

Takeaways



Het was leuk om te zien dat binnen de drie groepen die ik de presentatie heb mogen geven verschillende inzichten zijn hoe dat de toekomst er uitgaat zien. De oudere generatie blijft liever bij de dark-fibers en op die manier een veilig pad voor de beveiligen maken, waarbij jongere eerder openstaan en enthousiast worden van de in presentatie aangegeven flexibel netwerken.

En wat ik terug kreeg van het publiek was dat er al wat initiatieven zijn waarbij verschillende fabricaten merging units gekoppeld worden met differentiaal beveiligingen.

Iets wat bij alle sessie naar voren kwam is dat de beveiligingswereld (B5) en de communicatiewereld (B2) steeds dichterbij elkaar komen en dat het engineeren van een lijndifferentiaalsysteem beveiliging technisch relatief eenvoudig is maar dat de focus voor de engineering meer en meer komt te liggen in de IEC61850 implementatie en het communicatie netwerk.



15 april 2025

Beveiliging ontrafeld

Uitgelegd wat je altijd al wilde weten



15 april 2025

Beveiliging ontrafeld

Uitgelegd wat je altijd al wilde weten

Fabrikant onafhankelijke lijndifferentiaal
beveiliging over IEC61850



Introductie

Koos van Hengst

Technical Sales Support Specialist
Substation Automation

HITACHI



Operationele communicatienetwerken in nutsomgevingen stellen specifieke eisen

Nutsomgeving



- **Extreme temperaturen, magnetische en elektrische velden.**
- **Robuuste, betrouwbare en bewezen mogelijkheden** die nodig zijn voor nauwkeurige functionaliteit onder extreme omstandigheden.
- **Stoffige en afgelegen omgevingen**, waar regelmatig onderhoud niet gegarandeerd kan worden.

Toepassingsgericht



- Geïnstalleerde basis groeide gedurende vele jaren, is gedefinieerd, **multi protocol omgeving** → flexibele oplossing vereist
- **Ondersteuning op lange termijn voor traditionele technologie/oplossingen** ook in nieuwe platforms vereist

Kritische toepassingen



- Zeer snelle signaaloverdracht vereist bij storingen in het elektriciteitsnet
- Zeer vertragsings-, jitter- en asymmetriegevoelige toepassingen
- Hoogste beschikbaarheid voor kritieke diensten
- Moet ook werken bij massale problemen in het elektriciteitsnet

Backbone voor kritieke infrastructuur

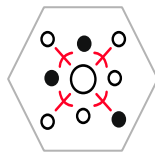


- Actieve systemen → niet gemakkelijk te migreren, lange actieve levensduur van het systeem (meer dan 15 jaar)
- Lange actieve levensduur vereist specifieke oplossing → hoge MTBF om beschikbaarheid niet in gevaar te brengen
- Lange leveranciersondersteuning vereist (meer dan 15 jaar) → tegengesteld aan telecomwereld

Hitachi Energy multiservice multiplexer gebruikt voor test uitgevoerd op CKW's GridCom 2020+ netwerk

Multiservice

- Legacy- & pakkettechnologie
- Geïntegreerde teleprotectie
- IEC61850 GOOSE & SV



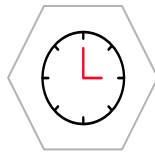
Gegarandeerde prestaties

- Real-time & deterministic
- Symmetric communication
- network delay < 5 ms
- network jitter < 150us



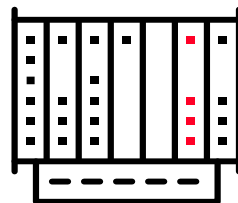
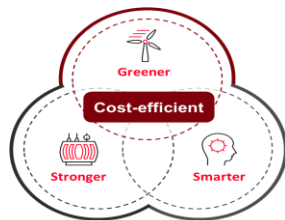
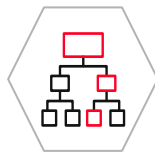
Schaalbare synchronisatie

- Synchroon Ethernet
- IEEE1588v2 PTP
- Nauwkeurigheid 1 us

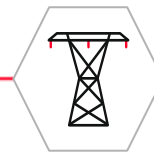


Hoge schaalbaarheid

- 1/10/40GbE capaciteit
- MPLS-TP & L2/L3 VPN
- Echt hybride SDH/Packet



Hitachi Energy
Communicatie Oplossingen



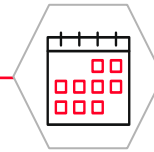
Toepasbaarheid in kritische netwerken

- Betrouwbaarheid >99,999%
- Temperatuur -25°C ÷ +65°C
- EMC/EMI ultra-robust



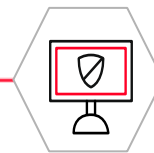
100% netwerkzichtbaarheid

- Geïntegreerd NMS voor SDH & MPLS-TP
- Teleprotectie monitoren
- Intuïtief beheersysteem



Buitengewone levenscyclus

- Ultralange levensduur
- Hoge MTBF

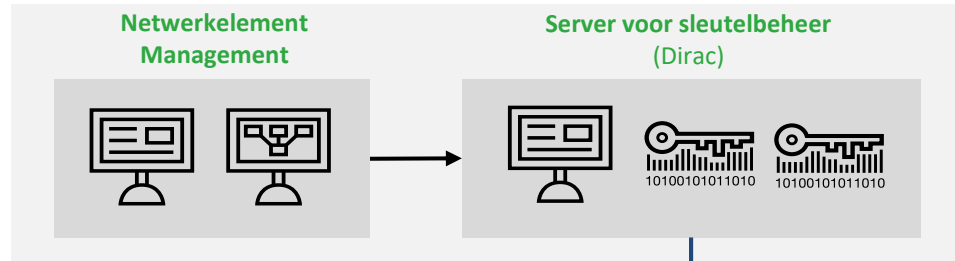


Holistische cyberbeveiliging

- Quantum veilige encryptie
- Hoge versleuteling snelheid

Alle diensten zijn versleuteld in GridCom 2020+

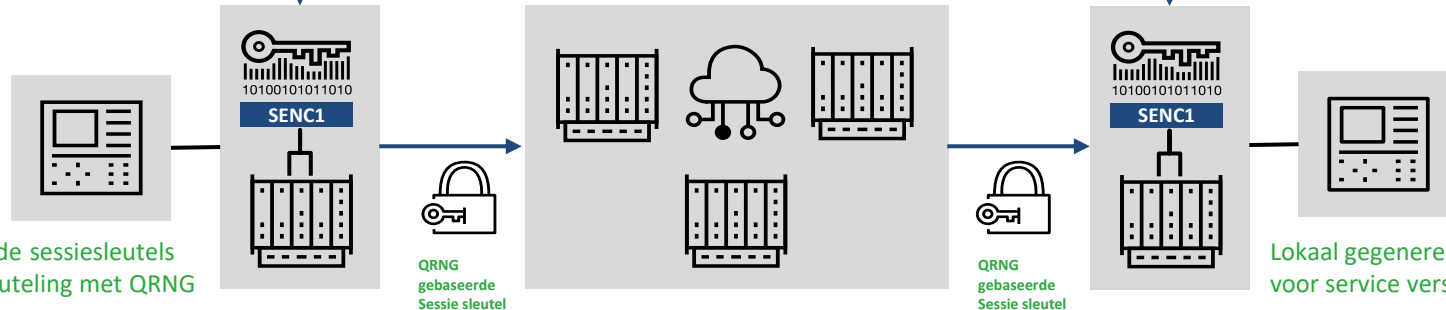
Netwerk Management Systeem (FOXMAN)



Genereert centraal master sleutels die worden gedistribueerd naar de vereiste locaties voor het maken van services of het uitwisselen van master sleutels

