

EUROPROT +

**IEC 62439-3 PRP & HSR
szabvány megvalósítása
EP+ rendszerben**



Dokumentumazonosító: PP-13-21603

Budapest, 2017. október

Leírás verziókövetés

Verzió	Dátum	Módosítás	Összeállította
1.0	2017-10-06		Budenzski Péter

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	4
2	EP+ redundancia beállítások	5
3	Protecta PRP/HSR megvalósítás ⁽²⁾	7
3.1	PRP/HSR interfész	8
3.2	Optikai Ethernet jellemzői.....	9
3.2.1	MM/LC csatlakozó	9
4	PRP és HSR protokollok bemutatása ⁽¹⁾	10
4.1	A PRP/HSR témakör gyakran használt kifejezései	10
4.2	Parallel Redundancy Protocol (PRP)	12
4.2.1	PRP LAN-ok busz vagy sín topológiával.....	13
4.2.2	PRP LAN-ok gyűrű topológiával	13
4.2.3	SAN-ok csatlakoztatása PRP hálózatra	14
4.2.4	Hálózati címezés	15
4.2.5	A duplikálások kezelése	15
4.2.6	Hálózat felügyelet	16
4.2.7	A PRP_Supervision keret.....	17
4.3	High-availability Seamless Redundancy (HSR)	18
4.3.1	Alapvető működés egy hurok esetén	18
4.3.2	DANH felépítése.....	19
4.3.3	HSR használata különálló LAN-ok esetén	21
4.3.4	Hurok egyenrangú összekapcsolása.....	22
4.3.5	Hierarchikus gyűrűs topológia	23
5	Irodalomjegyzék	24

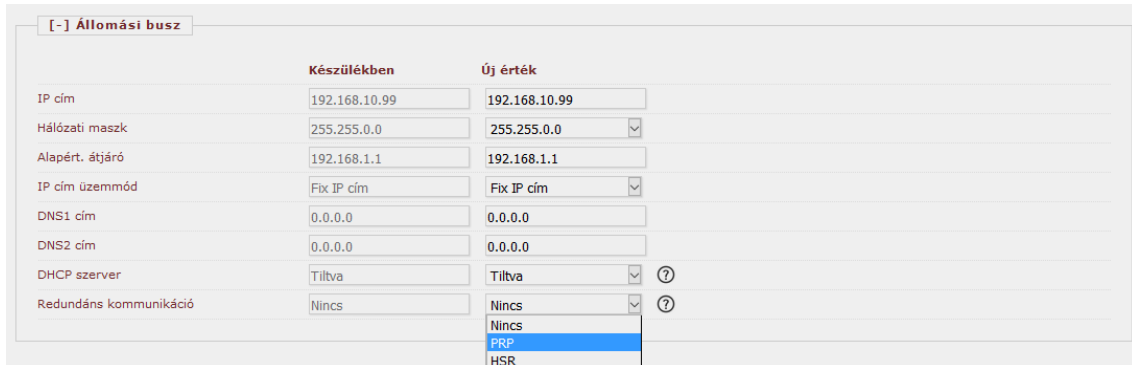
1 Bevezetés

A Protecta Kft. PRP/HSR redundancia megoldása az EP+ CPU modulhoz egy kiegészítő modul hozzáadásával valósítottuk meg. A hozzáadott modulnak köszönhetően az IEC62439-3 (Ed. 2 .0) szabvány követelményeinek megfelel az EP+ készülék, és ezáltal az állomási hálózat nulla idejű, hibamentes áttérése üzemzavar esetén megoldott.

Ennek a megoldásnak ez előnye, hogy az EP+ software és hardware rendszer jelentős módosítása nélkül lehetett ezen funkciót integrálni a meglévő rendszerbe. Az Ethernet kommunikációt megvalósító protokollok a CDSP és a PRP/HSR modul között változtatás nélkül működnek, a PRP/HSR specifikus protokoll információkat a kiegészítő modul dolgozza fel, és biztosítja az információátadást a meglévő CPU modul számára.

2 EP+ redundancia beállítások

A készülék alapesetben a redundáns mód kiválasztása nélkül xSTP támogatott üzemmódban indul el. A készülék weblapján keresztül elérhető „rendszer beállítások” menüben választható ki a PRP/HSR működési mód, amennyiben az alkalmazott hardver is lehetővé teszi. A PRP/HSR kiválasztásnál a CPU+ modul automatikusan átvált a kiválasztott működési módra.



	Készülékben	Új érték
IP cím	192.168.10.99	192.168.10.99
Hálózati maszk	255.255.0.0	255.255.0.0
Alapért. átjáró	192.168.1.1	192.168.1.1
IP cím üzemmód	Fix IP cím	Fix IP cím
DNS1 cím	0.0.0.0	0.0.0.0
DNS2 cím	0.0.0.0	0.0.0.0
DHCP szerver	Tiltva	Tiltva
Redundáns kommunikáció	Nincs	Nincs PRP HSR

2-1. ábra - PRP/HSR üzemmód kiválasztása

Az alkalmazott CPU+/Axx1 modul LAN_A és LAN_B csatlakozóján lévő kommunikációs interfész állapotokat a készülék weblapján keresztül elérhető „haladó” :: ” állapot/napló” menüben követhetjük nyomon.



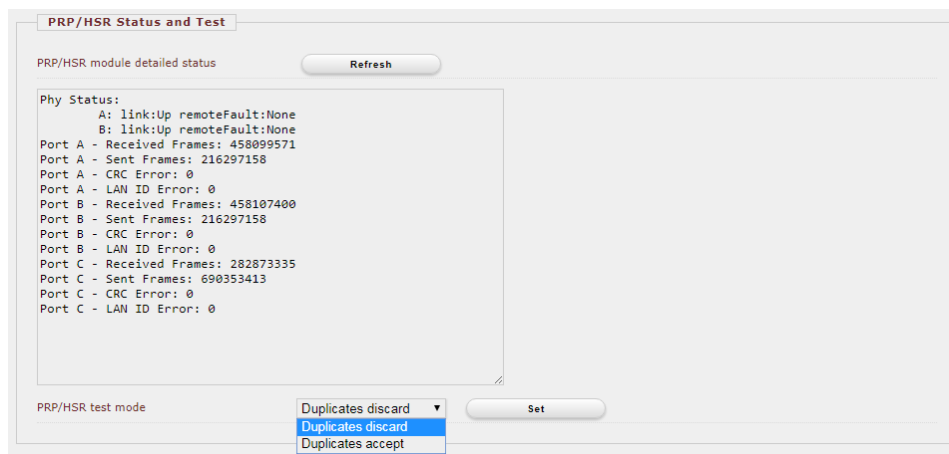
Ethernet links	
PRP/HSR port A	Up
PRP/HSR port B	Up
EOB/RJ-45 port on front panel	Down
Process bus fiber optic port (optional)	Down

2-2. ábra – CPU modul kommunikációs interfész állapotai

Az IEC62439 szabvány PRP/HSR diagnosztikai üzemmódokat és status állapotokat definiálnak, melyek a következő jelentéssel bírnak:

Duplicates discard: a PRP/HSR modul a CPU állomási busz csatlójára érkező Ethernet keretek duplázódását automatikusan szűri, ami által a CDSP csak ez elsőnek érkezett keretet kapja meg.

Duplicates accept: a PRP/HSR modul a dupla kereteket nem szűri ki, ezért a CDSP duplán kap meg minden keretet a hálózathoz. Ez felesleges terhelést okoz a CDSP-nek, ezért csak hibakeresés esetén javasolt a használata. Üzemszerűen ez az üzemmód nem használható.



2-3. PRP/HSR diagnosztikai üzemmódok és status állapotok

Ethernet interfész és redundancia állapotinformációk:

