

技術的条件集別表 38

中継局イーサネットスイッチ接続インターフェース仕様

【参照規格一覧】

- [1] IEEE Std 802.3-2018:IEEE Standard for Ethernet
- [2] IEEE 802.1ad-2005: Virtual Bridged Local Area Networks Provider Bridges
- [3] ITU-T Y.1731(2006): OAM Functions and Mechanisms for Ethernet based networks
- [4] JIS C 5973:F04 Type connectors for optical fiber cables
- [5] JIS C 6835:Silica glass single-mode optical fiber
- [6] JIS C 6832:Silica glass multi-mode optical fiber
- [7] "Internet Protocol", IETF RFC791, Sep 1981.
- [8] "Internet Control Message Protocol", IETF RFC792, Sep 1981.
- [9] IEEE 802.3cu-2021 - IEEE Standard for Ethernet - Amendment 11: Physical Layers and Management Parameters for 100 Gb/s and 400 Gb/s Operation over Single-Mode Fiber at 100 Gb/s per Wavelength
- [10] "Multiprotocol Extensions for BGP-4", IETF RFC4760, Jan 2007.
- [11] IEEE Std. 802.1Q-2005, Virtual Bridged Local Area Networks
- [12] "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", IETF RFC8200, Jul 2017.

1. 規定範囲

本別表で規定する当社のLAN型通信網間接続装置と直接協定事業者の電気通信設備における網間相互接続インタフェースの責任分界点（POI）を図1-1に、規定点を図1-2に示す。

