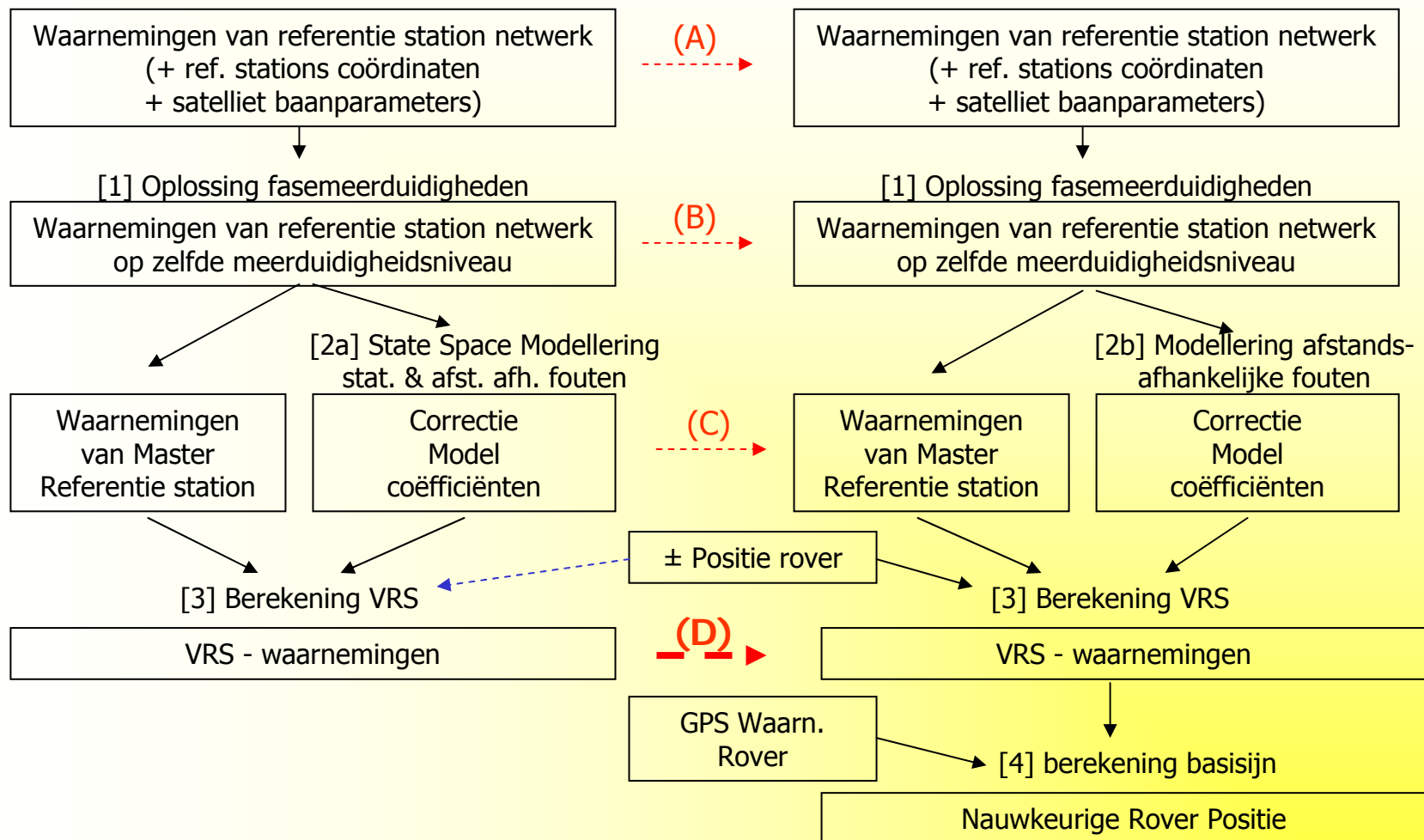
- Aangepaste RTCM59 (SAPOS) met kwaliteitsinformatie per FKP en overall informatie (I95 + restfouten) in ontwikkeling.
- Dus: optimalisatie informatieverstrekking aan rover



