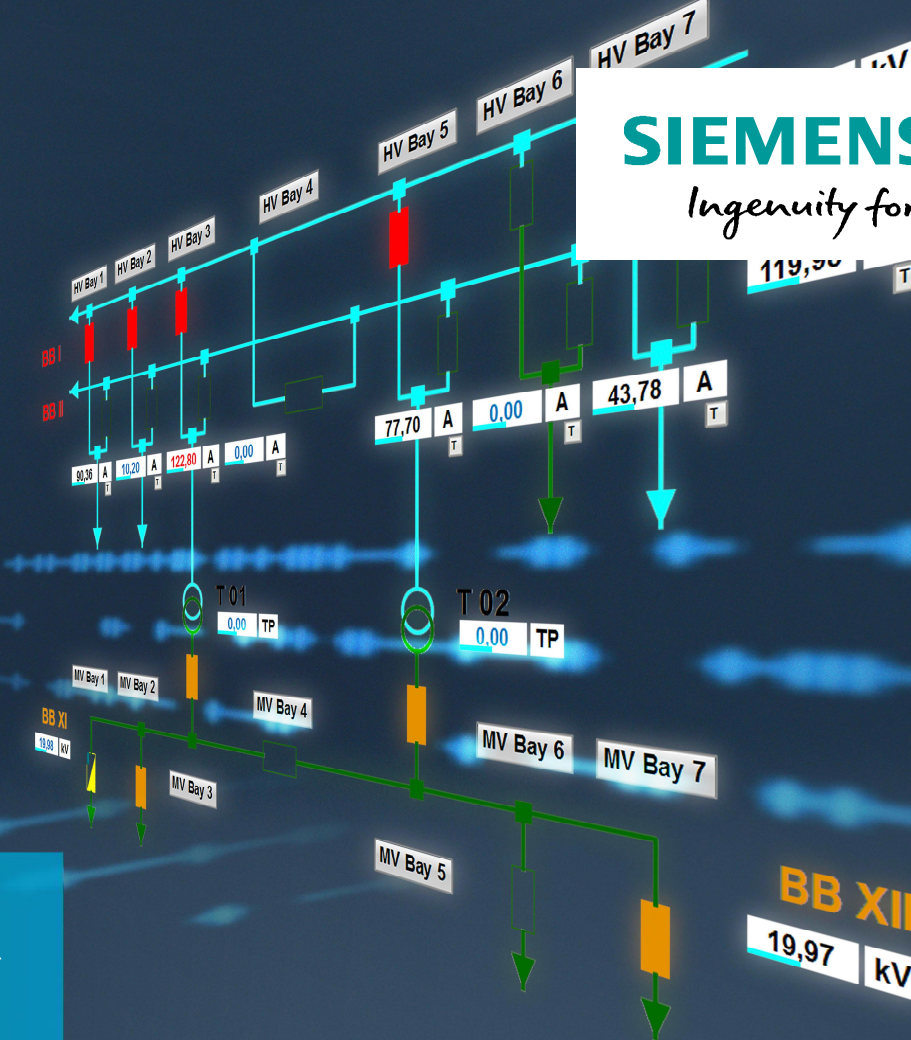


SIEMENS
Ingenuity for life



Netværksarkitektur RSTP, HSR & PRP

Substation Automation & Protection brugermøde 2020

Unrestricted © Siemens 2020

[siemens.com/digital-grid](https://www.siemens.com/digital-grid)

Indholdsfortegnelse



- **Redundans protokoller (RSTP, HSR og PRP)**
- Hvornår skal man vælge det ene frem for det andet?
- Kobling mellem redundante netværk

1. Redundans protokoller med recovery time

- **Dual Homing Link Redundancy**

To aktive links, den ene sender, link der sender skifter hvis det aktive link mistes

- **RSTP Rapid Spanning Tree Protocol**

Redundans iht. IEEE 802.1D-2004

2. Seamless Redundancy protokoller (“bumpless”)

- **Parallel Redundancy Protocol (PRP)** IEC 62439-3.4

To aktive links, begge sender, parallel konfiguration

- **High availability Seamless Redundancy (HSR)** IEC 62439-3.5

To aktive links, begge sender, ring konfiguration

RSTP (Rapid Spanning Tree) – den mest anvendte redundans protokol i netværk på TRF. stationer

- **Eliminerer loops** introduceret af den fysiske netværks topologi. Loops resulterer i broadcast storms på netværket
- Finder automatisk **den bedst egnede** netværkstopologi i hele det fysiske LAN
- **Re-konfigurations tid:** i optimerede netværk 5ms pr. hop
- Topology/netværk størrelse begrænset til maksimum 40 hops
- Worst case for **link fejl** 200ms ($40 * 5\text{ms}$ for eRSTP)
- Root bridge fejl - **worst case kan være op til sekunder**
- Recovery time kan være deterministisk for **Ring Topologier**, men ikke deterministisk for maske topologier

RSTP netværk re-konfigurer automatisk ved en fejl, men der er et vist tidsrum hvor der ikke er nogen kommunikation på netværket under re-konfigurering

Netværks redundans brugt i Transformer-stationer



Netværks Redundans med recovery time

- **RSTP** *Rapid Spanning Tree Protocol*

Iht. til IEEE 802.1D-2004

- **RSTP** *Redundancy*

I tilfælde af fejl re-konfigurationstid ~ ms

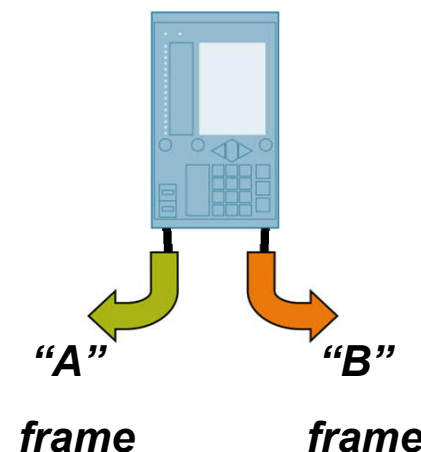
I henhold til
IEC 61850 Standarden
Anbefalet til Stations Bus
(men ikke egnet til
Proces bus)