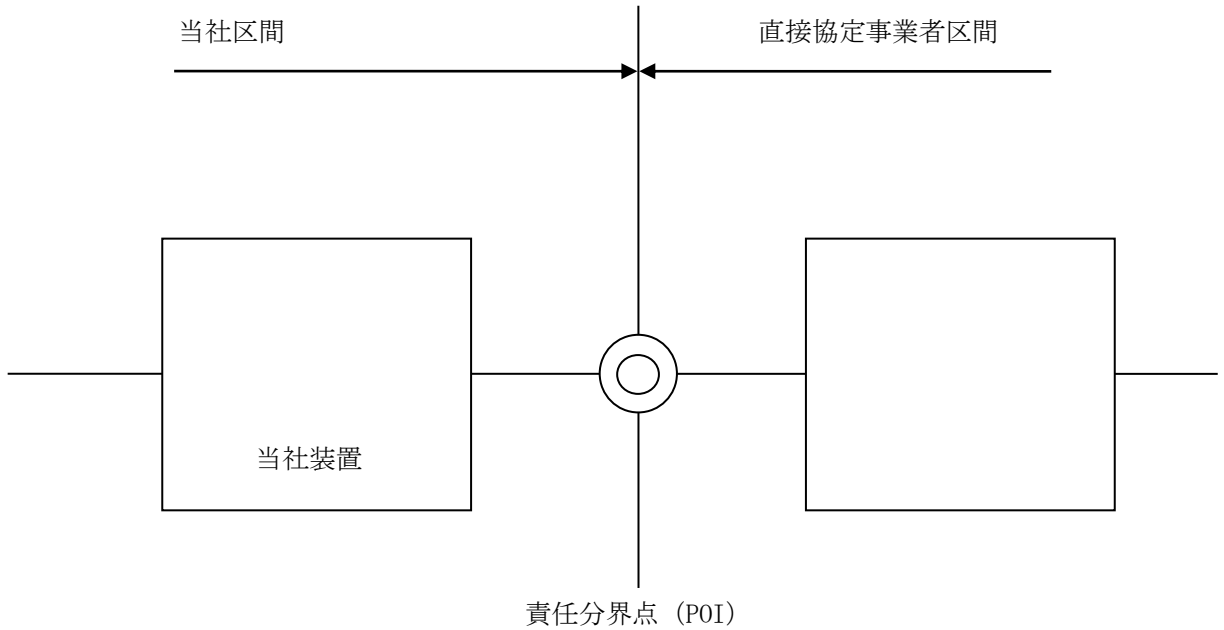


図1-1 当社との接続イメージ

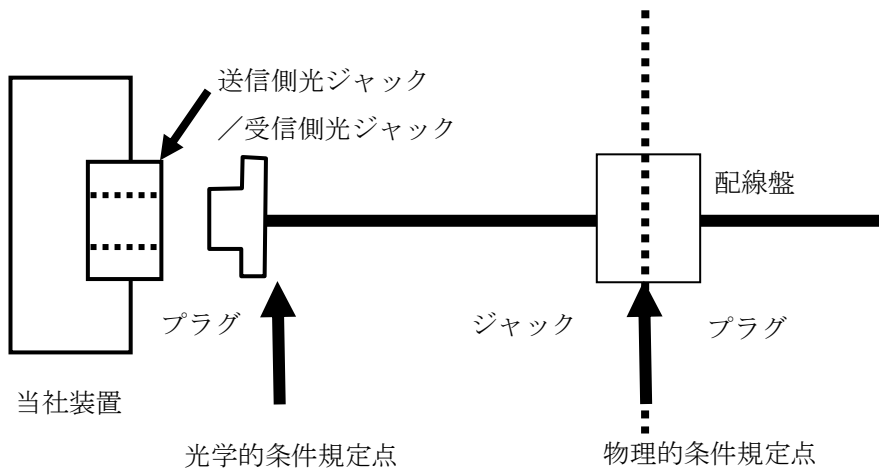


図 1-2 インタフェース規定点

2. インタフェース仕様

2. 1 レイヤ1

物理層のインタフェース条件は、IEEE802.3規格の10GBASE-LR/ER/SRおよび1000BASE-SX、1000BASE-LX、100GBASE-LR4、400GBASE-FR4/LR8に準拠し、各々の転送速度でベースバンド信号の転送を行う。なお、本インタフェースにおける当社のLAN型通信網間接続装置と直接協定事業者の装置の間に、レイヤ1の伝送装置を設置する場合には、当該伝送装置においてリンクダウン転送（リンクパススルー）機能を有効とし、伝送区間故障発生時に当社のLAN型通信網間接続装置への光送出を停止すること。

2. 1. 1 インタフェース条件（10Gbit/s 品目）

光コネクタは、JIS C 5973 規格の SC コネクタを使用する。

光ケーブルは、JIS C 6835 規格のシングルモード光ファイバ（2 芯）を使用する。

詳細仕様は、IEEE802.3 規格の第 52 章を参照のこと。

2. 1. 2 インタフェース条件（1Gbit/s 品目）

光コネクタは、JIS C 5973 規格の SC コネクタを使用する。光ケーブルは、1000BASE-SX の場合は JIS C6832 SGI-50/125 規格のマルチモード光ファイバ（2 芯）、1000BASE-LX の場合は JIS C 6835 規格のシングルモード光ファイバ（2 芯）を使用する。また、IEEE 802.3 に規定される機能のうち、Clause37 に規定されている Auto-Negotiation については、5. 1. 1 項、5. 1. 2 項で記載する。

詳細仕様は IEEE802.3 規格の第 38 章を参照のこと。

2. 1. 3 インタフェース条件 (100Gbit/s 品目)

光コネクタは、JIS C 5973 規格の SC コネクタを使用する。光ケーブルは、JIS C 6835 規格のシングルモード光ファイバ (2 芯) を使用する。

詳細仕様は IEEE802.3 規格の第 82、83、88 章を参照のこと。

2. 1. 4 インタフェース条件 (400Gbit/s 品目)

光コネクタは、JIS C 5964-20 規格の LC コネクタを使用する。光ケーブルは、JIS C 6835 規格のシングルモード光ファイバ (2 芯) を使用する。

詳細仕様は IEEE802.3 規格の第 122 章、151 章を参照のこと。

2. 2 レイヤ 2

データリンク層仕様は IEEE 802.3 に準拠する。

フレーム形式は IEEE802.1Q、IEEE802.1ad 準拠の VLAN タグ (タグタイプ 0x8100、0x88a8) 付き MAC フレームとする。尚、以降 2. 2. 1 ~ 2. 2. 4 節で IEEE802.1ad 準拠フレームフォーマットの一例を示す。