Data Stroom Network RTK

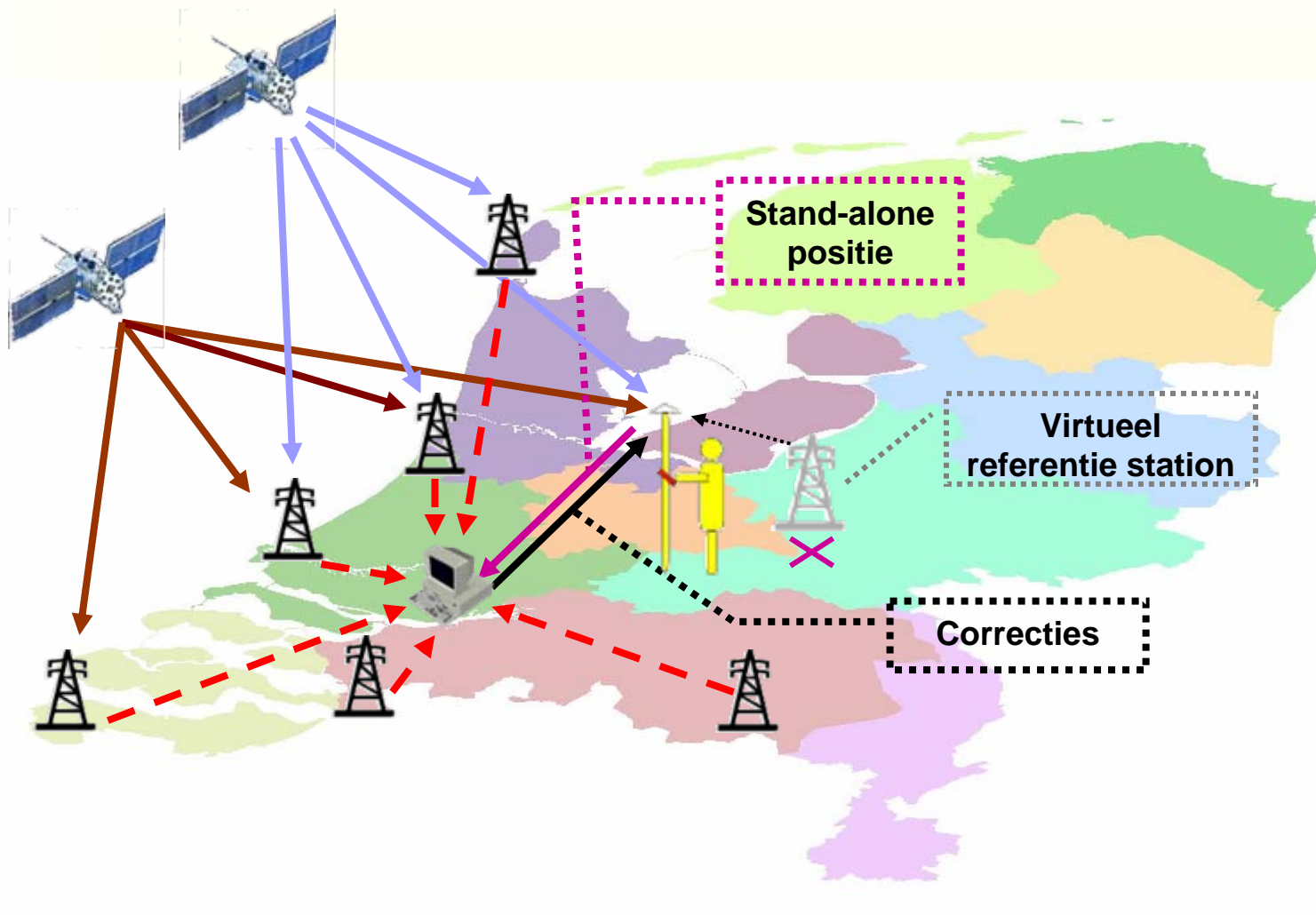
Controle Centrum Network

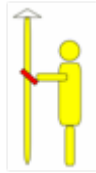
Rover





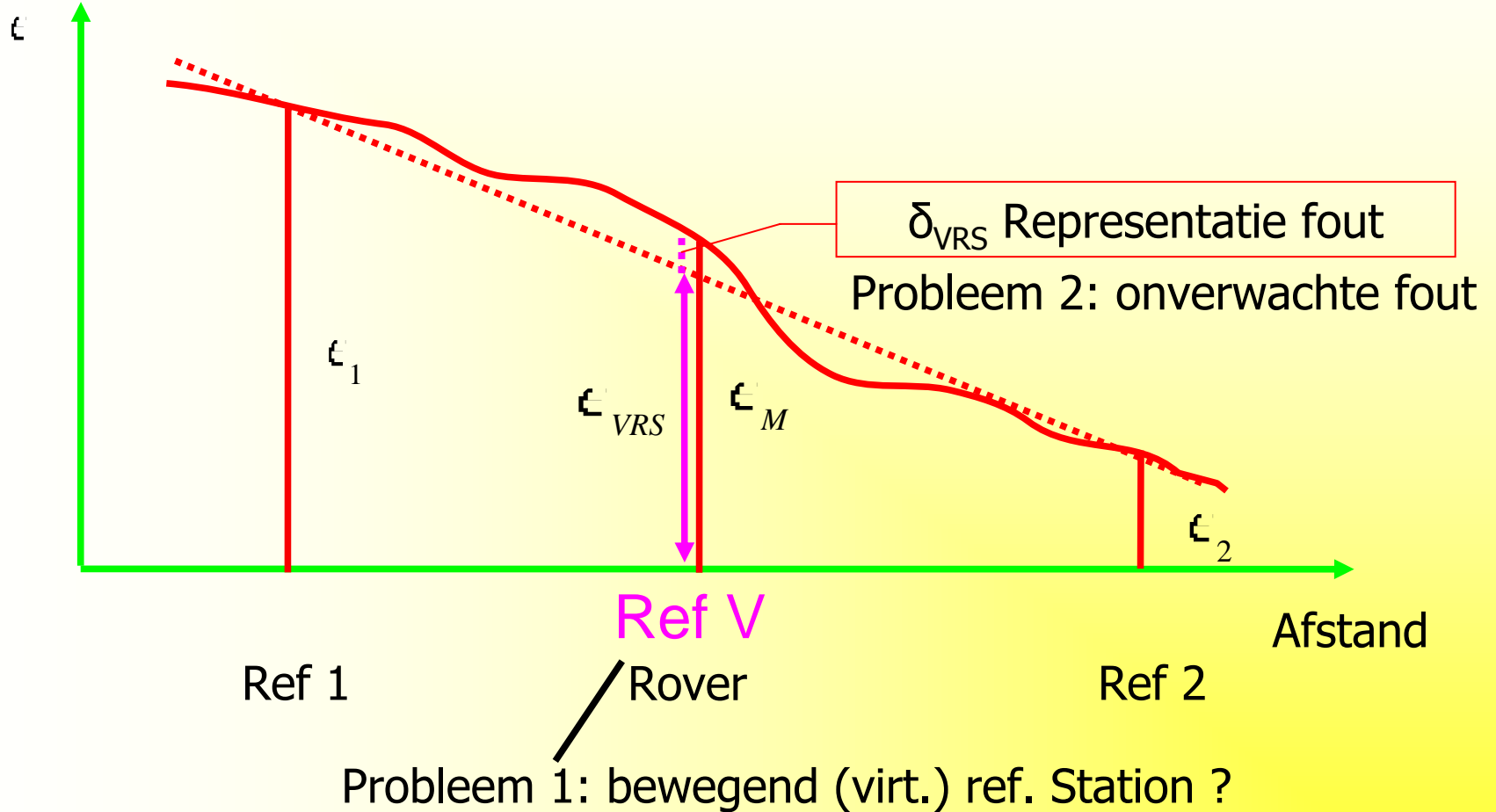
VRS Representatie: Geïndividualiseerd (D)





VRS Representatie: Geïndividualiseerd (D)

Fase correctie





VRS Representatie: Geïndividualiseerd (D)

De rover:

- ontvangt reeds geïndividualiseerde correcties
- moet altijd benaderde positie doorgeven
- Benadering oude situatie 1 basis – 1 rover

Nadelen:

- Dynamische toepassingen komen ver van VRS af
- Geen verwachting van (grootte) representatiefout

Oplossing:


- Correcties “reizen mee” met rover, VRS blijft staan.
- Fouten minimaliseren door directe vertaling SSM-> VRS
- Gebruik (variabel) Pseudo Ref. Station (PRS)