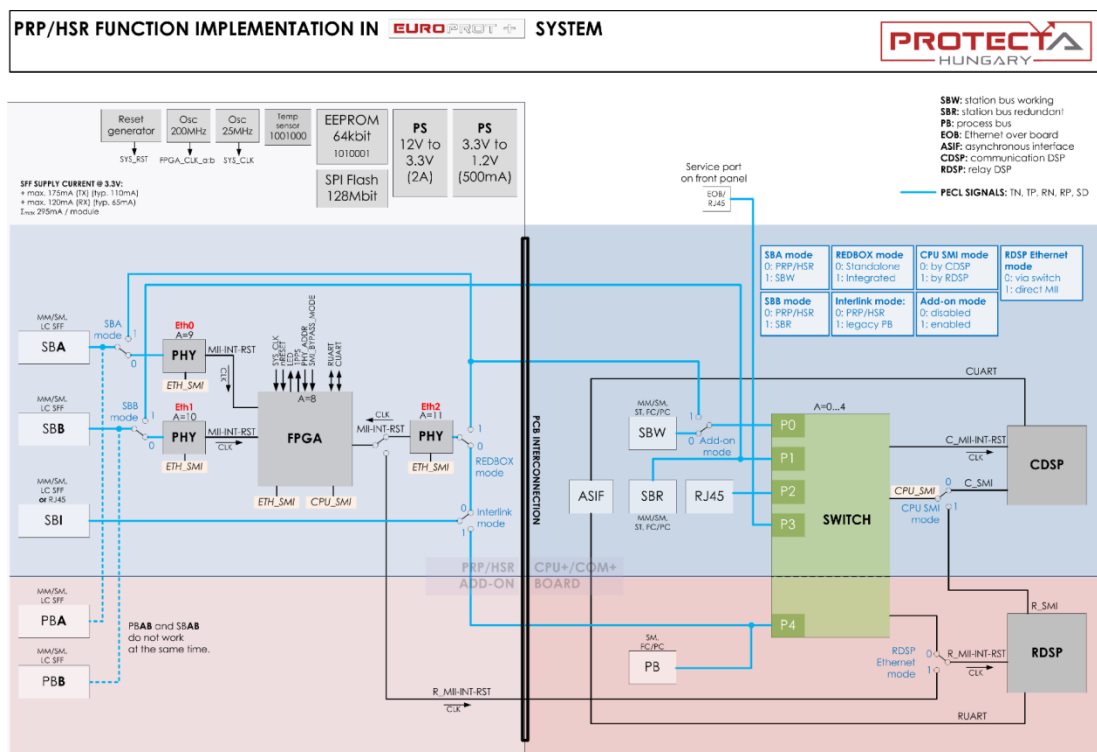
- **A-B: link:Up/Down:** optikai Ethernet interfész csatlakoztatva
- **remoteFault:None/On:** az ellenoldali készülék vételi hibát jelezheti
- **Port X - Received Frames:** Port A (LAN_A) / Port B (LAN_B) csatolóról érkezett hibátlan Ethernet keretek száma. Port C: belső kommunikációs csatorna a PRP/HSR modul és a CDSP között
- **Port X - Sent Frames:** Port A (LAN_A) / Port B (LAN_B) csatolóból kiküldött hibátlan Ethernet keretek száma. Port C: belső kommunikációs csatorna a PRP/HSR modul és a CDSP között
- **Port X - CRC Error:** 0: vételi bithibák száma
- **Port X - LAN ID Error:** 0: LAN_A és LAN_B felcserélése esetén a vett keretek száma.

3 Protecta PRP/HSR megvalósítás (2)

A Protecta által kifejlesztett PRP/HSR bővítő áramkör a CPU kártyával kiegészülve, vagy akár önálló kártyaként több funkcióban is működtethető, ahogy az a 3-1. ábra - PRP/HSR implementálás blokkvázlata az EuroProt+ rendszerben - látható.

Az SBA és SBB Ethernet portok a nyomtatott áramkör beültetésétől függően a fizikai illesztőkön keresztül csatlakozhatnak az FPGA-hoz, hogy a PRP vagy HSR redundáns Ethernet megoldások egyikét valósítsák meg. Illetve csatlakozhatnak a CPU kártyán található switch IC nullás (SBW) és egyes (SBR) portjaihoz. Ez utóbbi esetben az SBA és SBB portokon keresztül hagyományos CPU-ként is üzemeltethető az áramkör.

A PRP/HSR bővítő kártya önmagában, CPU kártya nélkül is képes bizonyos szintű működésre. Természetesen ebben az esetben külön kell gondoskodni az áramkör tápellátásáról. A CPU kártya hiányában az FPGA önmagában a szabványt bemutató fejezetben látott RedBox funkcióját képes ellátni.



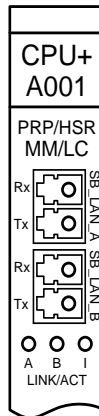
3-1. ábra - PRP/HSR implementálás blokkvázlata az EuroProt+ rendszerben

3.1 PRP/HSR interfész

A Protecta által megvalósított redundáns Ethernet alapú kommunikációt biztosító PRP/HSR interfész támogatja az IEC 62439-3 szabványban definiált zéró átkapcsolási idejű, adatvesztés nélküli áttérést biztosító kommunikációs protollokat:

- PRP: Parallel Redundancy Protocol - IEC 62439-3 Clause 4
- HSR: High-availability Seamless Redundancy - IEC 62439-3 Clause 5

Az alkalmazott interfész két darab MM/LC típusú csatlakozót tartalmaz, mely biztosítja a redundáns kommunikációs összeköttetést az ipari Ethernet hálózatokhoz.



3-2. ábra - PRP/HSR csatlakozó egy CPU+/A001 modulon



3-3. ábra - CPU+/A001 modul PRP/HSR támogatással

3.2 Optikai Ethernet jellemzői

3.2.1 MM/LC csatlakozó

2 km-es távolságig.

Adó

Paraméter	Jelölés	Min.	Tip.	Max.	Mértéke.
Kimenő optikai teljesítmény 62.5/125 μm , NA = 0.275 fiber	P_o	BOL*: -19 EOL*: -20	-15.7	-14	dBm avg.
Kimenő optikai teljesítmény 50/125 μm , NA = 0.20 fiber	P_o	BOL*: -22.5 EOL*: -23.5	-	-14	dBm avg.
Vezérlés nélküli kimeneti teljesítmény aránya	ER	-	0.002 -47	0.2 -27	% dB
Központi hullámhossz	λ_c	1270	1308	1380	nm

* BOL: Beginning of life (Élettartam kezdetekor), EOL: End of life (Élettartam végekor)

Vevő Az érzékenység mérése $2^{23} - 1$ PRBS vizsgálójellel, 2.5×10^{-10} bithiba-aránnyal történik.

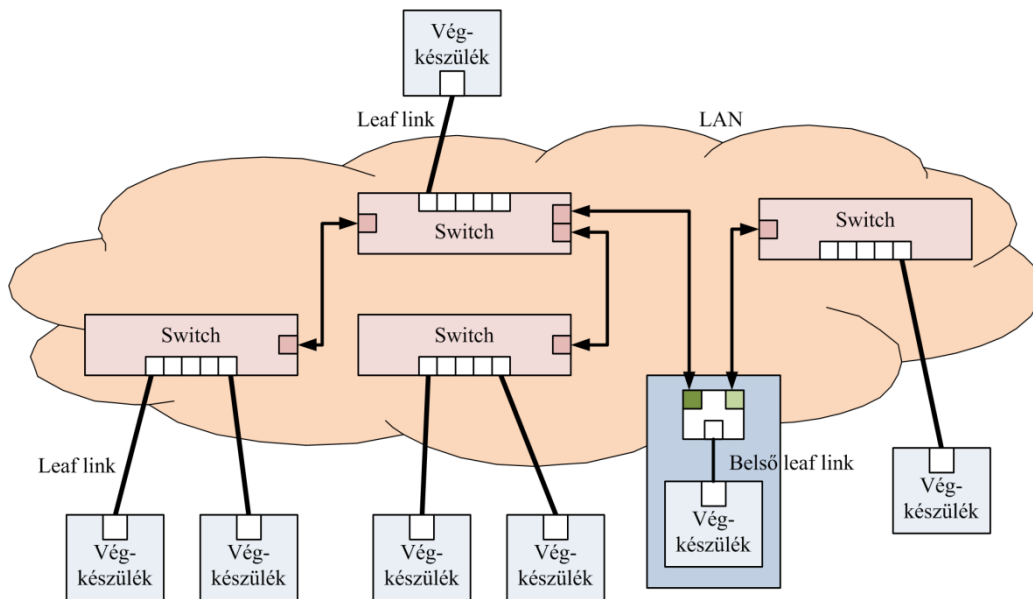
Paraméter	Jelölés	Min.	Tip.	Max.	Mértéke.
Logikai „1” jel érzékelés	P_A	$P_D + 1.5$ dB	-	-33	dBm avg.
Logikai „0” jel érzékelés	P_D	-45	-	-	dBm avg.
Jel érzékelés - Hiszterézis	$P_A - P_D$	1.5	-	-	dB
Logikai „1” jelérzékelés ideje (ki \rightarrow be)	AS_Max	0	2	100	μs
Logikai „0” jelérzékelés ideje (be \rightarrow ki)	ANS_Max	0	5	100	μs

4 PRP és HSR protokollok bemutatása ⁽¹⁾

A magas rendelkezésre állású ipari kommunikációs hálózatok szabványa az IEC 62439, amelynek 3. része két konkrét megoldást mutat be redundáns Ethernet hálózatok megvalósítására. A PRP és HSR protokollok egy Ethernet hálózat elemeiben bekövetkező egyszeri hiba esetén biztosítják a kommunikáció helyreállítását úgy, hogy az folytonos marad, keretvesztés nem történik. Ez vagy a LAN-ok, és az átvindó információ duplikálásával (PRP) vagy valós hurkos hálózat kialakításával és szintén az átvindó információ duplikálásával (HSR) érhető el.