2. 2. 1 フレームフォーマット

カスタマ VLAN タグ付きのフレーム構造を図 2-3、カスタマ VLAN タグ無しフレーム構造を図 2-4 にそれぞれ示す。

尚、サービス VLAN タグおよびカスタマ VLAN タグに関しては、2. 2. 3 節と 2. 2. 4 節を参照のこと。

IEEE802.3 版の IEEE802.1ad フレームフォーマット

プリアンブル	SFD	宛先 アドレス	送信元 アドレス	サービス VLAN タグ	カスタマ VLAN タグ	LLC データの フレーム長	LLCデータ	パディング	FCS
(7)	(1)	(6)	(6)	(4)	(4)	(2)	(42~1500)		(4)

DIX 版の IEEE802.1ad フレームフォーマット

プリアンブル	宛先 アドレス	送信元 アドレス	サービス VLAN タグ	カスタマ VLAN タグ	フレーム タイプ	データ	パディング	FCS
(8)	(6)	(6)	(4)	(4)	(2)	(42~1500)		(4)

図 2-3 カスタマ VLAN タグ付きの IEEE802.1ad フレームフォーマット

IEEE802.3版のIEEE802.1adフレームフォーマット

プリアンブル	SFD	宛先 アドレス	送信元 アドレス	サービス VLAN タグ	LLC データの フレーム長	LLCデータ	パディング	FCS
(7)	(1)	(6)	(6)	(4)	(2)	(46~1500)		(4)

DIX版のIEEE802.1adフレームフォーマット

プリアンブル	宛先 アドレス	送信元 アドレス	サービス VLAN タグ	フレーム タイプ	データ	パディング	FCS
(8)	(6)	(6)	(4)	(2)	(46~1500)		(4)

図2-4 カスタムVLANタグ無しでのIEEE802.1adフレームフォーマット

プリアンブル：7byte

フレーム同期用のフィールド。内容は1,0の交番信号である。

DIX形式フレームのプリアンブルは8byteで内容は1,0,1,0,1,0,.....1,0,1,1である。

SFD (Start of Frame Delimiter: フレーム開始デリミタ)：1byte

フレームの開始位置を示す。内容は1,0,1,0,1,0,1,1である。

宛先アドレス：6byte

宛先 MAC アドレス。

MAC アドレスの詳細は2.2.5節を参照のこと。

送信元アドレス：6byte

送信元 MAC アドレス。

MAC アドレスの詳細は2.2.5節を参照のこと。

LLC データのフレーム長 (IEEE 802.3 形式のみ)：2byte

情報フィールドの長さ。

フレームタイプ(DIX 形式のみ)：2byte

データのプロトコルを示す識別子。

(例) IP : 0x0800

ARP : 0x0806 など

データ、LLC データ

データの内容。

フィールド長は46~1500byte、もしくは42~1500byte。

パディング

データ長が46byteより短い場合に挿入する。

FCS (Frame Check Sequence)：フレームチェックシーケンス：4byte

誤り検出のために使用する。生成多項式は以下の通りとする。

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

受信側で同様のアルゴリズムによりCRC値を計算し、フレームチェックシーケンス部の値と異なった場合は、当社のLAN型通信網内でフレーム誤りとして廃棄する。

2. 2. 2 MAC フレーム長

送受信を必須とする MAC フレーム長の範囲を表 2-3 に示す。尚、ここでのフレーム長は宛先アドレスから FCS フィールドまでのサービス VLAN タグを含む長さを指す（図 2-3、2-4 を参照）。

表 2-3 MAC フレーム長

MAC フレーム	カスタマ VLAN タグ無し	カスタマ VLAN タグ付き
最小フレーム長	68byte	68byte
最大フレーム長	1522byte	1526byte

なお、当社の LAN 型通信網側で表 2-3 に規定した最大フレーム長より大きく 9030byte 以下のジャンボフレームを受信可能にすることができる。但し、ジャンボフレームの利用については当社と直接協定事業者の間で協議の上、決定する。