Master Sleutel

Master Sleutel

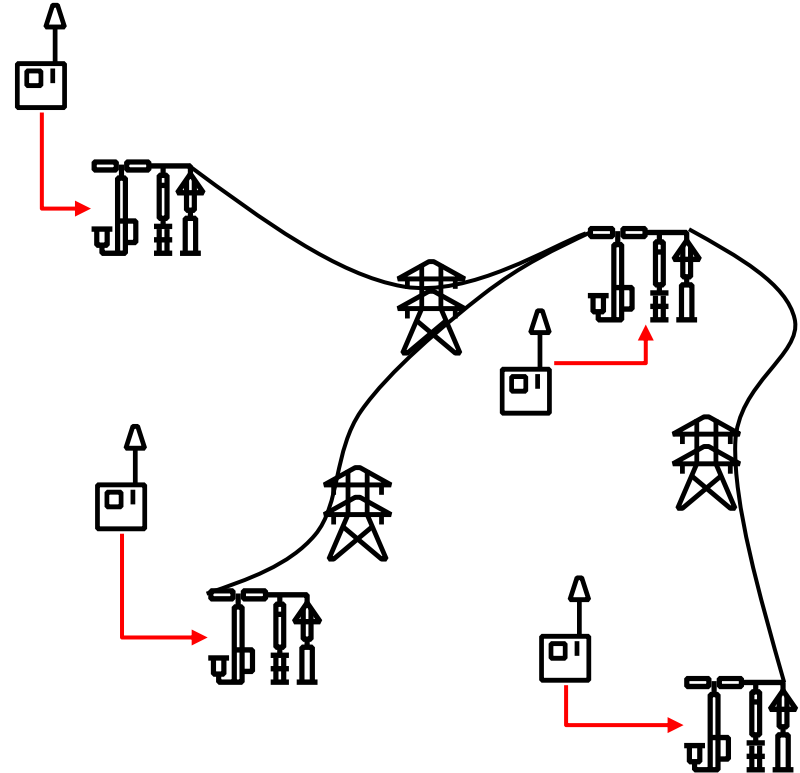


Lokaal gegenereerde sessiesleutels voor service versleuteling met QRNG

Lokaal gegenereerde sessiesleutels voor service versleuteling met QRNG

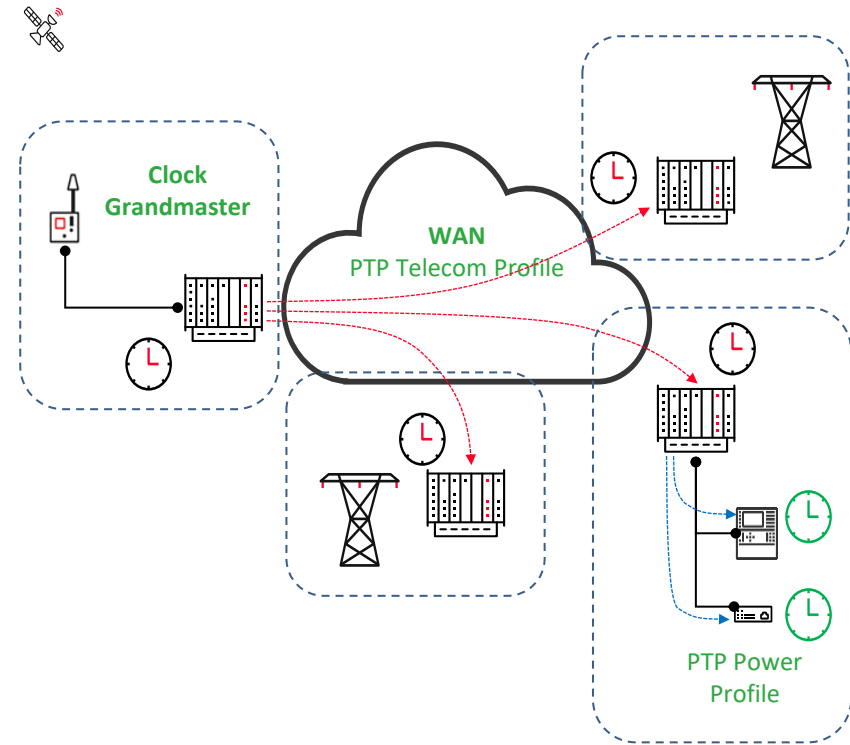
Uitdagingen met tijdsynchronisatie.

- Tijdsafstemming van gegevens is essentieel voor het functioneren van het elektriciteitsnet
- Tegenwoordig wordt **tijdaliniëring** bereikt door:
 - Echo timing principe geïmplementeerd in lijndifferentiaal-beveiligingsrelais
 - Lokaal geïnstalleerde hoofdklokken (meestal niet gebruikt als enige bron van waarheid voor kritieke toepassingen)
- Beschikbaarheid van tijd is in de toekomst kritischer vanwege:
 - Massale integratie van hernieuwbare energiebronnen en toegenomen vraag, bijv. door elektrische voertuigen Vraag naar nieuwe, moderne concepten voor netwerkbeheer
 - Veel nieuwe concepten zoals IEC 61850 digitale onderstations of wide area monitoring en beveiliging zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van zeer nauwkeurige tijdinformatie.
- Lokaal geïnstalleerde GNSS wordt tegenwoordig meestal gebruikt, maar heeft duidelijke beperkingen wat betreft beschikbaarheid, hogere operationele kosten en aanvalsmogelijkheden.
- → Moeten netbeheerders afhankelijk zijn van GNSS als de enige bron van waarheid voor **tijdaliniëring**?



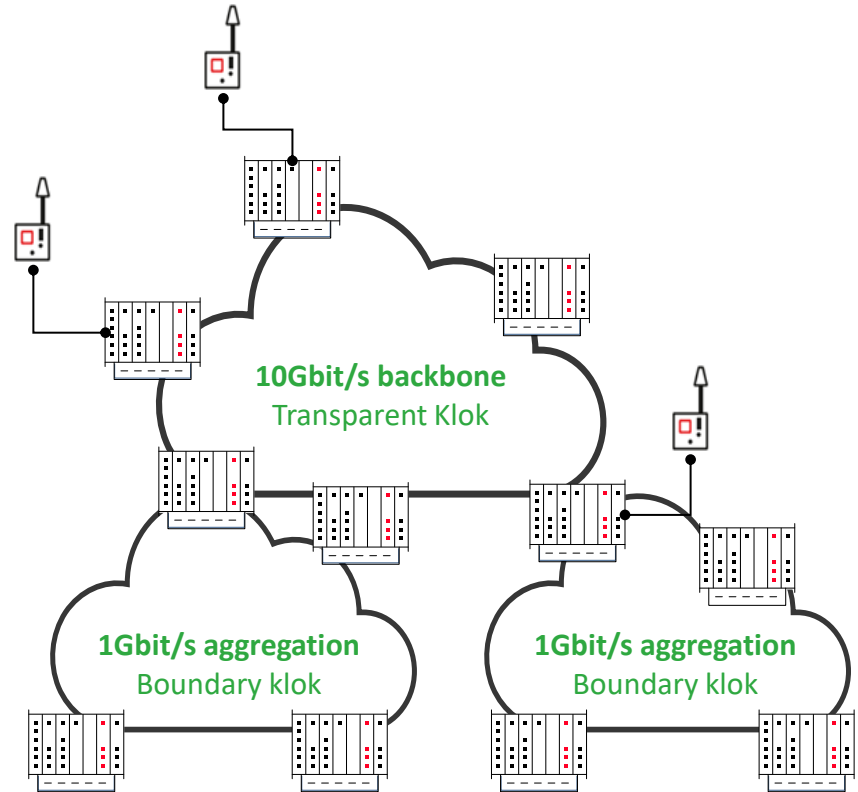
Uitdagingen met tijdsynchronisatie.