4.1 A PRP/HSR témakör gyakran használt kifejezései

- Node: Egy vagy több linkhez csatlakozó hálózati elem. Lehet switch vagy végkészülék is.
- Singly attached node (SAN): Hálózati eszköz, amely csak egy porttal csatlakozik egy hálózathoz.
- Double attached node (DAN): Olyan általános hálózati eszköz, amely a redundáns működés végett két porttal rendelkezik.
- Doubly attached node implementing PRP (DANP): Olyan hálózati eszköz, amely a PRP redundáns működés végett két porttal rendelkezik.
- Doubly attached node implementing HSR (DANH): Olyan hálózati eszköz, amely a HSR redundáns működés végett két porttal rendelkezik.
- Link: Általában duplex, fizikai kapcsolat két eszköz között.
- Interlink: Két hálózati topológiát összekötő link.
- Port: Hálózati csatlakozási pont.
- Hibás állapot: Egy készülék olyan állapota, amelyben nem képes ellátni az alapvető funkcióját.
- Hiba helyreállítási idő (Fault recovery time): A hiba bekövetkeztétől a hálózat kommunikációs funkciójának helyreállításáig eltelt idő a hibás állapot fennállása mellett. Fontos, hogy a helyreállítási idő után a hálózat úgynevezett „leromlott” állapotba kerül. Ez azt jelenti, hogy további hibák előfordulása esetén már nem biztos, hogy helyre tud állni a rendszer.
- RedBox: Olyan eszköz, amely segítségével SAN csatlakoztatható redundáns hálózathoz.
- QuadBox : Olyan 4 porttal rendelkező eszköz, ami két egyenrangú HSR hurkot köt össze, és képes a hurkok között átmenő adatforgalom szűrésére.
- Switching logic (Átkapcsoló logika): Hardveres logika, ami egy készüléken belül egy keretet két port között továbbít. Lehetséges további funkciója a cut-through működés.
- Hálózat (Network): LAN-ból vagy LAN-okból, végkészülékekből és a végkészülékeket a LAN-okhoz kapcsoló, úgynevezett LEAF linkekből álló kommunikációs rendszer. Egy hálózat redundancia esetén tartalmazhat egynél több LAN-t is.
- LAN: Hubokból, switchekből és switchek közötti linkekből álló része a hálózatoknak. Amiben közös a protokoll és a címtartomány. A LAN-ok nem tartalmaznak végkészülékeket és LEAF linkeket.



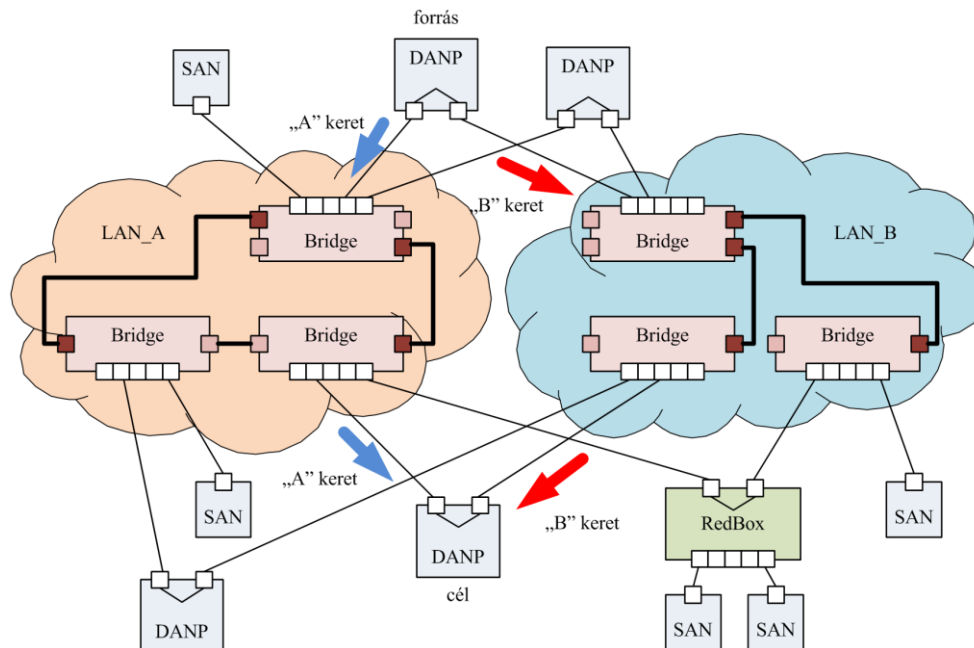
4-1. ábra - Általános hálózati elemek (fa topológiával)

- End node: végkészülék, olyan eszköz, ami egy porttal csatlakozik a LAN-hoz, a normál működése érdekében. A végkészülékek portja egy LAN switchének edge portjához csatlakozik leaf linken keresztül.
- LEAF link: végkészülék és LAN közötti link. Abban az esetben, ha egy eszköz végkészülék és egyben kapcsolóelem vagy redundáns elem is, ez a link egy készüléken belüli kapcsolat is lehet.
- Inter-switch link: switches közötti link a LAN-on belül. Két switch között több ilyen link is lehetséges az elérhetőség növelése érdekében.
- Switch: 2. rétegbéli kapcsolatot biztosít hálózati elemek között. Leaf linkhez edge porton keresztül csatlakozik.
- Switching end node: Hálózati kapcsolóelem és végkészülékkel egy eszközben.

4.2 Parallel Redundancy Protocol (PRP)

Ez a redundáns protokoll a hálózati elemek szintjén valósítja meg a redundanciát DANP-ok segítségével.

A PRP protokoll alkalmazása esetén egy készüléknek (DANP) két, párhuzamosan működő portja van, amelyekkel egyszerre két független, de hasonló topológiájú helyi hálózatra csatlakozik, amelyek szintén párhuzamosan működnek (LAN_A, LAN_B). Az aktuális küldő készülék (source DANP) mind a két hálózatba elküldi a kereteket, a fogadó készülék (destination DANP) mind a két hálózatból megkapja azt, és a korábban érkezőt feldolgozza, a későbbit pedig eldobja. A 4-2. ábra egy általános PRP hálózatot mutat be, amelyben a LAN-ok topológiája bármilyen lehet, fa, gyűrű, kevert.



4-2. ábra - Általános PRP hálózat

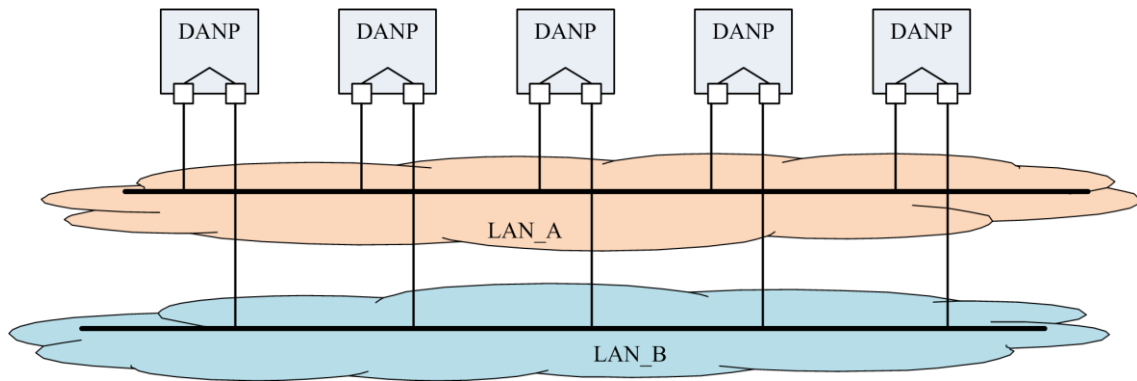
A két LAN az alkalmazott protokollok szempontjából azonos, de a topológiájuk különböző lehet, így a keretek átviteli ideje eltérhet.

A két LAN konfigurációjának olyannak kell lennie, hogy a hálózatot menedzselő protokollok, az ARP (Address Resolution Protocol) és az SNMP (Simple Network Management Protocol) megfelelően működjenek.

A két LAN nem csatlakozhat egymáshoz, és az egyikben bekövetkező hiba nem hathat át a másikra. A redundanciát csökkentheti egyszeri hiba, mint például a tápellátás kiesése vagy olyan kapcsolat megszakadása, ami mind a két hálózatot leválasztja.