規定のフレーム長の範囲を超えるフレームについては、当社の LAN 型通信網における転送を保障しない。

2. 2. 3 サービス VLAN タグ

サービス VLAN タグは、キャリア網内の転送に用いられる 4 byte の VLAN タグであり、当社の LAN 型通信網側で必要に応じて変換する。

図 2-5 に示すように、TPID (2byte) と TCI (2byte) から構成される。

TPID は、0x88-a8 の値に設定される。

また、TCI は優先度表示 PCP (3 ビット)、廃棄表示 DEI (1 ビット)、VID (12 ビット) から構成される。

PCP および DEI については、6.1 節を参照のこと。

VID の値については、2~4095 の間の値を取るものとする。各網間相互接続インタフェースにおいて使用可能な VID の最大数は、IF 速度が 10Gbit/s の場合は 4095 まで、1Gbit/s の場合は 500 までとするが、当社の網内での ID 数の収容条件により制約を受けることがある。具体的な値は直接協定事業者と指定方法について双方合意し、開通時に付与することとする。

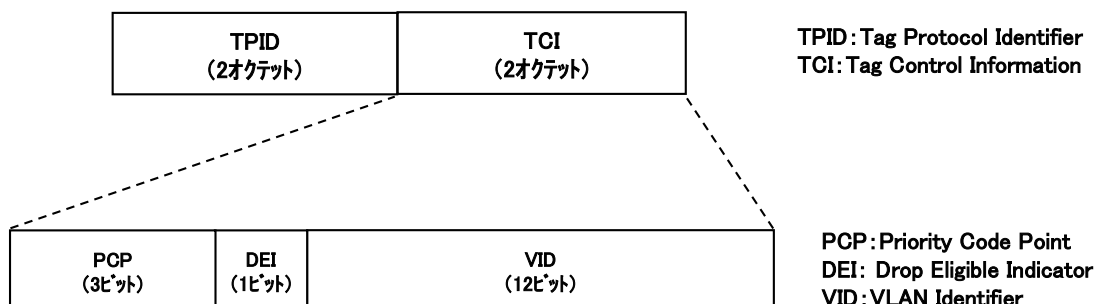


図 2-5 サービス VLAN タグの構成

2. 2. 4 カスタマ VLAN タグ

カスタマ VLAN タグは、ユーザ網内の転送に用いられる 4byte の VLAN タグである。

図 2-6 に示すように、TPID (2byte) と TCI (2byte) から構成される。

TPID は、0x81-00 の値に設定される。

また、TCI は優先度表示 PCP (3 ビット)、CFI (1 ビット)、VID (12 ビット) から構成される。

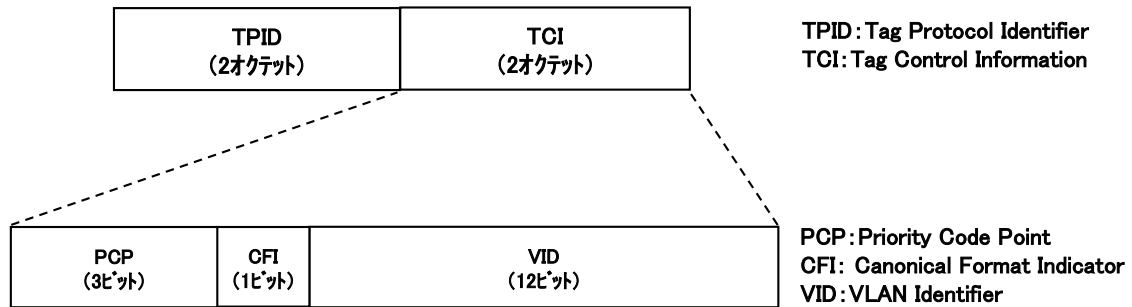


図 2-6 カスタマ VLAN タグの構成

2. 2. 5 MAC アドレス

MAC アドレスは 48 ビットで構成されるものでローカルアドレスとユニバーサルアドレスの 2 つに区分される。

ローカルアドレスは 48 ビットすべてが 1 で構成されるブロードキャストアドレスのみを規定する。

ユニバーサルアドレスの構成を図 2-7 に示す。

ベンダーコードはメーカー固有の番号であり、インタフェース自体に固定で割り当てる。ノード番号はインタフェースを製造したメーカーがインタフェースに記録する。

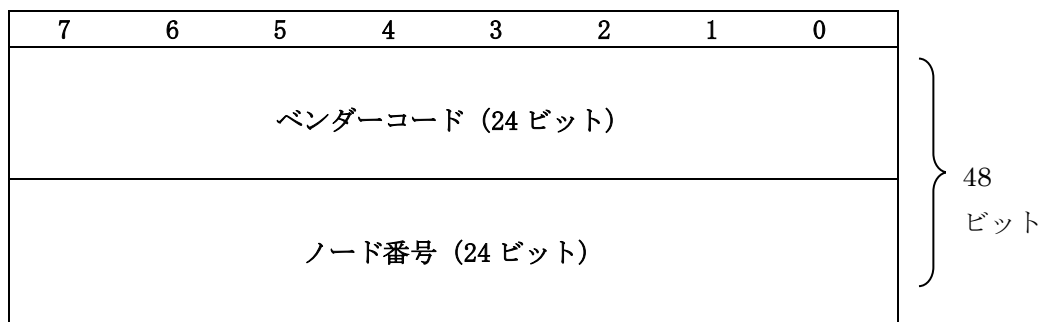


図 2-7 MAC アドレスの構成

2. 3 レイヤ3

2. 3. 1 I P

IPv4 IETF RFC791 準拠

IPv6 IETF RFC8200 準拠

2. 3. 2 I C M P

IETF RFC792 準拠

2. 3. 3 ルーティング方式

スタティックルーティング

IETF RFC4760 準拠

3. 故障管理

3. 1 Ethernet OAM