Netværks Redundans uden recovery time

- **PRP** – **Parallel Redundancy Protocol** IEC 62439-3.4
To aktive links, begge sender, parallel konfiguration
- **HSR** – **High Availability Seamless Redundancy** IEC 62439-3.5
To aktive links, begge sender, ring konfiguration

Field proven with
RUGGEDCOM and
SIPROTEC



Seamless Network Redundancy IEC62439 HSR and PRP

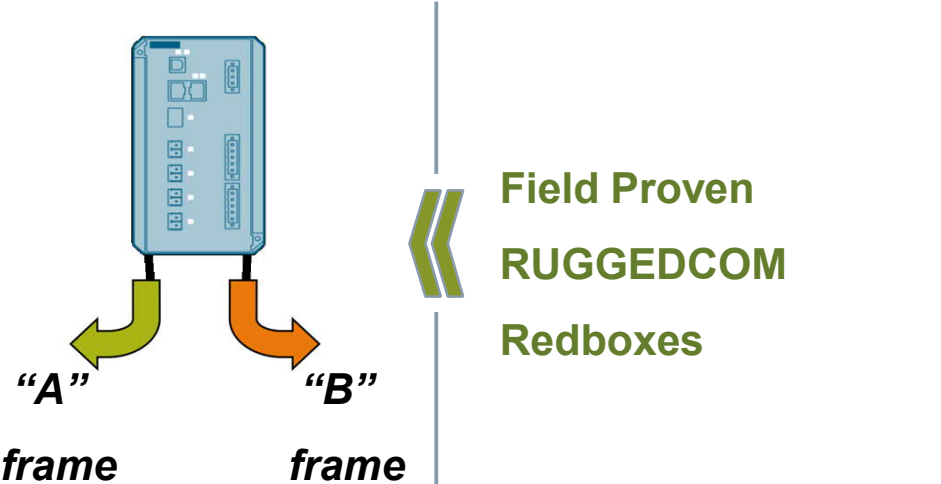
Table 7 – Requirements on recovery time (examples)

Communicating partners	Application recovery delay	Recovery delay of communication
SCADA to IED, client-server	800 ms	400 ms
IED to IED interlocking	12 ms	4 ms
IED to IED, reverse blocking		
Protection trip excluding Bus Bar protection	8 ms	4 ms
Bus Bar protection	< 1 ms	bumpless
Sampled values	Less than some few consecutive samples	bumpless
NOTE The absolute recovery time is not so important, if a recovery is needed seldom enough, i.e. if even with long recovery times the specified response time is met within the specified dependability class.		

IEC 61850-5:Ed. 2.0 (Communication networks and systems for power utility automation Part 5: Communication requirements for functions and device models

IEC 62439 Redundancy = Seamless (bumpless)

- PRP** – *Parallel Redundancy Protocol* IEC 62439-3.4
- HSR** – *High Availability Seamless Redundancy* IEC 62439-3.5



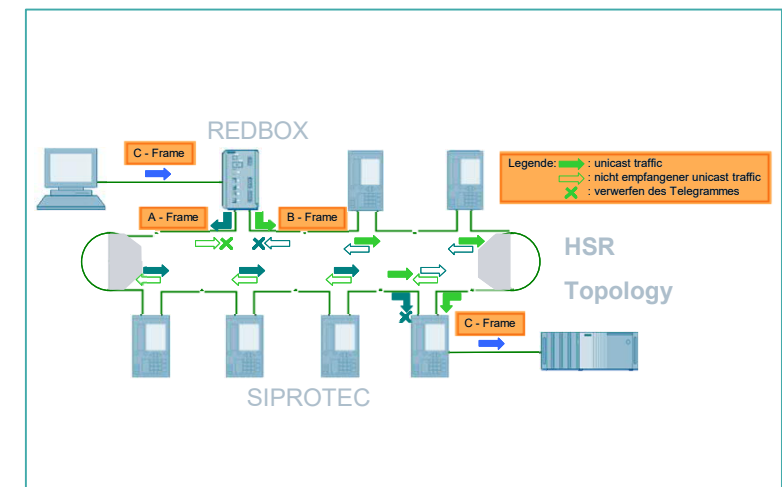
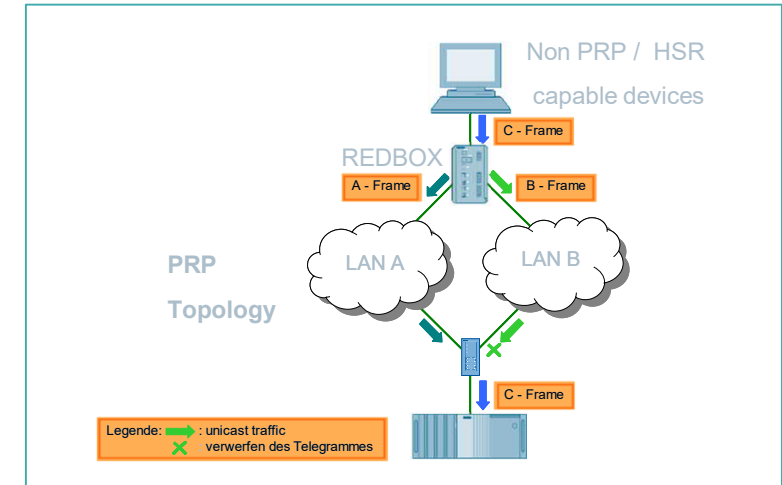
Seamless Network Redundancy IEC62439 HSR and PRP

Princip: IEC 62439-3 beskriver dubleret overførsel af frames i to forskellige retninger

- Ved afsenderen dublerer en Redbox (Redundancy Box) telegrammerne og afsender to frames på netværket.
- Ved modtageren genererer en the Redbox input telegrammet fra det først ankomne frame og videresender denne til en ikke IEC 62439 kiompatibel modtager.
- Den dublerede frame som ankommer senere vil blive fjernet fra LAN'et af Redbox'en
- Hvis der er en fejl i netværket (f.eks. Kabel fejl) garanteres fremsendelsen af en frame uden forsinkelse Fordi der ikke er nogen **re-konfiguration af netværket**

IEC62439-3 definerer to forskellige protokol-typer og to forskellige netværks topologier

- **PRP (Parallel Redundancy Protocol)** Parallel data overførsel i **to parallelle, separate netværks segmenter (LAN A, LAN B)**
- **HSR (High Availability Seamless Redundancy Protocol)** Parallel data overførsel i **et ring netværk**
- Ikke PRP / HSR kompatible enheder er tilsluttet via Redbox Switche i et PRP eller HSR baseret netværk.