- Moderne pakketgeschakelde netwerken hebben de mogelijkheid om zeer nauwkeurige informatie over de tijd te leveren als een dienst voor toepassingen.
 - Nauwkeurigheid $< 1\mu s$ is mogelijk
 - Veerkrachtige distributie wordt ondersteund
 - Meerdere klok distributiepaden mogelijk
 - Meerdere klok masters zijn mogelijk
 - Veerkracht bij hardware storingen is mogelijk, korte onderbrekingen kunnen worden "gemaskeerd" zonder prestatievermindering
- Vertaling tussen verschillende PTP-profielen is mogelijk (telecomapparaat fungeert als grensklok die slaaf is van de globale "utility time" en master voor de substation apparatuur)
- De oplossing kan worden uitgebreid met regionale klokken en sondes om de nauwkeurigheid op kritieke locaties te controleren.
- -> Volledig GNSS-onafhankelijke oplossingen zijn mogelijk
- Ingezet bij GridCom 2020+, 3 grootmeesters voor het hele netwerk gebruikt om het hele netwerk te synchroniseren.

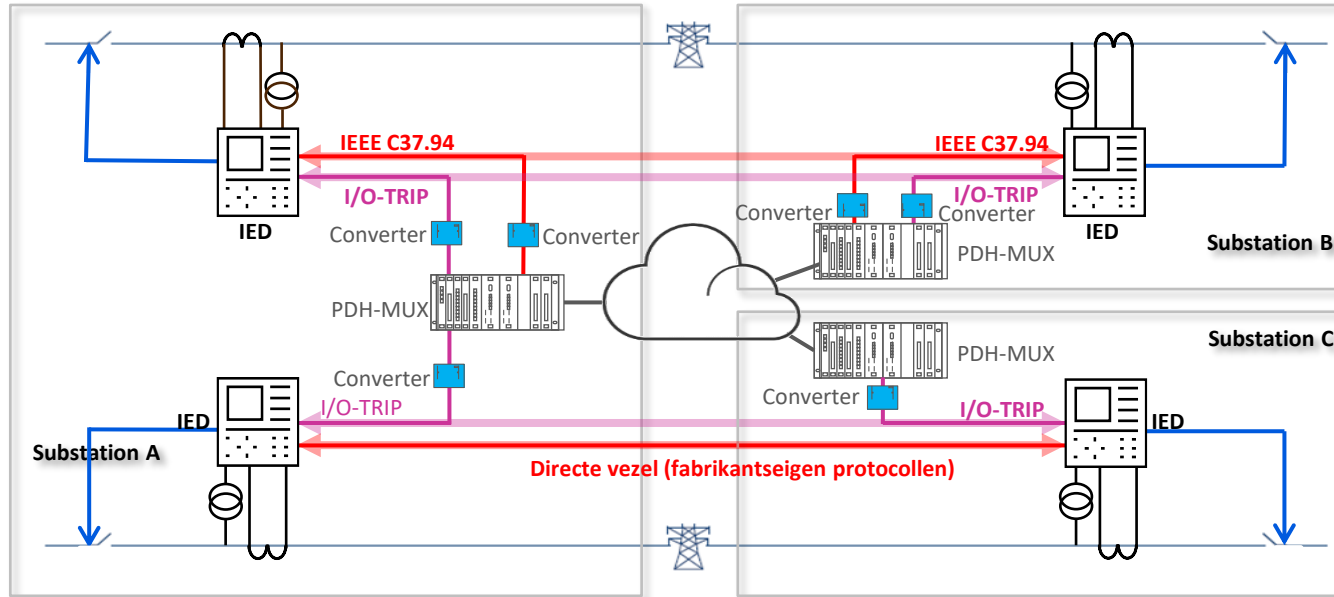


Overzicht GridCom

- Grid Control Network (GridCom) bestaat uit een backbone-netwerk van 10 Gbit/s en een aggregatielaag van 1 Gbit/s.
- Alle diensten zijn versleuteld (end-to-end)
- Het netwerk is volledig geschikt voor PTP
 - 3 Grandmasters zijn beschikbaar
 - Redundante klokdistributieschema's ingezet
 - PTP is versleuteld
- Er worden meerdere diensten ingezet op het netwerk, waaronder
 - Distantie beveiliging
 - Lijn differentiaal beveiliging
 - SCADA 101 en 104
- Netwerk is sinds ongeveer 3 jaar volledig operationeel



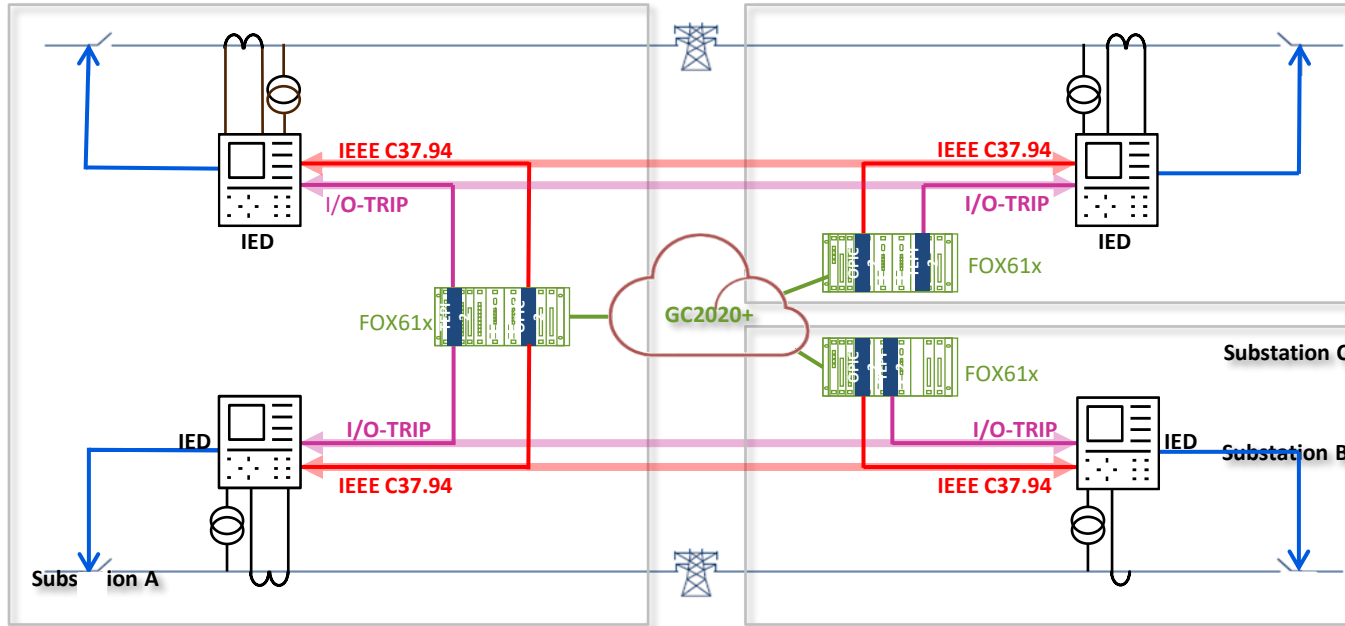
Evolutie van lijnbeveiliging bij CKW - vóór GridCom 2020+



- Strikte punt-tot-puntverbinding voor elke verbinding
- Gebruik van leverancier eigen communicatieprotocollen/oplossingen
- IEEE C37.94 voor differentiaalbeveiliging
- TRIP (contacten) voor distantiebeveiliging
- Gedeeltelijk gebruik van converters van IEEE C37.94 naar E1 of V.11