4.2.1 PRP LAN-ok busz vagy sín topológiával

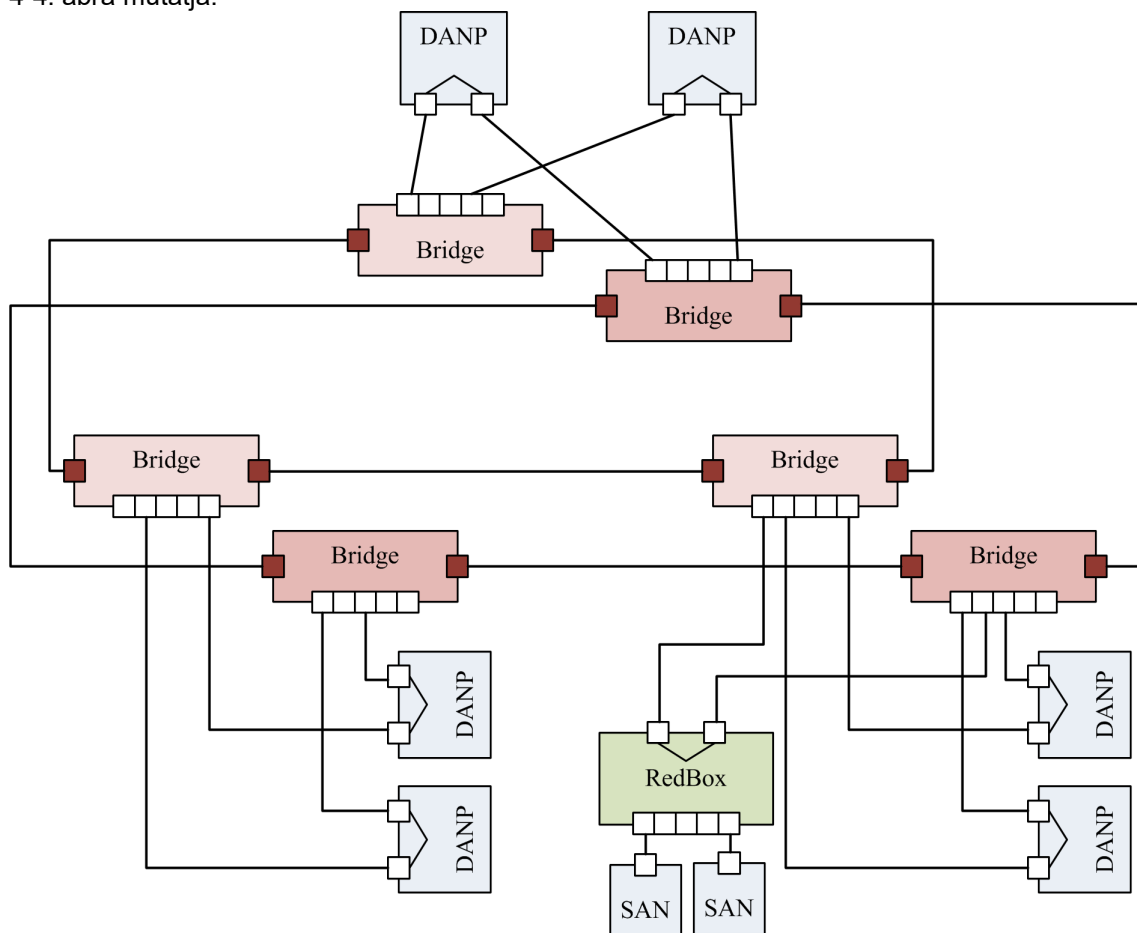
Egy egyszerűbb, letisztultabb hálózatot mutat be a 4-3. ábra, amelyben két busz topológiájú LAN szerepel.



4-3. ábra - PRP LAN-ok busz topológiával

4.2.2 PRP LAN-ok gyűrű topológiával

A PRP hálózatok LAN-jaiban alkalmazhatunk gyűrű topológiát is, ahogy az 4-4. ábra mutatja.

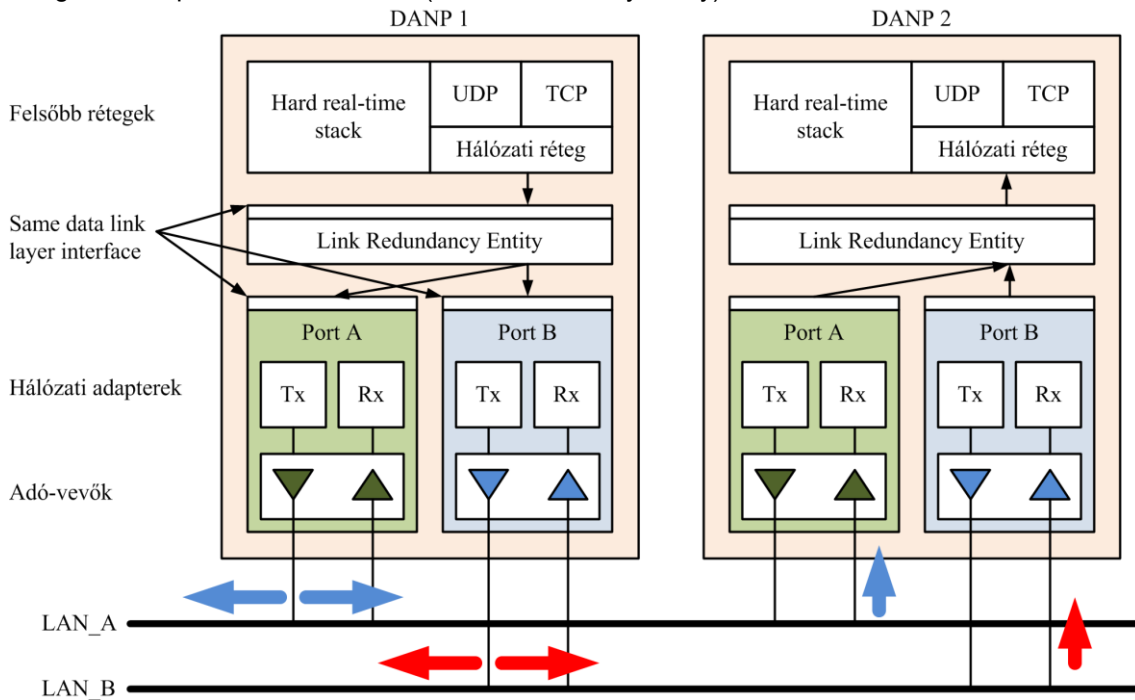


4-4. ábra - Redundáns PRP hurkok DANP-ekkel és SAN-okkal

Fontos, hogy ebben az esetben a gyűrű szintjén a redundanciáért egy másik redundáns protokollnak kell felelnie, például a HSR protokollnak.

Ahogy a

4-5. ábra is szemlélteti a DANP-ok portjai párhuzamosan működnek és ugyanahhoz a felsőbb rétegekhez kapcsolódnak a LRE-n (Link Redundancy Entity) keresztül.



4-5. ábra - DANP-ok kommunikációja

Az LRE a hagyományos, redundancia nélküli módon csatlakozik a felsőbb rétegekhez, és két alapvető feladata van. A redundancia menedzselése, irányítása és a duplikálások kezelése.

Amikor az LRE a felsőbb rétegek felől megkap egy keretet hozzáad egy RCT (Redundancy Check Trailer) nevű blokkot, ami tartalmaz egy sorszámot, és közel azonos időben elküldi a keretet mindkét port felé. A két kilépő keret csupán a LAN azonosítóban és az ellenőrző összegben különbözik (checksum).

A két keret eltérő késleltetéssel halad át a két LAN-on, ezért eltérő pillanatokban érkeznek meg a cél készülékbe.

Amikor a hálózat felől összetartozó keretek érkeznek, az LRE az előbb érkezőt továbbítja a felső rétegek felé, a másikat egyszerűen eldobja, figyelmen kívül hagyja (ha egyáltalán megérkezik). Az LRE eltávolíthatja az RCT-t is, ha ez szükséges.

A redundancia menedzseléséért, irányításáért és más DANP-ok hálózati jelenlétének észleléséért az LRE meghatározott időközönként felügyeleti kereteket, PRP_Supervision kereteket küld, és kiértékeli az egyéb DANP-ok által küldött hasonló kereteket.

4.2.3 SAN-ok csatlakoztatása PRP hálózatra

Azokat a hálózati eszközöket, amelyeknek egy hálózati portjuk van (SAN) két féle módon csatlakoztathatunk PRP hálózathoz:

- 1) Közvetlen csatlakozással az egyik LAN-hoz (egy switchhez való csatlakozással). Ebben az esetben minden a SAN csak az ugyanarra a LAN-ra csatlakozó SAN-nal tud kommunikálni. A SAN-ok ebben az esetben minden DANP-pal tudnak kommunikálni (nem redundánsan).
- 2) RedBox (redundancy box) alkalmazásával. Ebben az esetben a RedBoxon keresztül mindkét LAN-hoz csatlakoztatott SAN minden egyéb SAN-nal és a DANP-okkal is tud kommunikálni. Fontos, hogy a SAN-ok nem feltétlenül észlelik, hogy redundáns hálózathoz csatlakoznak, például számítógépek, nyomtatók is lehetnek.

4.2.4 Hálózati címzés

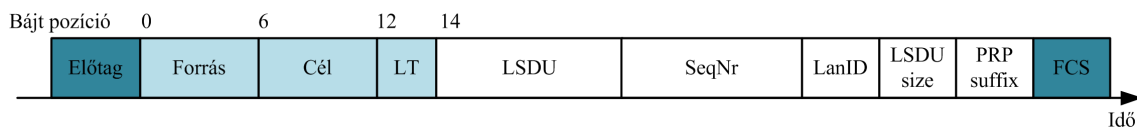
Egy redundáns hálózati elem mindkét portjának azonos a MAC-címe. És ehhez a MAC-címhez csak egy IP-cím tartozik. Ez a redundanciát transzparensé teszi a felsőbb retegek számára, és lehetővé teszi az ARP működését.