Nødvendigheden af netværk med High Availability

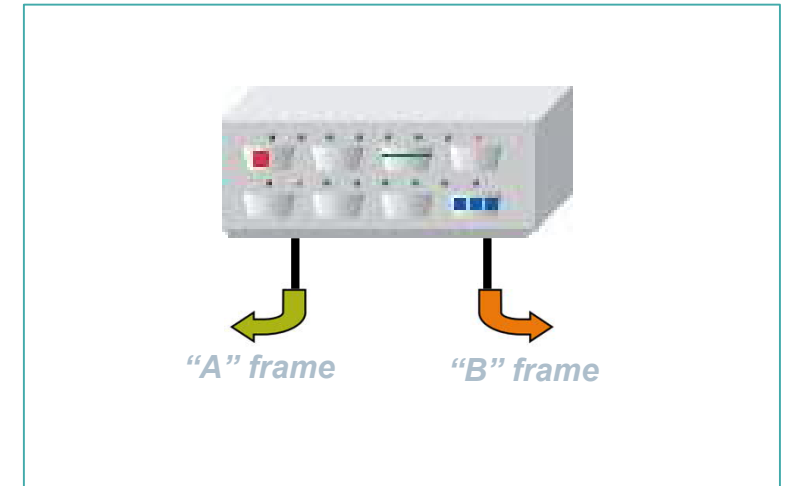


De **Mest kritiske applikationer** kræver:

- Zero-time udbedring af netværket ved fejl
- Deterministisk opførsel af netværket

Bumpless Redundancy Protocols er karakteriseret ved:

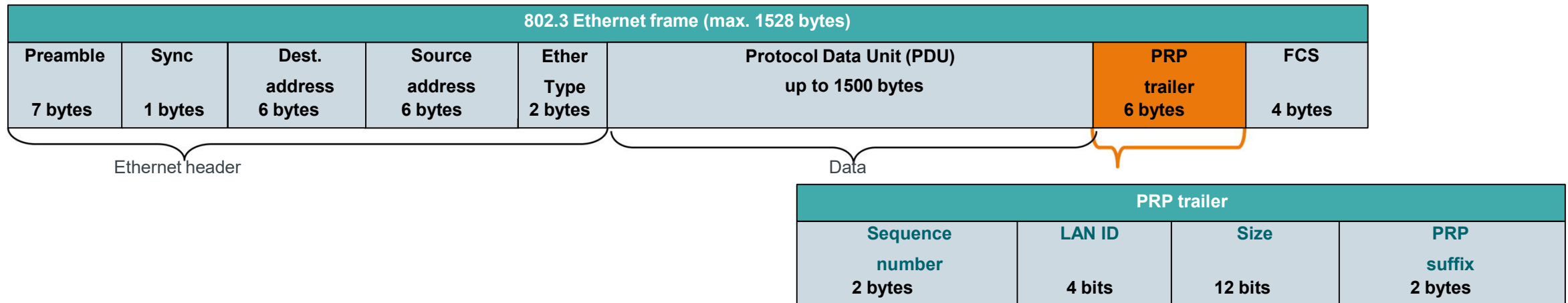
- Netværks-noder har to fysiske interfaces, port A and port B
 - Afsender-noden sender altid en frame i begge retninger ("Dublerede")
 - Hver node har den samme MAC og IP adresse på begge porte
 - Modtager-noden benytter den frame der ankommer først og kasserer dublerede frames
 - Redundans protokollen håndterer dublerede frames
- Transparent for applikationen, enheds-applikationen er ikke bekendt med den underliggende redundans



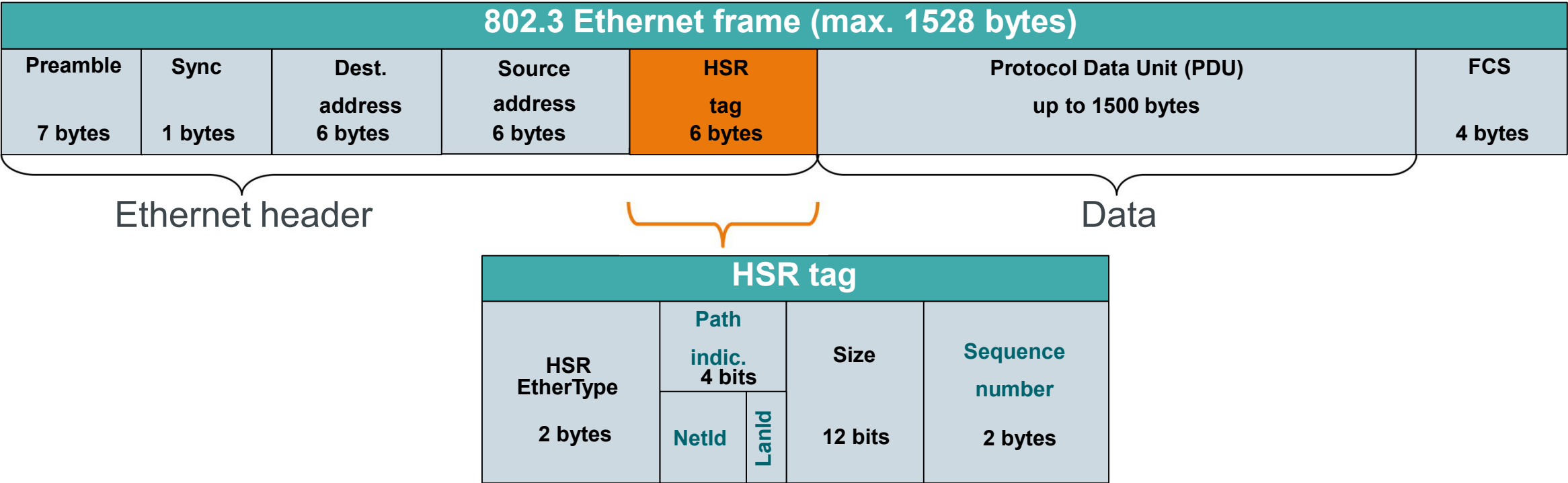
Parallel Redundancy Protocol (PRP)