End to end latency
~10ms

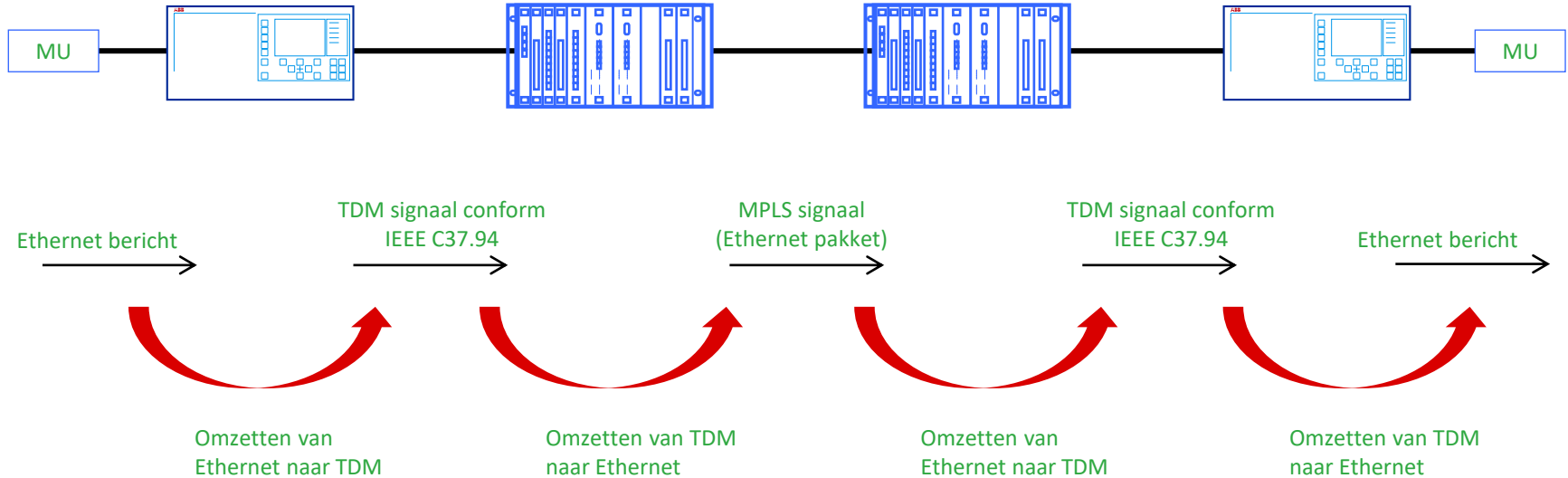
Lijnbeveiliging bij CKW - met GridCom 2020+



- Strikte punt-tot-puntverbinding voor elke verbinding
- Gebruik van leverancier eigen communicatieprotocollen/oplossingen tussen beveiligingsrelais, ook al wordt IEC 61850 gebruikt binnen onderstations
- IEEE C37.94 voor differentiaalbeveiliging, communicatie aangeboden door OPIC2
- TRIP (contacten) voor distantie beveiliging, communicatie aangeboden door TEPI2
- Verwijdering van alle externe converters voor lijnbeveiligingstoepassingen

**End to end latency
<5ms**

Technologieconversies zijn een uitdaging – kunnen we daar vanaf komen?



Technologieconversies veroorzaken meerdere uitdagingen, zoals:

- Verhoogde latency van end-to-end
- Toegenomen complexiteit met als gevolg extra operationele kosten en verminderde beschikbaarheid
- Hindernissen voor verdere optimalisatie op applicatie- en procesniveau



**Distantie en differentiaalbeveiliging, hoe nu verder?
Kan CKW de volgende stap zetten?**

Ja, Yes, Si, Oui, Kyllä, Sim, Evet ... !!!

FOX615 GOOSE en SV Gateway - directe digitale overdracht van beveiligingssignalen

FOX615 TEGO IEC 61850 Interface

IEC 61850 Slimme gateway-benadering

Hoogste beschikbaarheid

Gegarandeerde redundantie waardoor 0 pakketverlies

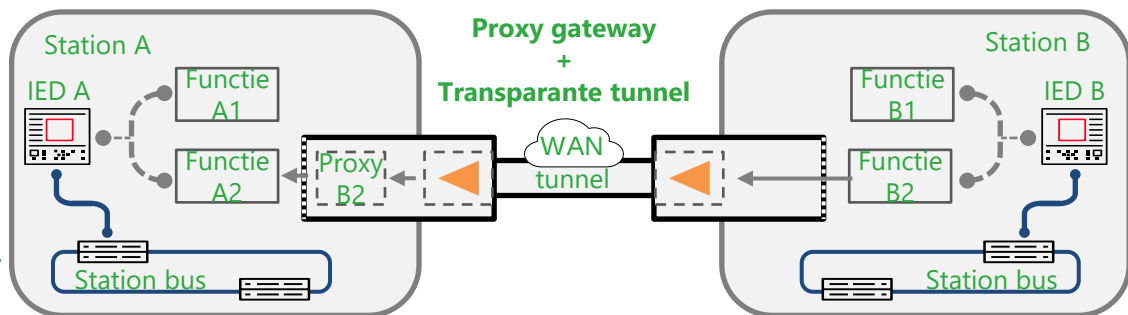
IEEE 1588v2 PTP support
PTP-profiel vertaling

WAN-toezicht
Latency, pakketverlies, ...

L2 Realtime firewalling
Gecontroleerde toegang tot station en procesbus

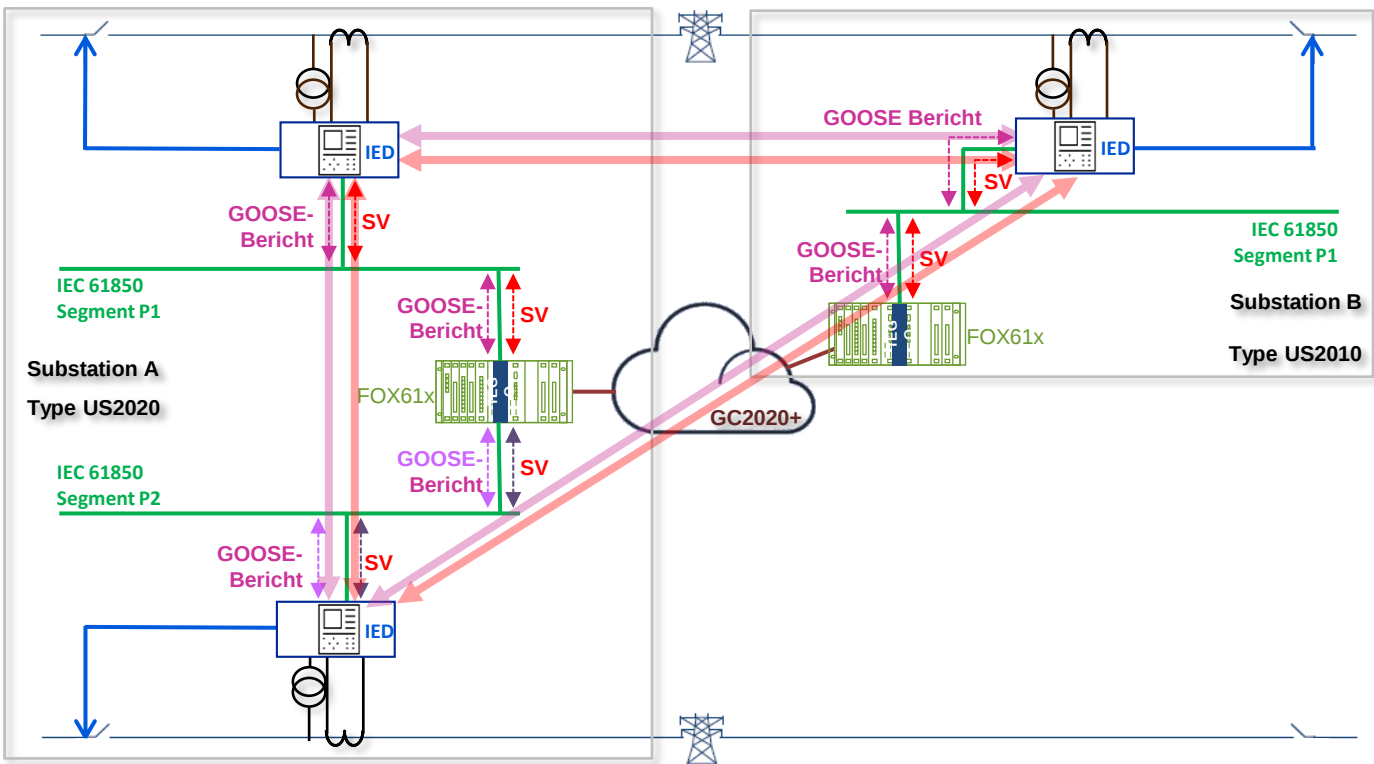
Data integrity
Authenticatie van kritieke gegevens