4.2.5 A duplikálások kezelése

Ahhoz, hogy a vevő készülék észlelni tudja a duplikálásokat, a küldő készülék LRE-je a kereteket egy 6 bájtos utótaggal egészíti ki (Redundancy Control Trailer - RCT), amely tartalmaz egy sorszámot. A vétel esetében az LRE a forrás MAC-címét és az RCT-ben szereplő sorszámot használja a duplikálások felismerésére. A duplikálások figyelése, és azok jelenlétében az észlelésük segít a redundancia felügyeletében.

Az RCT a következő mezőkből áll:

- 16 bit sorszám (SeqNr)
- 4 bit LAN azonosító (LanID)
- 12 bit keret méret (LSDUsize)
- 16 bit utótag (PRPsuffix)

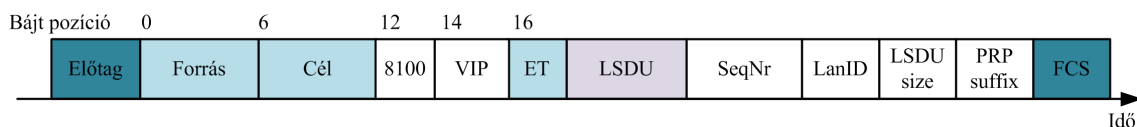


4-6. ábra - RCT-vel kiegészített PRP keret

Tehát az LRE közel azonos kereteket küld mind a két LAN irányába, és a vevő LRE az RCT segítségével képes a duplikálásokat észlelni.

PRPsuffix: ez a mező azonosítja a PRP kereteket, és különbözteti meg őket más protokolloktól, amelyek szintén utótagot csatolnak a hasznos adathoz.

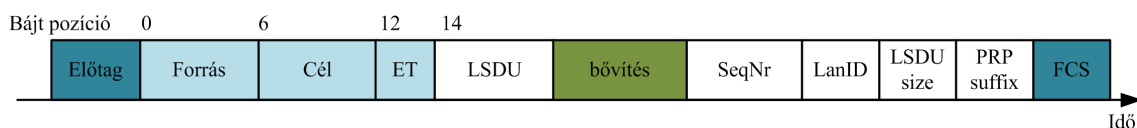
LSDUsize: ez a mező az LSDU (Link Service Data Unit) méretét tartalmazza. A vevő ennek a mezőnek a segítségével is képes megkülönböztetni a PRP kereteket más, nem redundáns keretektől, egy további ellenőrzés végett. VLAN-okban (Virtual LAN) a keretekhez VLAN tag-ek adódhatnak hozzá, vagy törölődhetnek egy switch-en való áthaladáskor. Annak érdekében, hogy a mező független legyen a VLAN tag jelenlététől, csak az LSDU és az RCT méretét veszi figyelembe, ahogy az a 2.7. ábrán is látható.



4-7. ábra - VLAN tag-gel és RCT-vel kiegészített PRP keret

Abban az esetben, ha a vevő egy keret végén azonosítja a helyes PRPsuffix-et, ha az LSDUsize értéke megfelelő és a LAN azonosító megegyezik a port LAN-jának azonosítójával, a keret eldobása lehetségessé válik.

Mivel a túl rövid kereteket ki kell bővíteni, hogy elérjék a minimum 64 bájtos keretméretet a küldő előre elvégzi a bővítést, hogy ne utólag kelljen ezt ellenőrizni, elvégezni. A keretek minimális mérete 70 bájttal, hiszen az LRE vagy egy RedBox eltávolíthatja az RCT-t. VLAN tag használatakor pedig 74 bájttal a minimális méret.

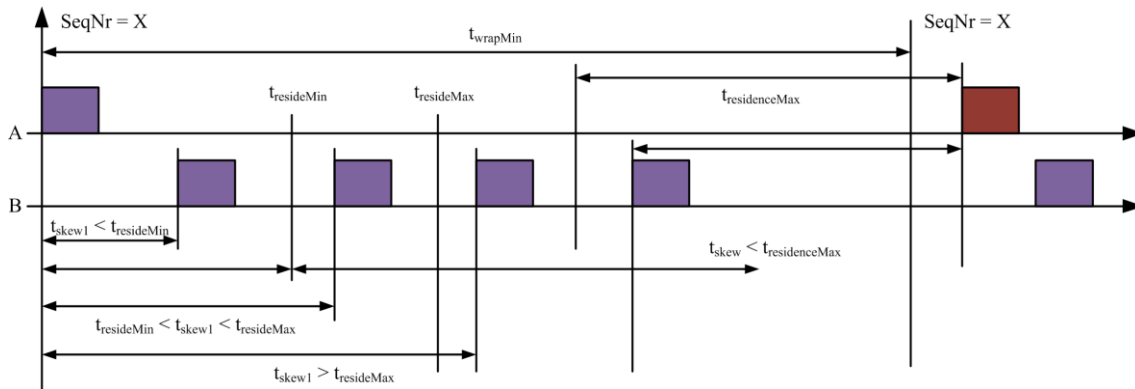


4-8. ábra - Bővített PRP keret RCT-vel

LAN azonosító: A LAN_A és a LAN_B pontos azonosítói 1010 (A) és 1011 (B). A két LAN azonosítója tehát csak 1 bitben különbözik. A vevő ellenőrzi az azonosító helyességét, de

abban az esetben, ha az nem helyes, nem kerül eldobásra a keret, hiszen a keret önmaga szabályos. Ez hibásan konfigurált hálózat esetén fordulhat elő.

SeqNr: a sorszám értéke minden elküldött keretenként eggyel növekszik. A duplikálás eldobásának algoritmusja nincs megszabva. A fontos az, hogy az algoritmus sosem dobjon el egy szabályos keretet, az esetenkénti elfogadása egy duplikálásnak elfogadható. Egy adott 16 bites sorszám 65 536 keretenként ismétlődik, ami viszonylag rövid időközönként előfordul, ezért a sorszámozás nem feltétlenül folyamatosan növekvő. Egy meghatározott időnél „öregebb” keretek törölődnek. A 4-9. ábra a keretek eldobásának feltételeit szemlélteti.



4-9. ábra - Ismétlődő keret eldobási algoritmus határai

A $t_{wrapmin}$ a legkisebb lehetséges időtartam mialatt ugyanaz a sorszámú szabályos összetartozó két keret előfordul. 100 Mbit/s-es hálózatokban ez az idő 400 ms körüli. A t_{skew} idő az az időtartam, ami ugyanazon keret két példányának megérkezése között eltelik. A $t_{resideMax}$ idő a legnagyobb időtartam, amíg egy keret a duplicate táblázatban marad. Ez az idő kisebb, mint egy sorszám „kiöregedésének” ideje.