- Zero-loss fremsendelse af frames (“bumpless”) selv ved single point of failure i netværket
- PRP benytter to uafhængige Ethernet LANs
- PRP enheder har to fysiske LAN interfaces – Ét i hvert LAN
- Dublerede pakker er elimineret før modtagelse i applikationen
- PRP Ethernet frames har **extended frame size** i PRP LAN'et (PRP trailer)

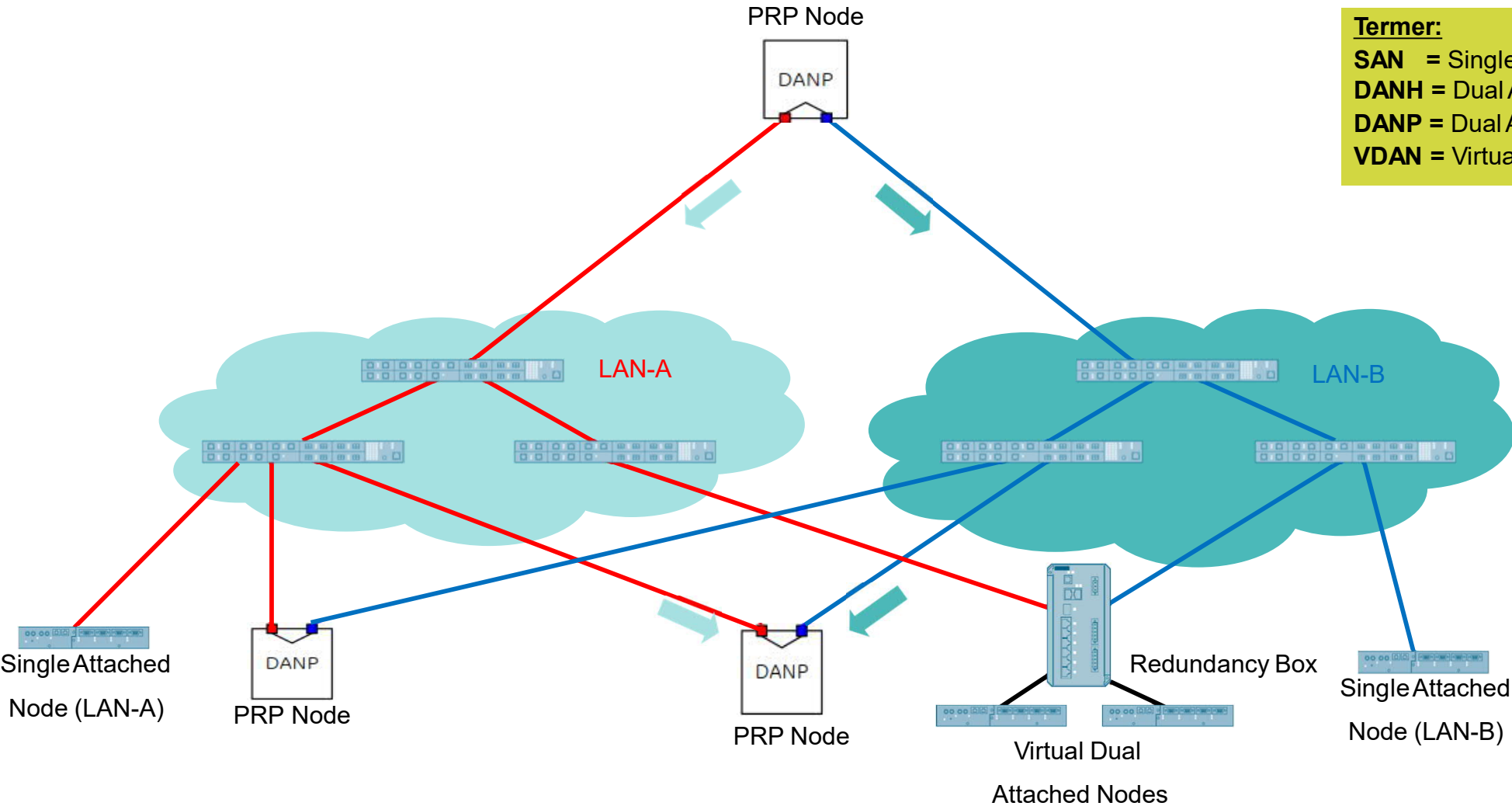
Husk: Tjek om dine LAN A og LAN B switche supporterer **extended frame size**!



High Availability Seamless Redundancy (HSR)