Complete end to end monitoring van NMS
Realtime zicht op service beschikbaarheid



- + TEGO1 oplossing is snel zoals een tunnel aanpak
- + TEGO1 oplossing is flexibel zoals een proxy gateway aanpak
- + TEGO1 vertegenwoordigt de IED op afstand als een **virtuele IED** in het lokale onderstation

Testopstelling distantie- en differentiaal beveiliging met GOOSE/SV



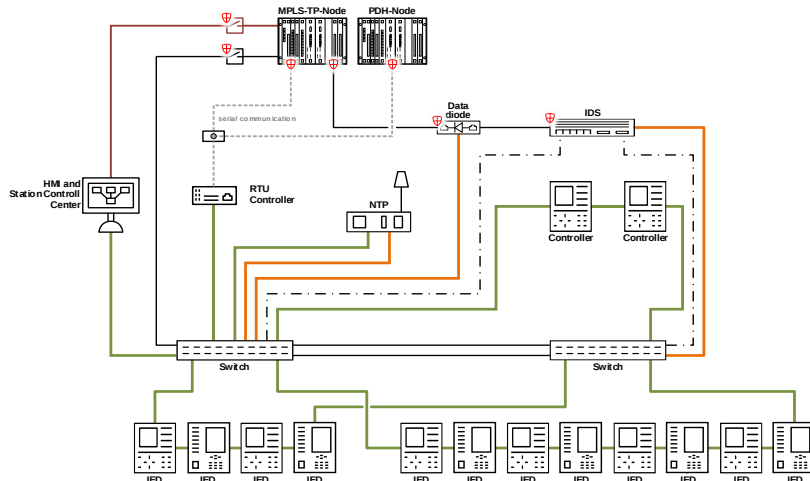
- Gebruik van GOOSE-berichten tussen onderstations voor distantiebeveiliging
- Gebruik van SV (Sample Values) tussen onderstations voor differentiaal beveiliging
- TEGO1 is een IED in de IEC 61850-configuratie (onderdeel van SCD-bestand)
- De TEGO1 verzendt de relevante signalen tussen onderstations en biedt ook de applicatiespecifieke firewall. Als zodanig zorgt de TEGO1 voor de scheiding van de verschillende beveiligingszones.
- Het directe gebruik van GOOSE tussen onderstations vermindert de latencies aanzienlijk (er is bijvoorbeeld geen conversie meer nodig).
- Volledige end-to-end supervisie van de toepassing (relais naar relais via IEC 61850)
- Tot 8 verschillende verbindingen mogelijk per interfacekaart



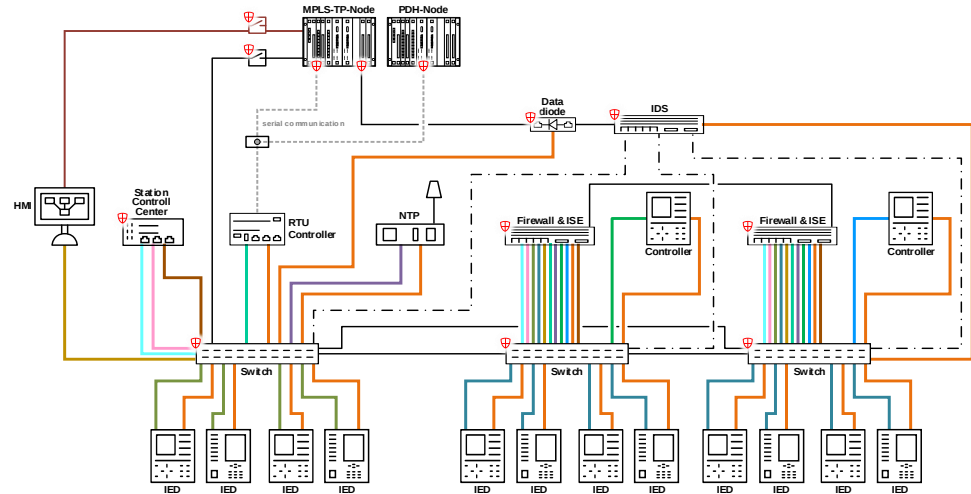
End to end latency <1ms
(Back-to-Back 180us)