A megbízható eldobás feltétele: $t_{skew} < t_{resideMax}$

A biztos elfogadás feltétele: $t_{residenceMax} < t_{aliasRepMin}$

4.2.6 Hálózat felügyelet

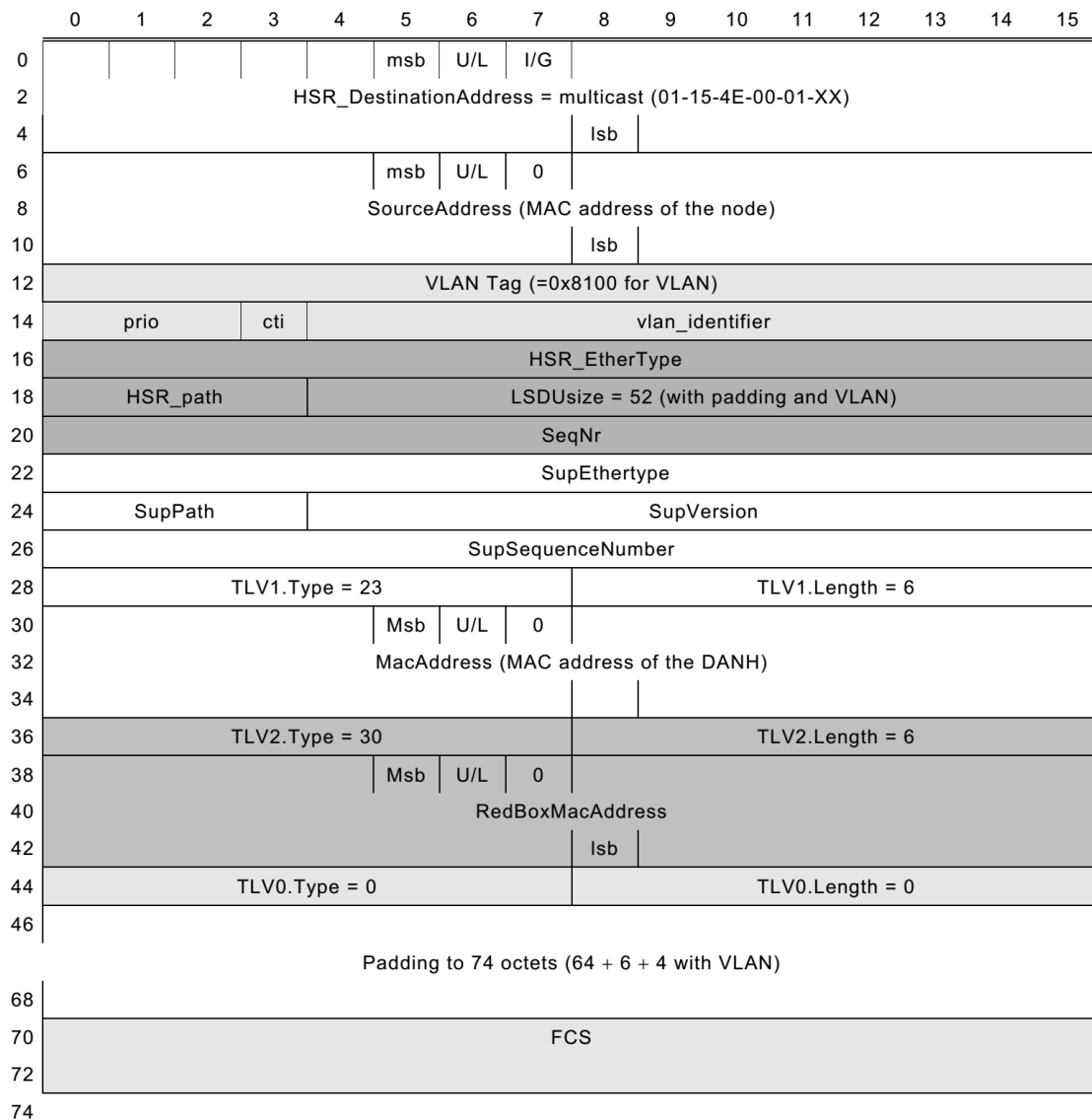
A LAN-ok és a hozzájuk csatlakozó eszközök helyes működését folyamatosan figyelni kell. A vevők minden keretet megvizsgálják, amik a két port valamelyikén megérkeznek, és hiba számlálót használnak, amiket a hálózat menedzsment olvashat. Ennek érdekében a készülékek táblázatokban tárolnak különböző protokoll információkat, mint például az egy másik eszköztől érkező legutóbbi keret megérkezése óta eltelt idő vagy a legutóbbi multicast vagy broadcast keret küldése óta eltelt idő. A hálózat megfelelő felügyeletéért minden DANP PRP_Supervision kereteket küld meghatározott időközönként. Ezek segítségével ellenőrizni lehet a hálózat épségét és az egyéb eszközök jelenlétét. Így azt is felderítik ezek a keretek, hogy mely eszközök DANP-ok és milyen MAC-címet használnak.

Az LRE-k tartalmaznak egy olyan hálózat menedzsment felületet, ami folyamatosan vizsgálja a LAN-ok épségét, és észleli az esetleges hibákat a hibaszámlálók értékének növekedésekor. Ennek érdekében az LRE számolja mind a helyesen, mind a hibásan beérkező kereteket.

A hálózat felügyelet segítségéért a hálózat minden elemét úgy kell konfigurálni, hogy azonos legyen a multicast címük. Az IP-címeknek a teljes hálózatban egyedieknek kell lenniük. Egy DANP-nak mind a két portja felől ugyanannak kell lennie az IP-címének.

4.2.7 A PRP_Supervision keret

Minden DANP multicast üzenetként PRP_Supervision keretket küld mind a két portján a LifeCheckInterval paraméternek megfelelő időközönként (alapbeállításként [default] 2000 ms). A VLAN taggal kibővített PRP_Supervision keret formátumát a 4-10. ábra mutatja be.



4-10. ábra - PRP_Supervision keret opcionális VLAN tag-gel

(IEC 62439-3 Ed. 2.0)

PRP_DestinationAddress: A multicast cím a protokoll számára fenntartott: 01-15-4E-00-01-XX. Alapbeállítás szerint az XX = 00, de ha ütközés van, akkor 0x00 és 0xFF között bármilyen értékre konfigurálhatjuk.

SourceAddress: Forrás cím, a küldő eszköz MAC-címe.

SupEtherType: A 0x88FB értékű EtherType van fenntartva a PRP számára.

SupPath: Alapértéke 0, későbbi felhasználásra foglalt.

SupVersion: Protokoll verzió, PRP esetén az értéke 1.

SupSequenceNumber: A supervision keretek sorszámja. Minden küldésnél eggyel nő az értéke.

TLV1.Type: Működési mód. A 20 érték a duplikálások eldobása, a 21 érték a duplikálások engedélyezése működési módot jelenti. A további értékek későbbi felhasználásra foglaltak.

TLV1.Length: A MAC-cím hossz bájtokban.

MacAddress: Az eszköz két portjának közös MAC-címe.

TLV2.Type: Csak RedBox által küldött keretekben szerepel.

TLV2.Length: Csak RedBox által küldött keretekben szerepel.

RedBoxMacAddress: Csak RedBox által küldött keretekben szerepel.

TLV0.Type: TLV lezárás, értéke 0.

TLV0.Length: TLV lezárás, értéke 0.

RedBox esetén a következő mezők eltérőek az előzőektől:

TLV1.Type: Működési mód. A 20 érték a duplikálások eldobása működési módot jelenti, a RedBox-ok esetén ez az egyedüli engedélyezett működési mód. A további értékek későbbi felhasználásra foglaltak.

TLV1.Length: A MAC-cím hossz bájtokban.

MacAddress: A VDAN (Virtual DAN – RedBoxon keresztül csatlakozó SAN) MAC-címe.

TLV2.Type: RedBox azonosító. A 30-as érték jelzi, hogy a készülék egy RedBox.

TLV2.Length: A RedBoxMacAddress hossza bájtokban kifejezve.

RedBoxMacAddress: A RedBox MAC-címe.

TLV0.Type: TLV lezárás, értéke 0.

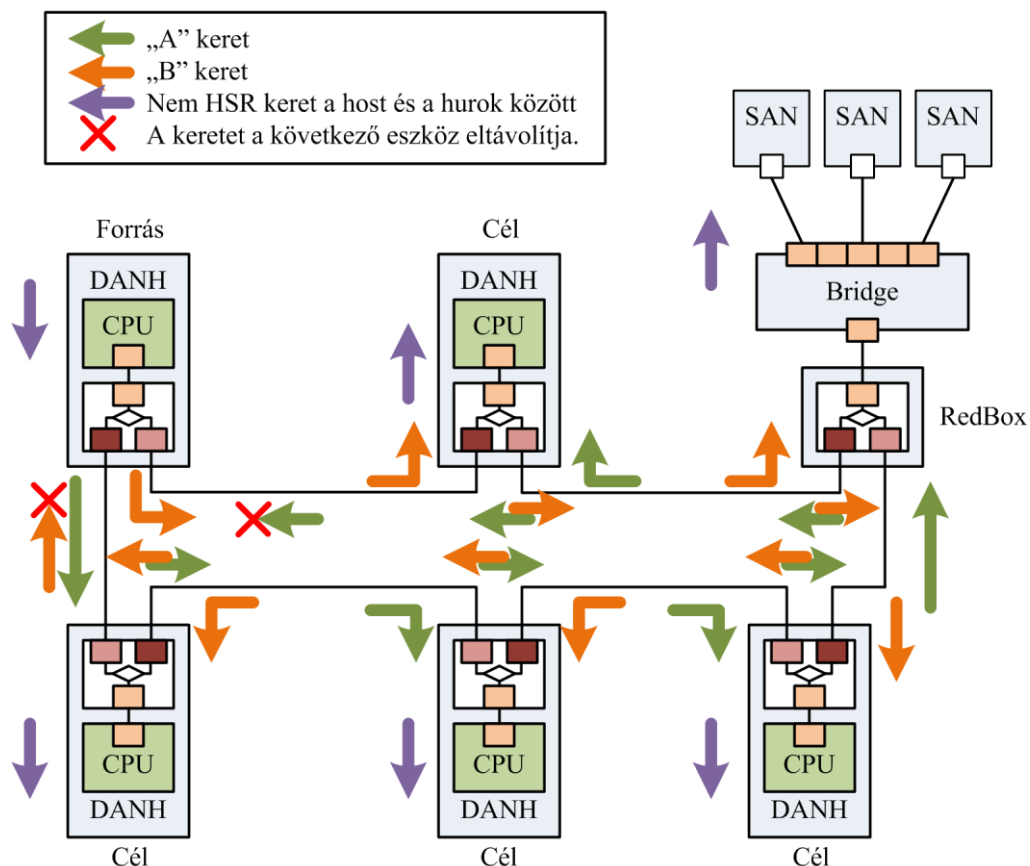
TLV0.Length: TLV lezárás, értéke 0.