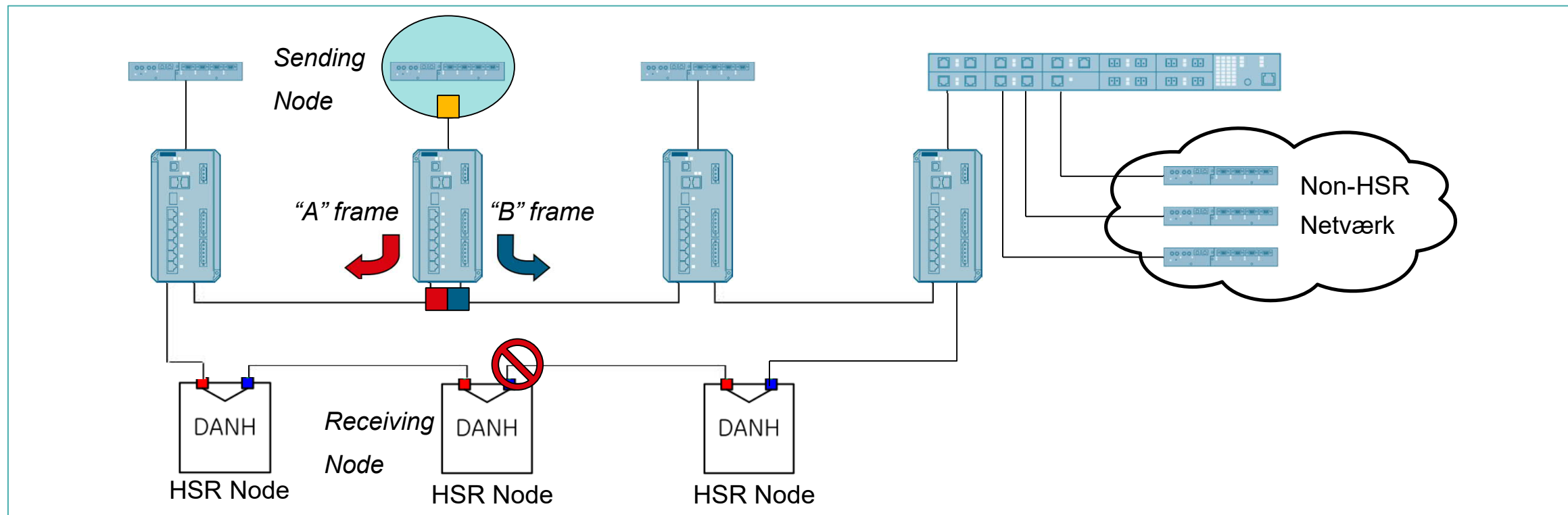


PRP Netværks Diagram



Termer:
SAN = Single Attached Node
DANH = Dual Attached Node HSR
DANP = Dual Attached Node PRP
VDAN = Virtual Dual Attached Node

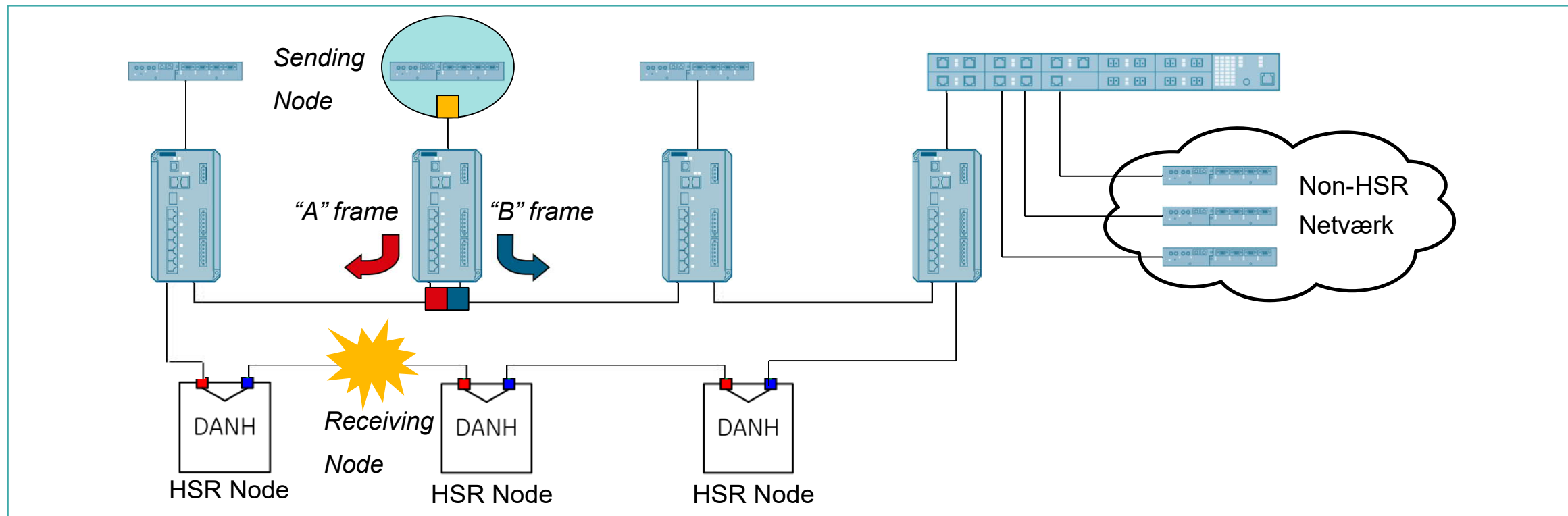
Hvordan HSR virker i fejlfrit netværk



Dublerede frames sendes i modsatte retninger

- Frames sendes gennem HSR netværket med minimal forsinkelse
- Første frame er fremsendt til applikationen, det andet frame bliver fjernet fra netværket af receiving node

Hvordan HSR virker i fejlfamrt netværk



I tilfælde af linkfejl sendes framen stadig gennem netværket til receiving node via den modsatte retning

- Ingen pakke tab og ingen tidsforsinkelse i tilfælde af netværksfejl

Fordele og ulemper ved PRP



- De to PRP netværk (PRP A og PRP B) er to standard Ethernet netværk.
- Alle normale netværks koncepter er gældende, og alle normale netværk tools kan benyttes
- Alle netværks topologier kan benyttes i PRP A og PRP B: Stjerne netværk, ring netværk (RSTP) etc.
Og disse netværk kan opbygges af standard LAN switches.
- Traditionelle enheder kan stadig forbindes til PRP A / PRP B individuelt.
- Vigtigt for GOOSE beskeder og sampled Measured Values: Det er stadig muligt at styre/begrænse trafikken via VLANs, message priority, og MAC address filtrering.
- PRP supporterer principielt n+1 uforudsete fejl
- PRP A og PRP B skal være helt adskilt og uafhængige. De må ikke forbindes eller bro-kobles på nogen måde.

NB: I et netværk med blandet trafik kan ikke-PRP trafik bro-kobles imellem de to PRP A og PRP B netværk ved Ved at benytte specifikke VLAN og filtrering til denne trafik, således at PRP trafikken ikke er en del af denne bro-kobling.

Fordele og ulemper ved HSR



- HSR supporterer både VLANs og message priority.
- Selvom en HSR node supporterer VLAN trafik, så er dette ikke praktisk muligt i en HSR ring.

NB: Hver unicast frame sendes i begge retninger i ringen. Begge unicast frames skal hele ringen rundt for at nå destinations enheden. Hver multicast frame (GOOSE) sendes i begge retninger i ringen. Begge multicast frames skal hele ringen rundt for at nå alle destinations enheder.