CKW - verschillende generaties onderstationontwerpen

CKW Type US2010

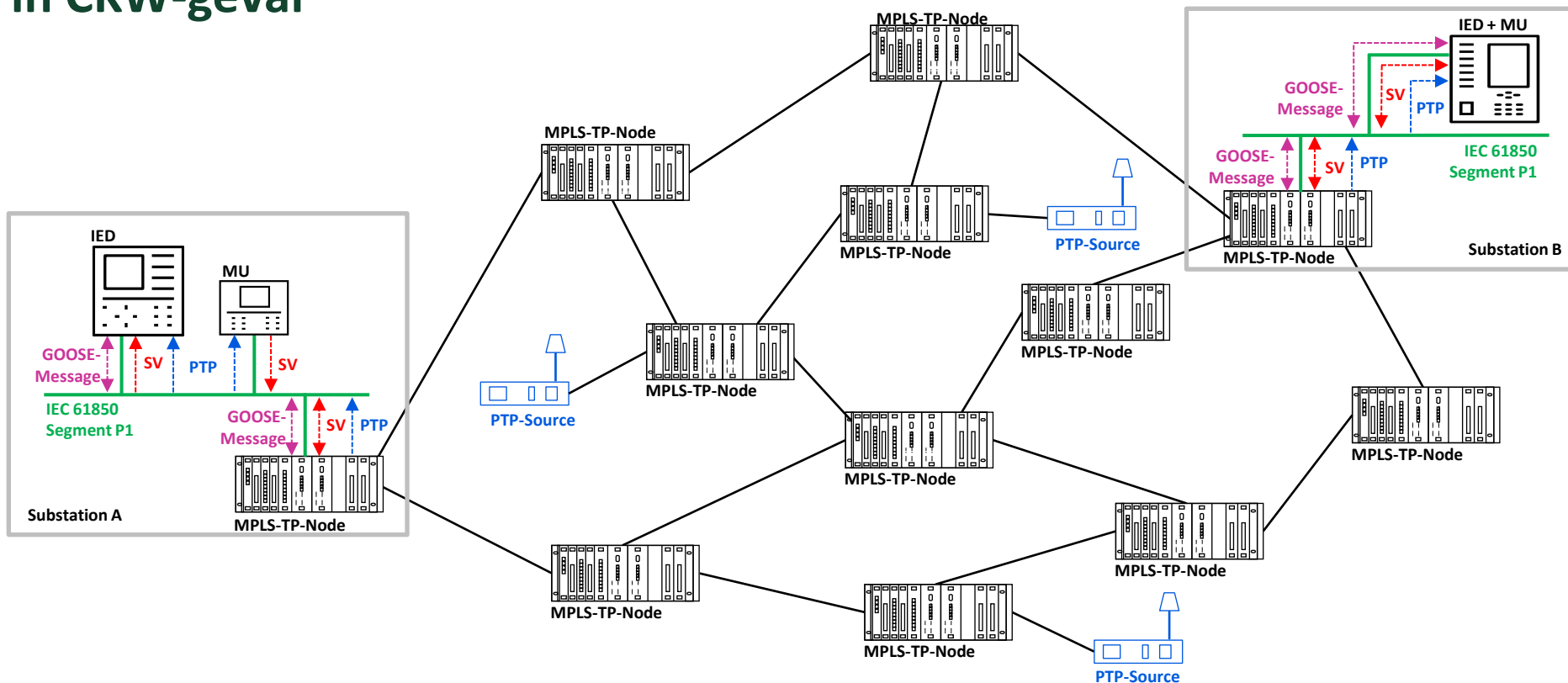


CKW Type US2020

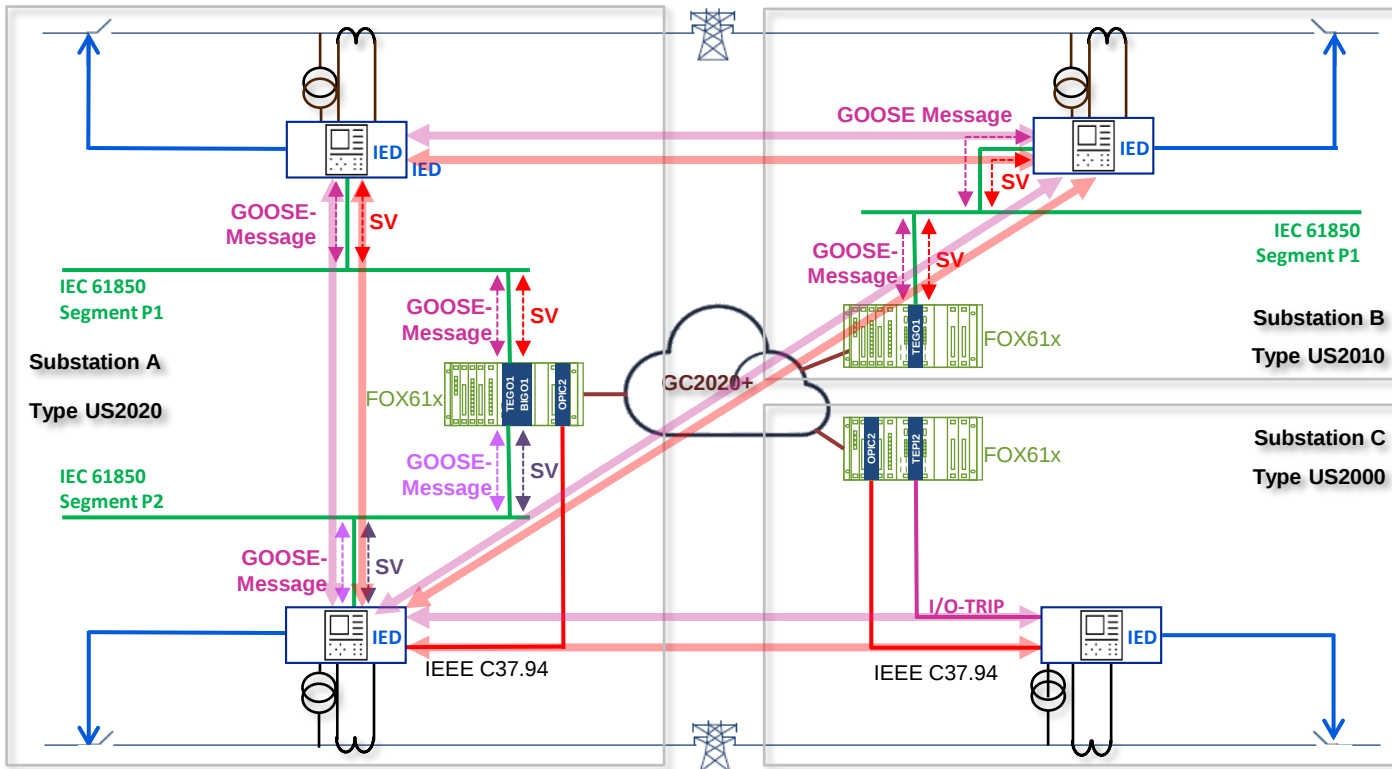


CKW type US2000 (Zonder IEC 61850) gebruikmakend van starcouplers

Verwacht gebruik van GOOSE en SV tussen onderstations in CKW-geval



Migratie naar lijnbeveiliging op basis van IEC 61850, rekening houdend met alle typen onderstationontwerpen



- Gebruik van GOOSE-berichten tussen onderstations voor distantie beveiliging
- Gebruik van SV (Sample Values) tussen onderstations voor differentiaal beveiliging
- TEGO1 is een IED in de IEC 61850-configuratie (onderdeel van SCD-bestand)
- Type US2000 onderstation zal worden geïntegreerd door:
 - Met behulp van migratieoplossing aangeboden door BIG01 (1 kant IEC 61850 GOOSE, remote end klassieke contact gebaseerde distantie beveiliging)
 - Gebruik van conventionele IEEE C37.94 gebaseerde differentiaal beveiliging