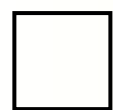
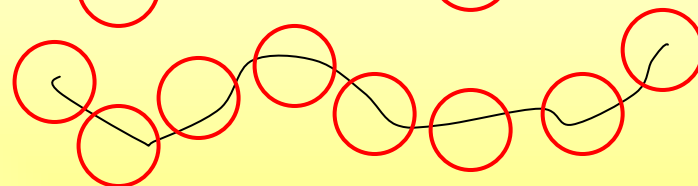
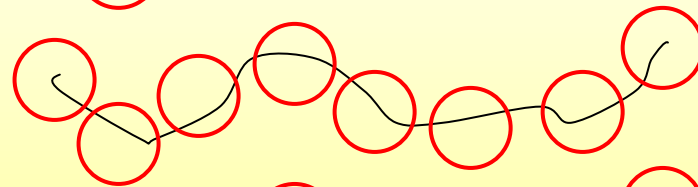
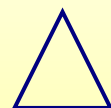
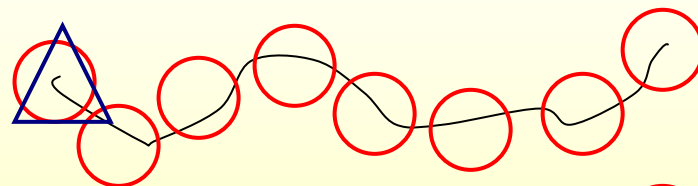
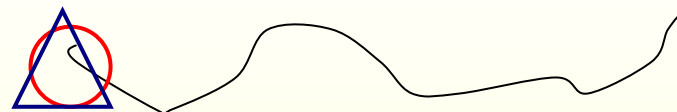
Overzicht FKP, VRS, PRS

• Gewoon VRS: 

• Geo++ VRS: 

• Geo++ PRS: 

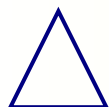
• Geo++ FKP: 



echt referentie station



locatie-geïndividualiseerde correctie



ref. positie via RTCM 3 of 24



traject rover



TOEKOMST



Toekomst

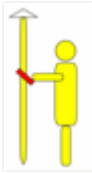
- Directer gebruik State Space Modelling/Representatie:
 - Bij levering correcties of
 - Direct bij rover (PPP: Precise Point Positioning)

- Vereisten:
 - Standaardisatie
 - Behoud integer karakter Fasemeerduidigheden State parameters



Toekomst

- Voordelen State Space t.o.v. Observation Space:
 - Zeer compacte data (10% RTCM)
 - Flexibele uitwisseling tussen diverse netwerken
 - Foutenbronnen van elkaar gescheiden
 - Eenvoudige toevoeging andere sensoren / gegevens (Precieze Ephemeriden, meteorologie, globale SSR)
 - Robuust tegen individuele stationsfouten (multipath, uitval)
 - Verzendingsrate per fout flexibel
 - Generen VRS RINEX voor post-processing
 - GLONASS correcties met slechts deel ontvangers GLONASS
 - Landelijke DGPS dienst met 2-3 dm nauwkeurigheid voor goedkope(re) L1-ontvangers.



COMMUNICATIE



Communicatie Netwerk - Rover

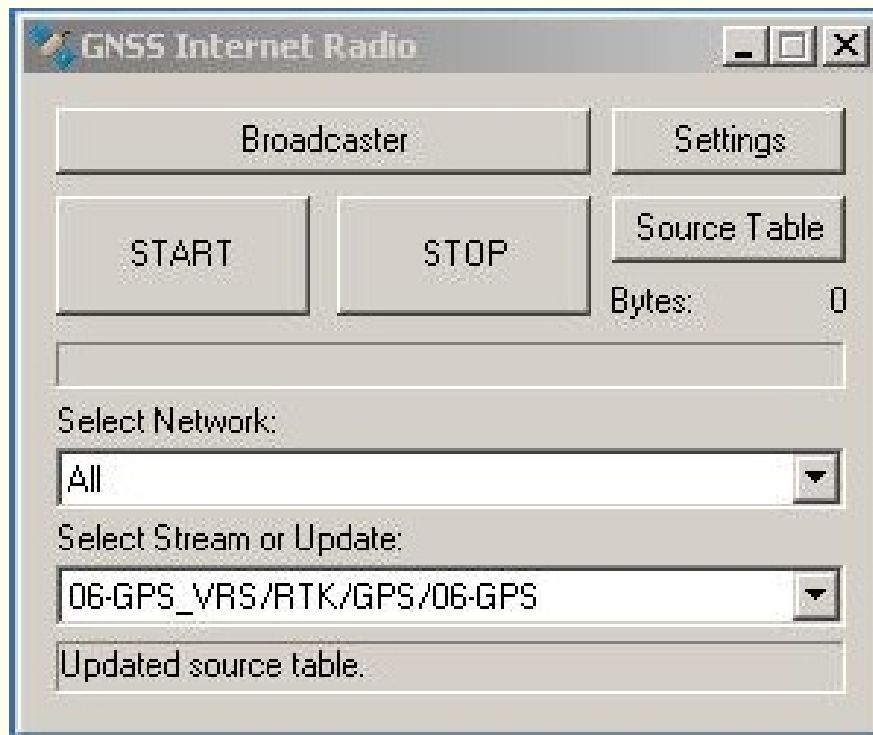
- **Mobiele telefoon** (GSM)
 - bidirectionele communicatie (SSR,OSR (FKP,PRS,VRS,M-A))