- VLAN i HSR ringe skal indeholde alle noder i ringen = i individuelle HSR ringe er VLAN separering ikke praktisk muligt.
- Uden VLAN separering kan bandwidth blive et problem
- Da HSR er baseret på en ringstruktur, kan n+1 uforudsete fejl ikke garanteres.

Indholdsfortegnelse



- Redundans protokoller (RSTP, HSR og PRP)
- **Hvornår skal man vælge det ene frem for det andet?**
- Kobling mellem redundante netværk

Hvornår skal man vælge det ene frem for det andet?

Med recovery time (RSTP)	Vs.	Uden recovery time (HSR/PRP)
Er et bumpless netværk virkelig nødvendig for applikationen?		
<ul style="list-style-type: none">• Ren traditionel SCADA applikation (400ms)		<ul style="list-style-type: none">• Traditionel SCADA + automation (interlocking eller automatiske omkoblinger)• Traditionel SCADA + GOOSE til interlocking eller trip (4ms)• Samleskinne beskyttelse (0ms)• Sampled Measured Values (0ms)

HSR	Vs.	PRP
Generelt er størrelse og kompleksitet et udslagsgivende kriterie		
<ul style="list-style-type: none">• Mindre, simple, "low cost" distributions transformerstationer.• Lav CAPEX og netværkets enkelthed er fordelene.• Dog kun en fordel hvis O&M krav til test ikke medfører stor OPEX		<ul style="list-style-type: none">• Transmission og komplekse distributions transformer stationer• Performance, fleksibilitet og lavere OPEX er fordelene.
Lav altid en total cost of ownership analyse inklusiv CAPEX og OPEX		

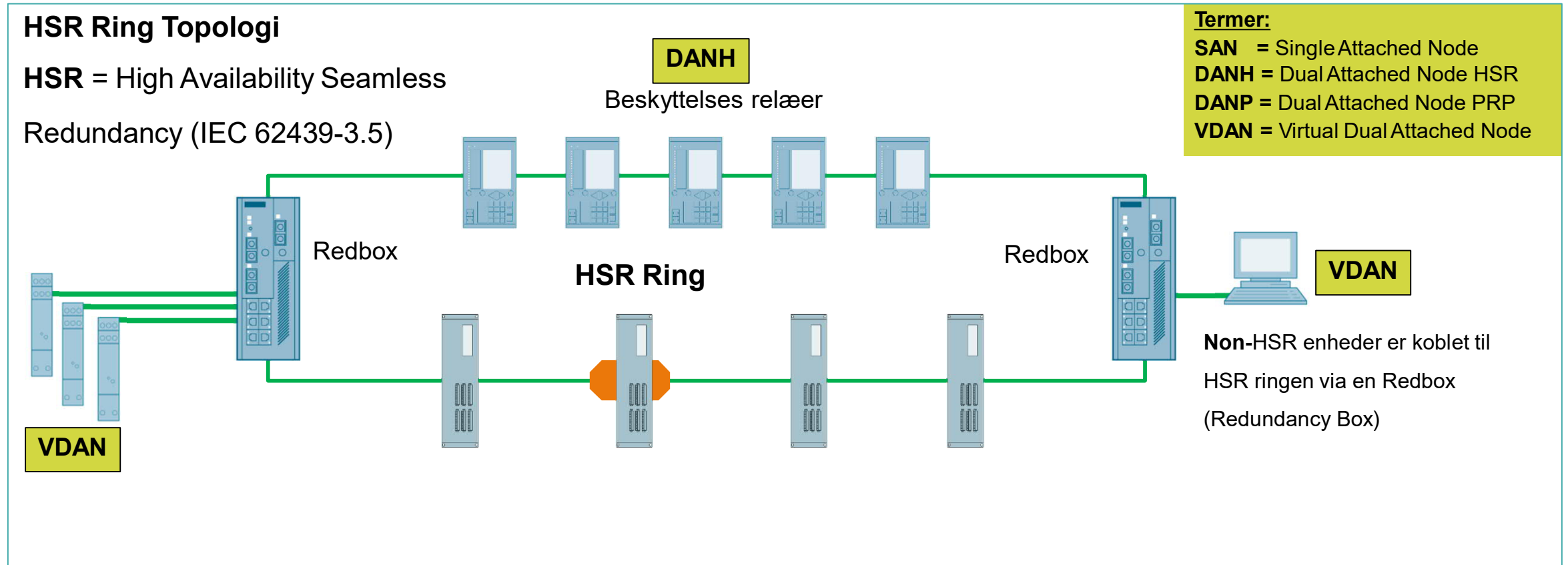
I sidste ende vil netværket blive en blanding af HSR og PRP (og måske RSTP)!

Indholdsfortegnelse



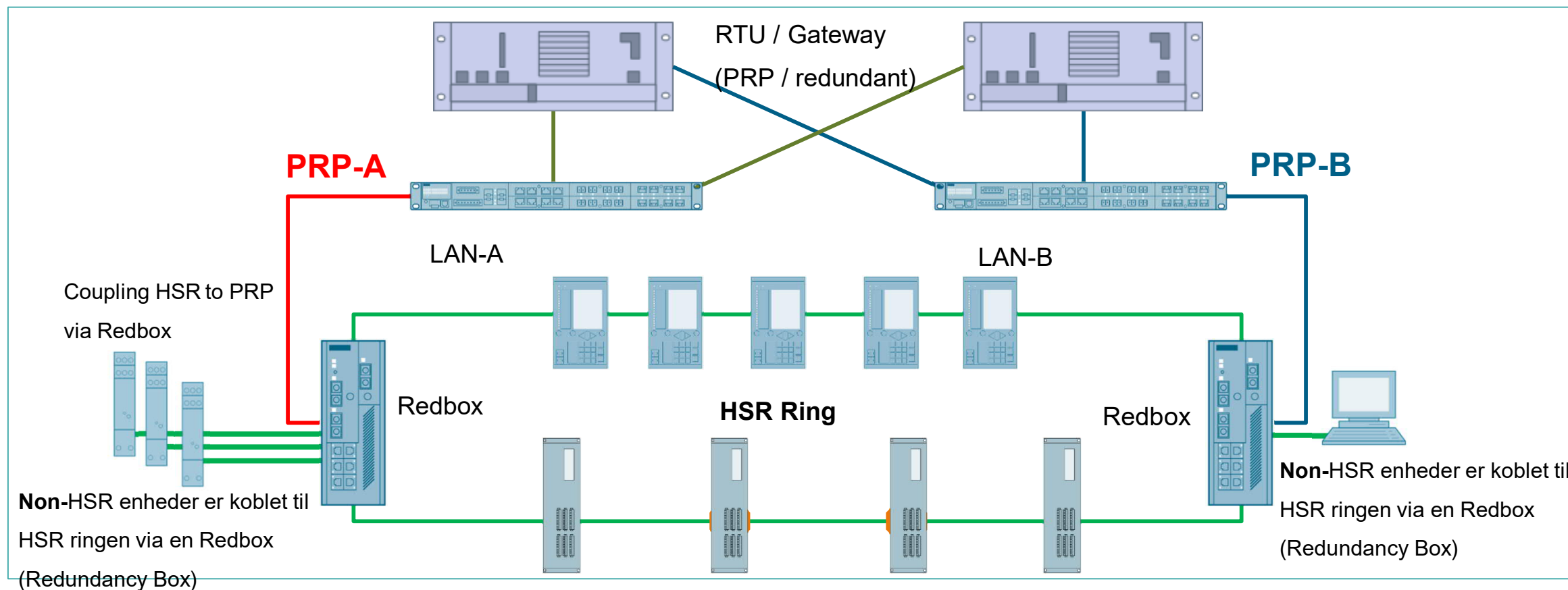
- Redundans protokoller (RSTP, HSR og PRP)
- Hvornår skal man vælge det ene frem for det andet?
- **Kobling mellem redundante netværk**