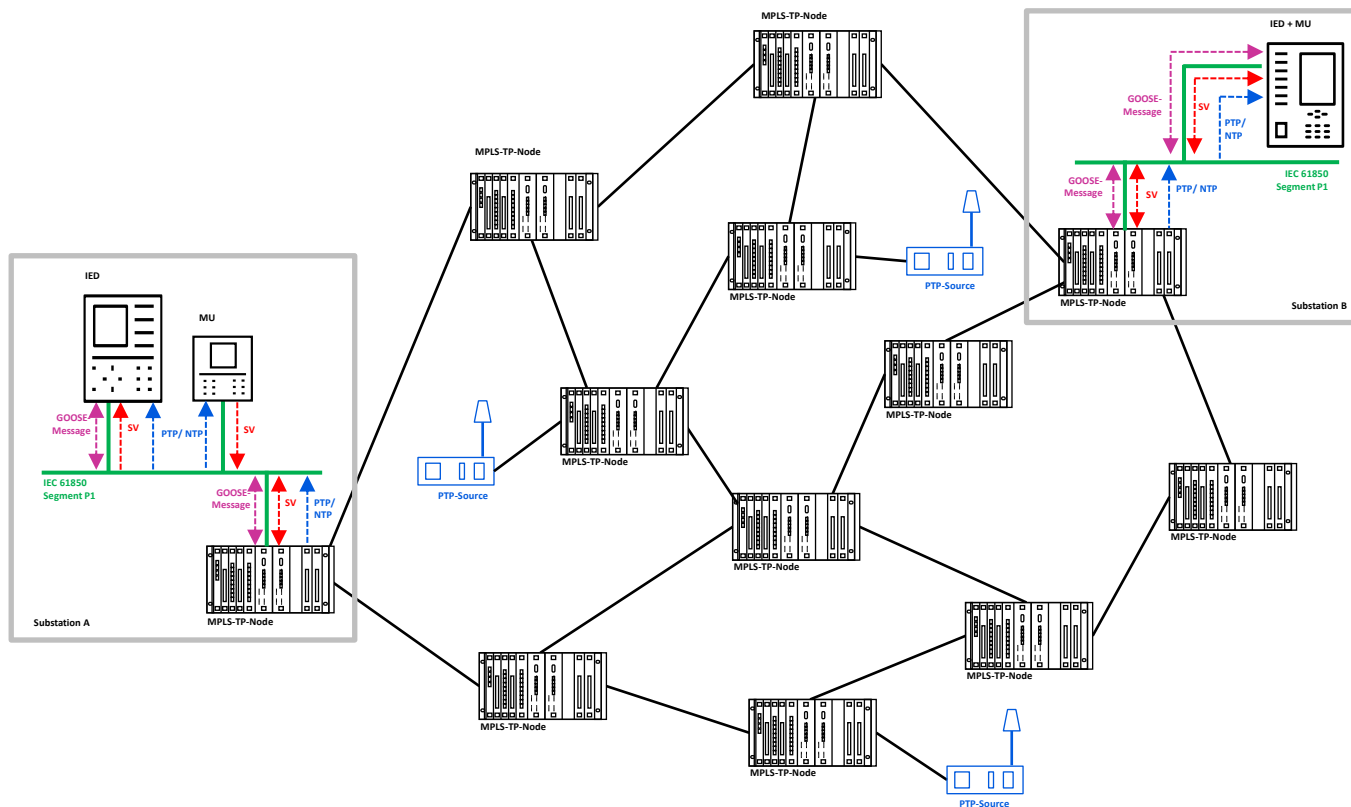
Uitrol gepland
voor Q1 2025



**Distantie- en differentiaalbeveiliging, hoe verder te gaan?
Kan CKW nog extra stappen nemen?**

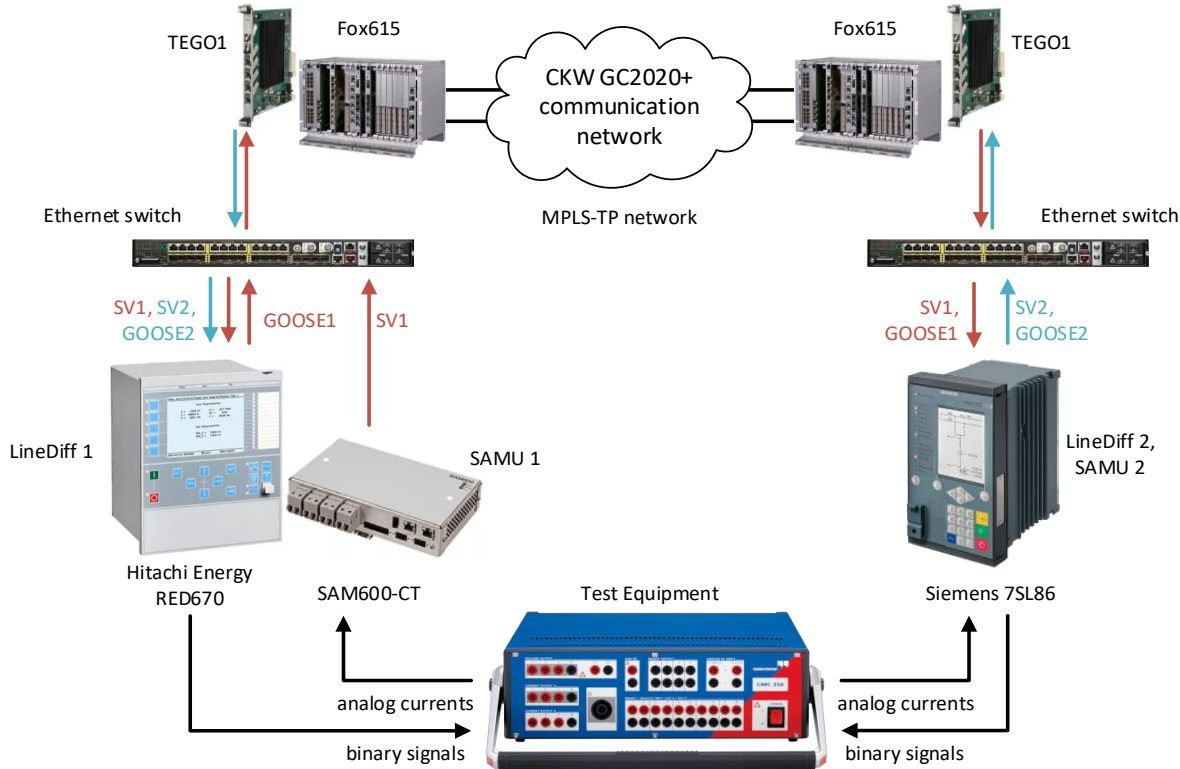
Ja, Yes, Si, Oui, Kyllä, Sim, Evet ... !!!

IEC 61850 interoperabiliteitstests voor meerdere leveranciers



- Multivendor IED-opstelling in lab van CKW
- Communicatie aangeboden door life GC2020+ netwerk, inclusief tijdsynchronisatie
- Sterke cyberbeveiligingsmaatregelen aanwezig met:
 - Segregatie van verschillende toepassingen (verschillende VLAN voor GOOSE en SV)
 - LAN-WAN ontkoppeling door Proxy-Gateway Firewall
 - Encryptie en authenticatie van diensten
- Doel is om de grenzen van GOOSE en SV tussen onderstations te vinden
 - 250 km optische vezel
 - 33 doorvoerknoppunten

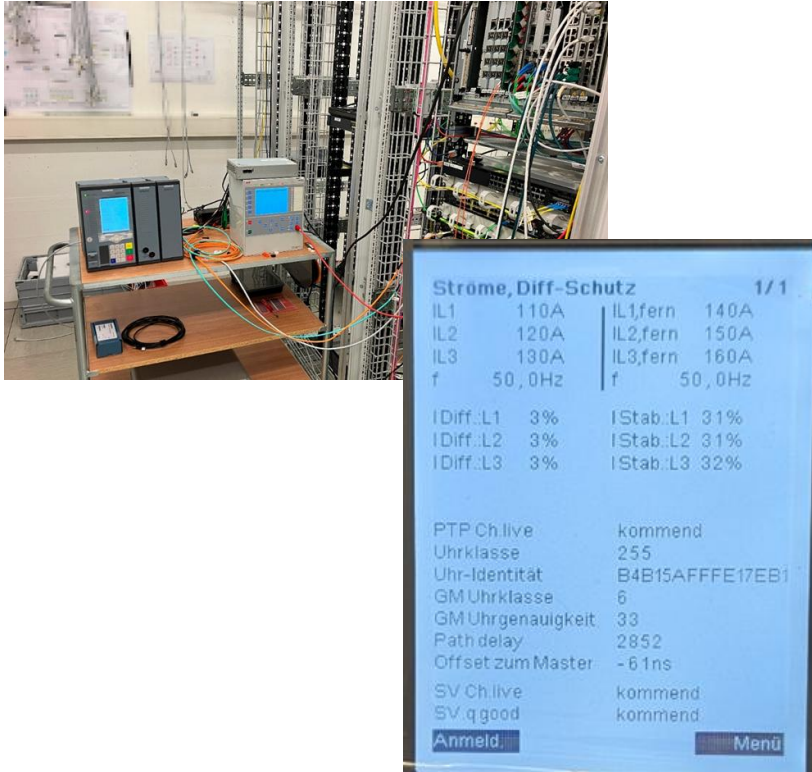
Testopstelling voor multivendor IEC 61850 testen