4.3 High-availability Seamless Redundancy (HSR)

A HSR megoldás a PRP alapelveinek és tulajdonságainak (nulla helyreállási idő) a megtartása mellett lehetővé teszi az elv alkalmazását gyűrű topológiájú hálózatokra is. A PRP-hez hasonlóan a HSR alkalmazásakor is keretek duplikálása révén valósul meg a redundancia. A hurokokra csatlakozó minden készüléknek támogatnia kell a HSR-t. SAN-ok is csatlakozhatnak HSR hurokhoz, de csakis RedBoxon keresztül.

4.3.1 Alapvető működés egy hurok esetén

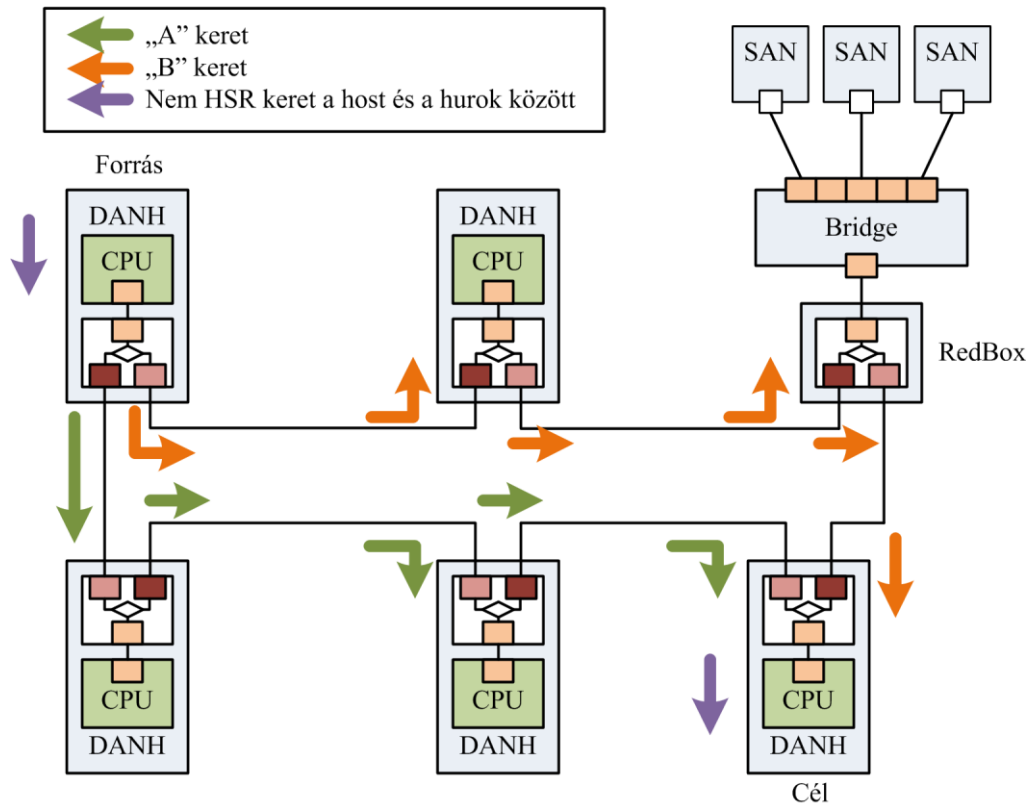
A HSR készülékeknek a PRP-hez hasonlóan két Ethernet porttal kell rendelkezniük (DANH – Doubly Attached Node with HSR protocol). A legegyszerűbb HSR hálózat csak DANH-okból áll, amik full-duplex linkeken keresztül csatlakoznak egymáshoz. A 4-11. és 4-12. ábrák multicast és unicast üzenetküldés esetén mutatja be a HSR hurok adatforgalmát.



4-11. ábra - Multicast üzenetküldés HSR hurokban

A küldő DANH felsőbb rétege indítja el a keret küldését, HSR-címkével látja el azt a duplikálás azonosítása végett, majd pedig mind a két portján keresztül elküldi a keretet. A cél DANH két azonos keretet fogad a két portján bizonyos időeltéréssel, eltávolítja a HSR-címkét az előbb beérkező keretből, továbbítja azt a felsőbb réteg felé és a másik, később beérkező keretet (duplicate, duplikálás) eldobja.

A HSR készülékek az egyik portjukon beérkező keretet a másik portjukon továbbítják kivéve, ha az adott keretet egyszer már továbbították ugyanabba az irányba. Ennek megfelelően egy készülék a saját maga által egyszer elküldött keretet sem továbbítja újra, ha az a hurokban körbeérve megérkezik hozzá.

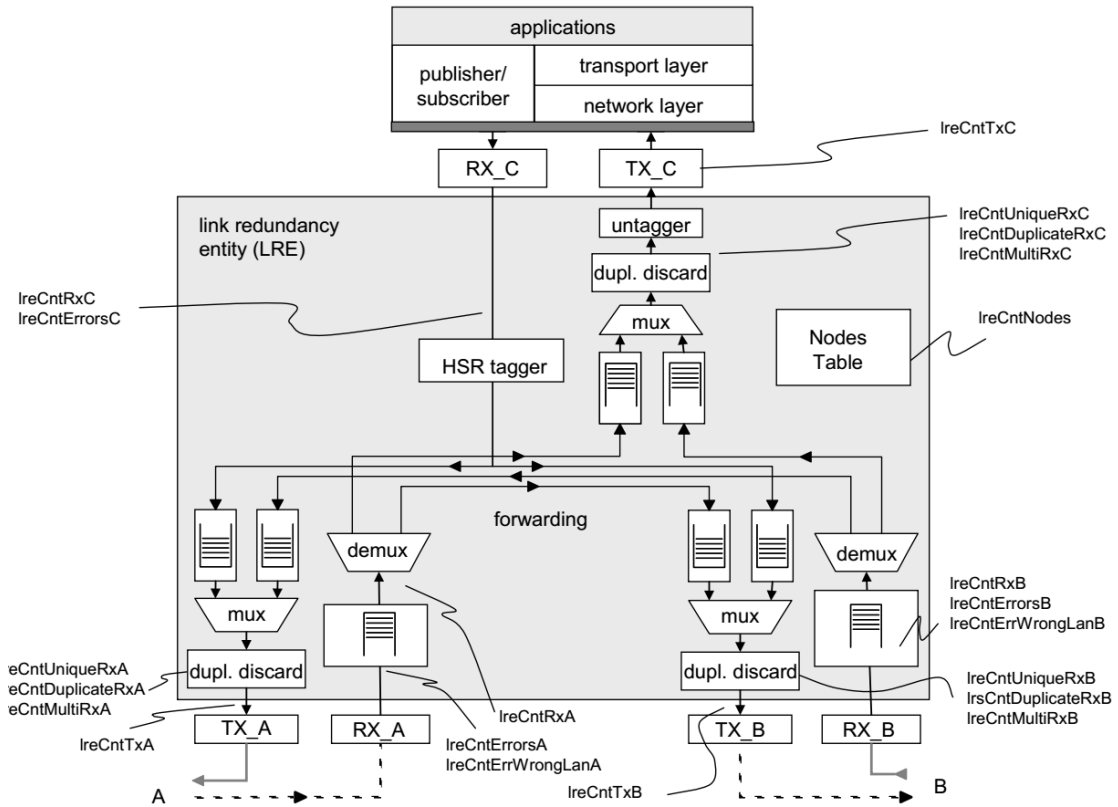


4-12. ábra - Unicast üzenetküldés HSR hurokban

Ahogy a fenti ábrán is látható, egy unicast keretet a cél készülék nem továbbít, hiszen ő az egyetlen címzett. Továbbítás csak esetleges teszt üzemben történhet.