Usecase: Netværks redundans med HSR



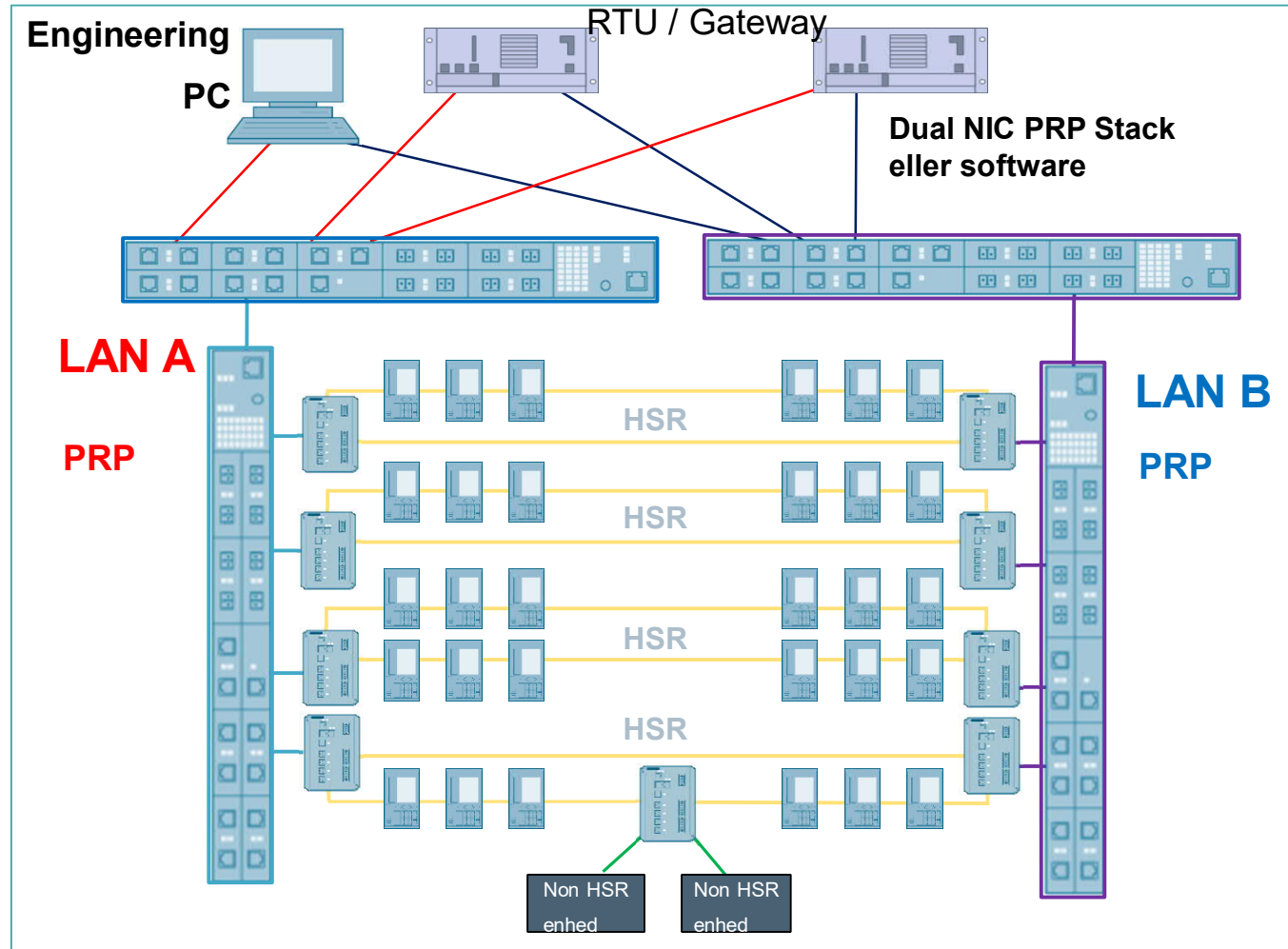
HSR Netværk uden Recovery Time

Usecase: Netværks redundans med PRP / HSR kobling

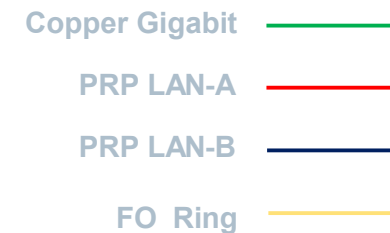


HSR og PRP Netværk uden Recovery Time

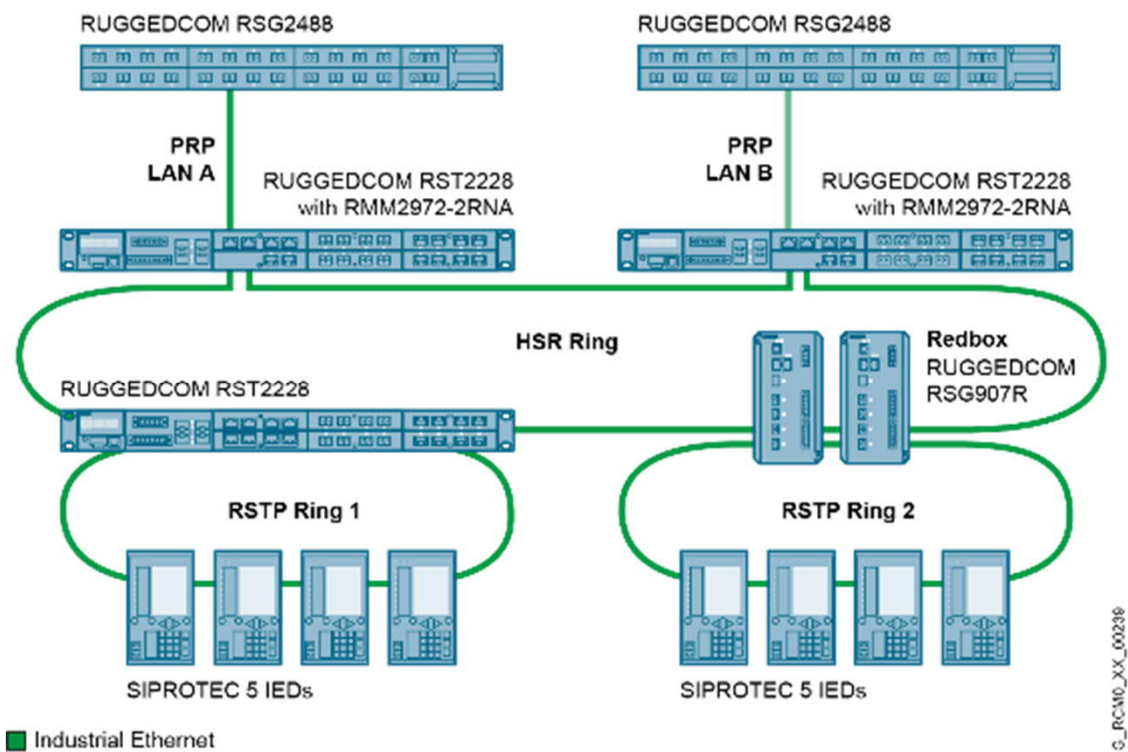
Usecase: Netværks redundans med PRP / HSR kobling



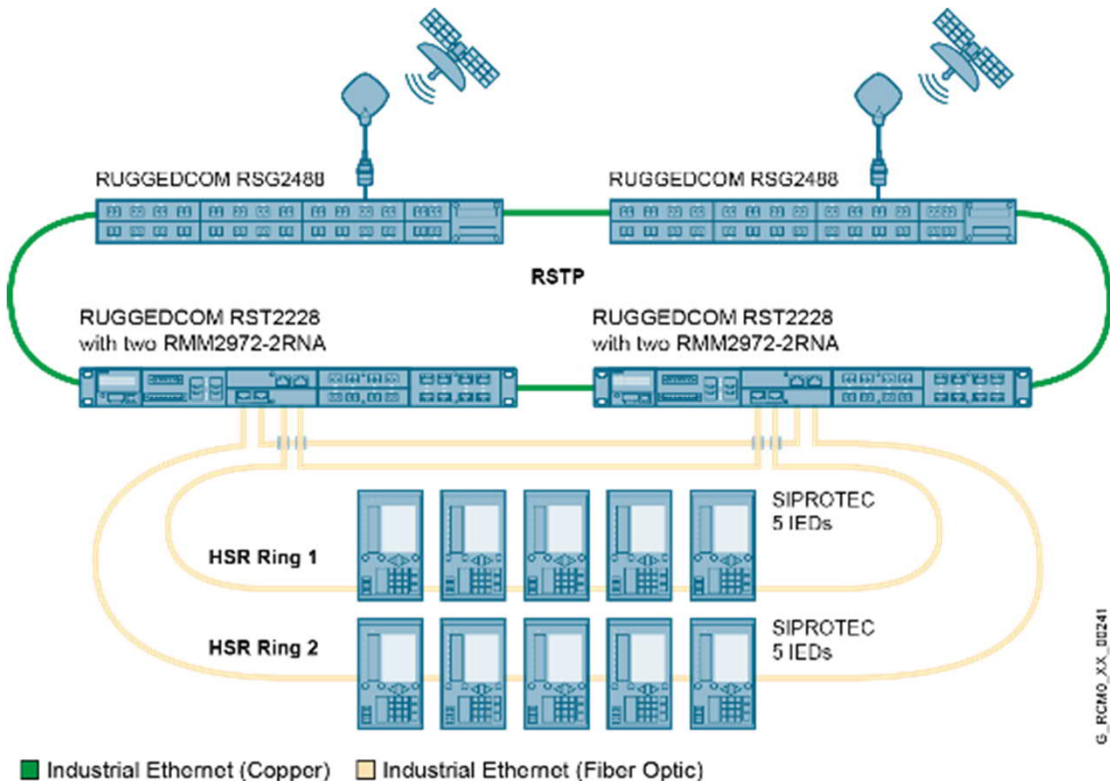
- Redundant RTU / Gateway
- 2 main switche
- 2 felt switche
- 2 Redboxes pr HSR ring
- Kan forbinde non HSR enheder
- Let udvidelse af PRP netværk



Usecase: Netværks redundans via PRP / HSR / RSTP koblinger



Use case: Migration to seamless PRP – HSR – RSTP coupling



Use case: Aggregation of HSR – HSR rings in a digital substation

Kontaktoplysninger

SIEMENS
Ingenuity for life



Anders Bjerre-Madsen

Teknisk salgsspecialist

Mobile: +45 23 43 92 55

E-mail: anders.b.madsen@siemens.com

[siemens.com/digital-grid](https://www.siemens.com/digital-grid)

Substation Automation & Protection brugermøde 2020