- Verschillende IEC 61850-segmenten die VLAN gescheiden zijn (GOOSE & SV, PTP, Beheer)
- 2 verschillende beveiligingsapparaten van verschillende fabrikanten
- Op GOOSE gebaseerde oplossing voor afstandsbeveiliging
- SV (Sample Values) gebaseerde differentiële beveiligingsoplossing
- TEGO1-Unit geïntegreerd in IEC 61850-configuratie, fungeert als Gateway IED, onderdeel SCD-bestand (Substation Configuration Description)
- TEGO1-Unit waarborgt cyberbeveiligingszoning door VLAN-segregatie op applicatieniveau te respecteren en LAN/WAN-demarcatie te bieden.
- PTP gebruikt voor tijdsynchronisatie (IEC 61850-9-3:2016, utility-profiel)
- Geconfigureerd met IET600 en DIGSI5

**Test succesvol tot communicatiekanaal
latentie van 3,5 ms**

Testresultaten



- Functie voor lijndifferentiaalbeveiliging kan met succes worden geconfigureerd en getest in een configuratie met meerdere leveranciers
 - Beide lijndifferentiaalbeveiligingsrelais werken onafhankelijk met SV van lokale en externe uiteinden
 - Tijdsynchronisatie was moeilijk in te stellen, maar werkte uiteindelijk met behulp van IEC 61850-9-3:2016 (utility profiel)
 - Er werd een limiet van 3,5 ms gemeten voor de vertragingstijd van het communicatiekanaal waarbij de toepassing nog steeds goed werkte. Dit wordt bepaald door de buffergrootte van de IED.
 - VLAN-segregatie was mogelijk, maar veroorzaakte bepaalde problemen. GOOSE, SV en beheer waren gescheiden in verschillende VLAN's, PTP- en beheerkanalen VLAN-ondersteuning niet beschikbaar bij alle leveranciers.
- **De technologie voor het gebruik van IEC 61850 GOOSE en SV tussen onderstations wordt als klaar beschouwd.**
- **Volgende stap: verder testen, vooral een praktijktest is gepland voor 2025**
- **De vaardigheden om dergelijke oplossingen te implementeren en te bedienen zijn wezenlijk anders en veel meer IT-gedreven**
- **Geeft mogelijkheden voor gecentraliseerde beveiligingssystemen**



Is er op de Nederlandse markt behoefte aan dit soort multi-vendor oplossing?



**Zou dit de eerste stap zijn naar gecentraliseerde
beveiligingstoepassing?**



Is er behoefte aan quantum encryption zoals in dit project toegepast ?



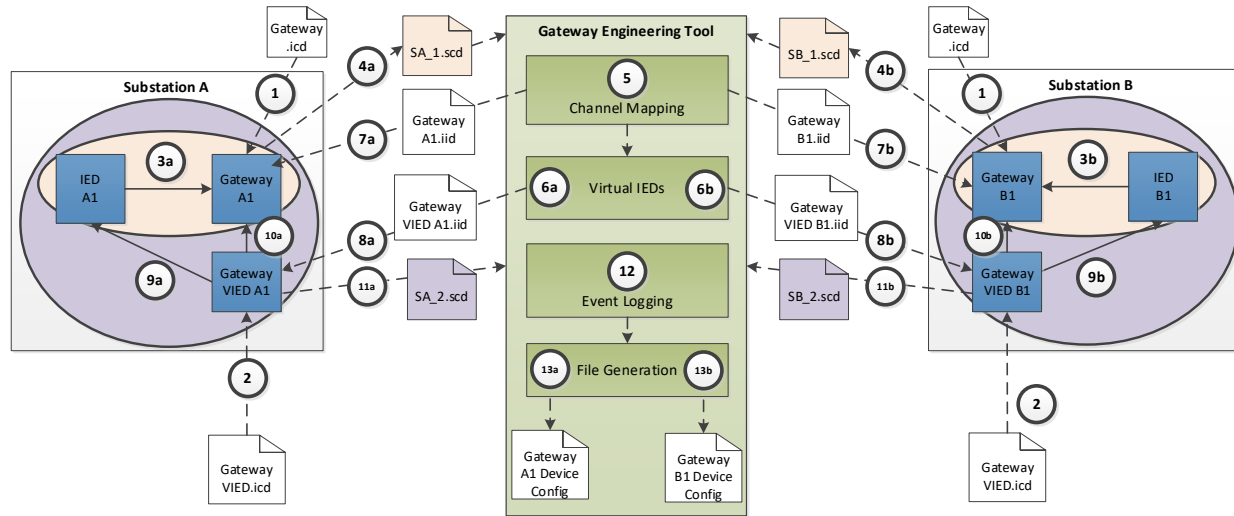
Maken jullie al gebruik van IEC61850 tussen de stations?



Hebben jullie enig idee wat de besproken opstelling qua configuratie betekent?

En dat hier de bestanden die gedeeld kunnen worden met de IEC61850 standaard een must is?

Engineeringproces van op IEC 61850 gebaseerde lijnbeveiliging



1. Importeren van IED-vermogensbeschrijving van gateway (.ICD) van TEGO1
2. Importeren van de beschrijving van de mogelijkheden van de virtuele gateway-IED (.ICD)
3. Lokale SCD-configuratie inclusief gateway IED (TEGO1)
4. Importeren van SCD-bestanden in TEGO1 engineering tool (TET)
5. In kaart brengen van kanalen (verbinden van berichten tussen onderstations)
6. Aanmaken van virtuele IED geïnstantieerde IED-beschrijving (.IID)
7. Importeren van Gateway IID-bestand in lokale onderstationconfiguratie
8. Importeren van virtueel Gateway IID-bestand in lokale onderstationconfiguratie
9. IED-configuratie bijwerken
10. Gateway-configuratie bijwerken
11. Laden van SCD-bestanden in TET
12. Definitie van eventloggingparameters
13. Aanmaken van gatewayconfiguratie

Slotopmerkingen



- Succesvolle overdracht van stroom- en spanningen van het ene onderstation naar het andere met gebruik van sampled values
- Succesvolle tests uitgevoerd voor verschillende communicatiekanaalopstellingen, tot 250 km optische vezels en 33 doorvoerknooppunten (resultierend in een latentie van 3,5 ms)
- Succesvolle implementatie van scheiding binnen een IEC 61850 substation. GOOSE-, SV- en monitoring zijn gescheiden in verschillende VLAN's, afhankelijk van de ondersteuning door leveranciers en behoeft speciale aandacht en verbeteringen aan de kant van de IED.
- De belofte van de IEC 61850-standaard van multi-vendor setups voor beveiligingsfuncties kon worden bevestigd, zelfs voor differentiaten. De opzet wordt beschouwd als klaar om te worden uitgerold
- Tijdsafstemming is essentieel, hetzij lokale GNSS-master of netwerkklokconcept. Interoperabiliteit van PTP vereist speciale aandacht en verbeteringen aan IED- en schakelzijde. Alle apparaten moeten klaar zijn voor PTP
- Op standaarden gebaseerde communicatiekanalen tussen lijnuiteinden bieden meerdere voordelen
 - Het verwijderen van leverancier gepatenteerde gegevensuitwisseling zorgt voor mogelijke multi-vendor diff. toepassingen.
 - Biedt aanzienlijk verbeterde flexibiliteit binnen onderstations maar ook tussen onderstations onderling
 - Is de basis voor elke toekomstige stap zoals gecentraliseerde beveiligingstoepassing
 - Gebruik van verschillende leveranciers aan de lijnuiteinden verwijdert het risico van een common mode storing met minder apparaten
- De technologie die in deze testopstelling is gebruikt, wordt als volwassen beschouwd en is klaar om te worden uitgerold. Volledig digitale onderstations zijn mogelijk, evenals uitbreiding van GOOSE en SV over de grenzen van onderstations heen.

→ De basis hiervoor is de geïmplementeerde gatewayfunctionaliteit van TEGO1 in het FOX615-platform.

**BEDANKT
VOOR UW
AANDACHT**