- **Mobiel Internet** (GPRS, UMTS)
 - bidirectioneel of uni-directioneel
 - NTRIP !
 - versleuteling of username/password voor:
 - toegangscontrole
 - verrekening

- **“Broadcast” media**
 - UHF, VHF, TV, Radio/FM (DARC), Satelliet communicatie
 - SSR, FKP, M-A
 - geen VRS, PRS
 - versleuteling voor:
 - toegangscontrole
 - verrekening



NTRIP: alle typen correcties





NTRIP: Source Table

Source Table [X]

Previous Next Select Cancel

Broadcaster: 06-GPS operated by 06-GPS in NLD
Handles incoming NMEA-GGA
[none](#)

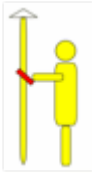
Stream: 06-GPS_VRS, Entry No: 1 of 3
Mountpoint: 06GPSVRS
Authentication: None
Format: RTK / 1(1),3(17),16(60),18(1),19(1),22(17),23(60),24(60)
Carrier: L1 and L2
Client must send NMEA: Yes
System: GPS
Country: NLD
Latitude: 51.83 deg North
Longitude: 4.80 deg East
Generator: GNNET
Solution: Network
Compression: none
Bitrate: 5000 bits per sec
Miscellaneous: <http://www.06-gps.nl>

Network: 06-GPS
Operator: 06-GPS
Details: <http://www.06-gps.nl>
Registration: info@06-gps.nl
Charges: No

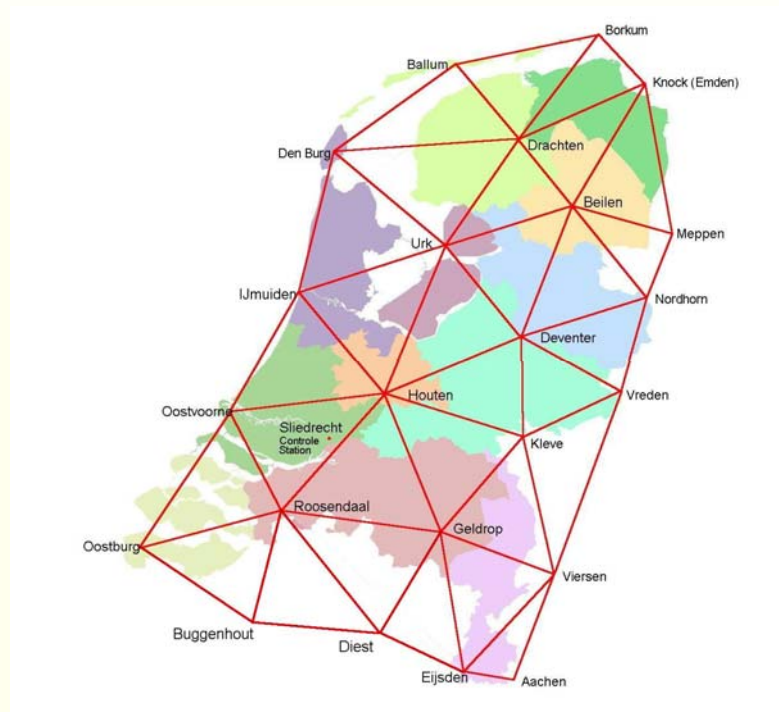


Conclusies

- GPS plaatsbepaling wordt beïnvloed door **absolute** en **afstandsafhankelijke fouten**
- DGPS en lokale RTK systemen kunnen alleen absolute fouten aan
 - **beperkte RTK** (en DGPS) **afstand**
- Netwerk van 06-GPS modelleert alle fouten
 - hierdoor is RTK (and DGPS) mogelijk met:
 - homogene nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en beschikbaarheid
- 06-GPS ondersteunt alle vormen van correctie verzending
 - FKP, VRS, PRS, M-A
 - Via GSM en NTRIP
- 06-GPS is door State Space Modelling klaar voor de toekomst !



EINDE



BEDANKT VOOR UW AANDACHT !

www.06-gps.nl