4.3.2 DANH felépítése

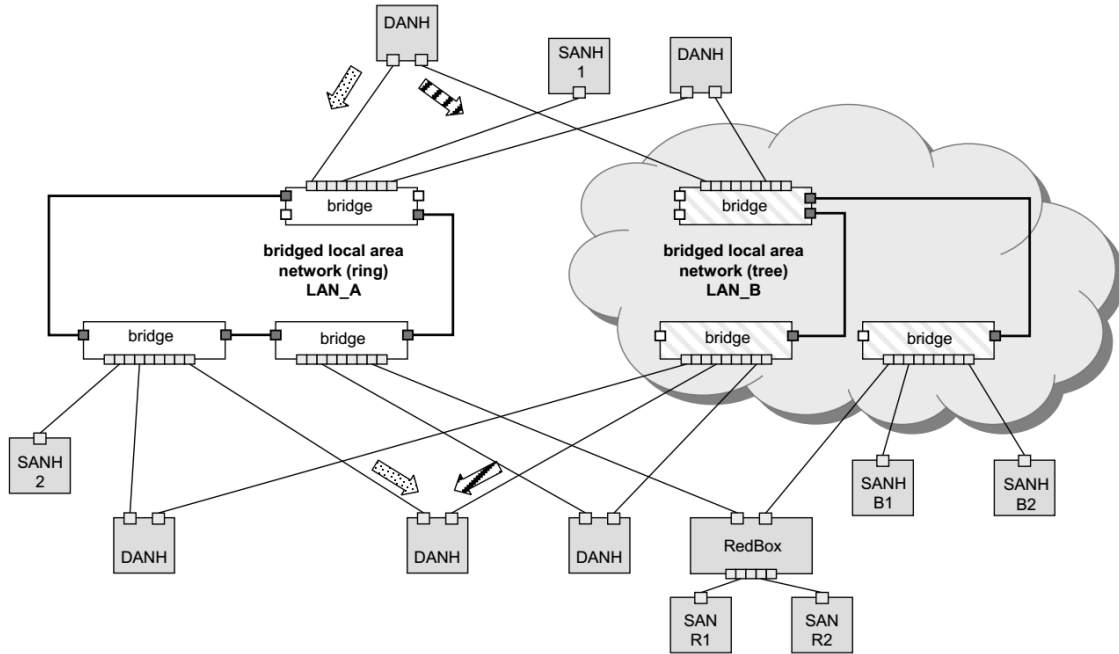
A 4-13. ábra egy lehetséges felépítését mutatja egy hardveres DANH-nak. A gyakorlati megvalósítás ettől eltérő lehet. A két HSR portot (A és B) valamint a C portot az LRE (Link Redundancy Entity) köti össze, ami tartalmazza azt a kapcsoló mátrixot, aminek segítségével történik a keretek egyik portról a másikra való továbbítása. Ez a mátrix működteti a cut-through funkciót is. Az LRE a felsőbb rétegek felé hagyományos Ethernet felületként látszik. A bemeneti fokozat ellenőrzi, hogy ő-e a beérkező keret célja, és további feldolgozásokat végez (VLAN-, multicast filtering), hogy a processzort tehermentesítse. A duplikálás eldobása a kimeneti egységekben van megvalósítva.



4-13. ábra - DANH felépítése (IEC 62439-3 Ed. 2.0)

4.3.3 HSR használata különálló LAN-ok esetén

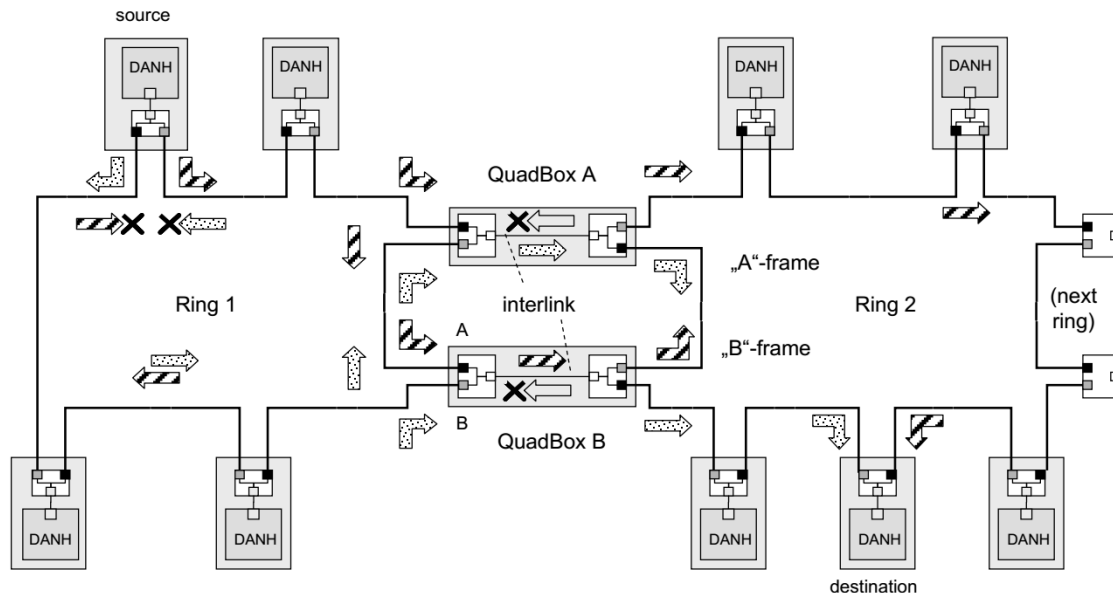
A HSR eszközök akár a PRP-vel megegyező módon is csatlakoztatható hálózathoz. Ennek érdekében a HSR eszközöket „nem továbbító” (non-forwarding, mode N) módban kell üzemeltetni. A PRP-vel ellentétben azonban az egy porttal rendelkező eszközök (SAN) lévén csak egy portjuk van, és nem tudnak HSR-címket a keretbe illeszteni, nem csatlakozhatnak közvetlenül HSR hálózathoz. A csatlakoztatásuk csak RedBoxon keresztül történhet.



4-14. ábra - Két független hálózatot használó HSR alkalmazás

4.3.4 Hurkok egyenrangú összekapcsolása

Két HSR hurok QuadBox segítségével kapcsolható össze, ami olyan 4 portos eszköz, amelynek a HSR-hez szükséges képességei vannak. Ez a megoldás akkor jár előnyökkel, ha túl nagy az adatforgalma egy huroknak. Fontos, hogy ez a megoldás nem csökkenti az átviteli időket. Habár egy QuadBox hatékonyan bonyolítja le az adatforgalmat a hiba-mentes hálózatban, annak érdekében, hogy a redundáns alapelveknek megfelelően egyszeres hiba ne okozzon adatvesztést, két QuadBox-ot kell erre a célra alkalmazni, ahogy az az alábbi ábrán látható.



4-15. ábra - HSR hurkok egyenrangú összekapcsolása

A QuadBoxok a portjaikon keresztül, más HSR eszközökhöz hasonlóan, kereteket továbbítanak, és adnak át egyik huroktól a másiknak, kivéve akkor, ha egy keret a hurok belülről van címezve. Ennek érdekében a QuadBox-oknak megfelelően kell szűrniük a kereteket, például multicast vagy VLAN szűréssel.

QuadBox-ok alkalmazásával a két csatlakozó huroknak mindig megegyező lesz a hibatűrő képessége. Ha az egyik QuadBox működésképtelenné válik, akkor mind a két huroknak csökken a működésbiztonsága, és nem fognak elviselni egy újabb hibát.

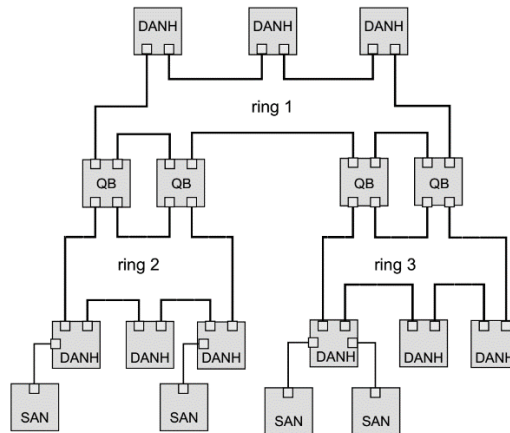
Azonban ha az alkalmazott QuadBox úgy épül fel, ahogy az a fenti ábrán látható, tehát két RedBox interlinken keresztüli összekötésével, a két hurok hibatűrőképessége egymástól függetlenné válik.

Az, hogy egy hálózatban két QuadBox van, magával hozza azt a következményt, hogy a küldött keret két példányra az egyik hurokból a másikba átkerüléskor újabb két-két másolatot hoz létre. Ennek ellenére nem fog ugyanazon keret négy példányra keringeni a hurokban, hiszen amikor az egyik másolat az egyik QuadBoxból kilépve belép a másik QuadBox-ba, ez a QuadBox már nem fogja a keretet továbbítani, hiszen már a saját interlinkjén érkező példányát továbbította az adott keretnek.

Tehát amikor egy QuadBox megkap egy olyan keretet, amit ő maga hozott a hurokba, vagy egy olyan keretet, amit a másik QuadBox hozott a hurokba, továbbítja azt az interlink irányába és a másik portja felé is, kivéve, ha már egyszer elküldte az adott keretet. Ez a duplikálás az interlink másik oldalán el lesz dobva. Ez az elv jöllehet okoz némi hozzáadott terhelést az interlinken, de ugyanakkor sokat egyszerűsít a működési logikán. Két azonos keret repülési ideje nagyjából azonos, mintha egy hurokból állna a hálózat.

4.3.5 Hierarchikus gyűrűs topológia

Több hurkot tartalmazó, QuadBox-okat tartalmazó HSR hálózat az alábbi ábrán látható módon is kialakítható.



4-16. ábra - Hierarchikus gyűrűs topológia

Ebben a megoldásban is párosával kerülnek alkalmazásra a QuadBox-ok, hogy az egyszeri hiba ne okozza a megbízhatóság csökkenését. Néhány SAN közvetlenül csatlakozik egy-egy olyan DANH-hoz, amely egyszerűsített RedBox-ként képes működni.

5 Irodalomjegyzék

(1) IEC 62439-3 Ed. 2.0: Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR), 2012-07

(2) Nagy Gábor: Ethernet alapú alállomási hálózati redundancia megvalósítása, diplomamunka 2014, Óbudai Egyetem