相互接続における故障管理の実施を目的として、ITU-T Y. 1731 に準拠した Ethernet OAM 機能 (CC フレーム) の利用を必須とする。本機能は網間相互接続インタフェースを介して相互接続する VLAN に対して原則適用される。以下、IEEE802.1ad での適用条件を示す。

3. 1. 1 利用条件

Ethernet OAM フレームは網間相互接続インタフェースにおいて、以下のように処理される。

- カスタマ VLAN タグが付いた Ethernet OAM フレームは透過転送する
- カスタマ VLAN タグが付いていない Ethernet OAM は以下のように処理される
 - MEG レベル = 0, 1, 2, 3 の Ethernet OAM フレームは破棄する
 - MEG レベル = 4 の Ethernet OAM フレームは CC フレームのみ透過転送し、他の Ethernet OAM フレームは破棄する
 - MEG レベル = 5, 6, 7 の Ethernet OAM フレームは透過転送する

MEG ID に関しては、ITU-T Y. 1731 Annex A で規定される ICC-based MEG ID Format のみ対応する。MEG ID は、当社が指定、或いは直接協定事業者との協議により決定された値を用いる必要がある。

MEG については 3. 1. 3 節を参照のこと。

なお、EtherType および MultiCast Address は以下の値で固定とする。

Multicast Address	= 01:80:C2:00:00:34
EtherType	= 0x8902

3. 1. 2 管理ポイント

Maintenance Point (MP)

Ethernet OAM フレームを処理する管理点である。
MEP および MIP から構成される。

MEG End Point (MEP)

Ethernet OAM フレームを生成・終端、処理する管理点である。
直接協定事業者の網内の MEP と当社の LAN 型通信網内の MEP は、網間相互接続インタフェースを介して Ethernet OAM フレームを交換することができる。原則 MEP は VLAN 単位で設置する。

以下に利用条件を示す。

- (1) 当社の LAN 型通信網内では、直接協定事業者と取り決めた MEP に対する CC 以外の Ethernet OAM フレームを廃棄する。
- (2) 同一 MEG 内で MEP を識別する MEPID の重複が許されないため、具体的な値は直接協定事業者と指定方法について双方合意し、開通時に付与することとし、決定された MEPID を用いる必要がある。

MEG Intermediate Point (MIP)

特定の Ethernet OAM フレームを終端、処理する管理点である。
尚、当社の LAN 型通信網内の MIP は網間相互接続インタフェースを介した応答を行わない。

3. 1. 3 管理レベル

MEG (Maintenance Entity Group)

Ethernet OAM による管理単位 ME (Maintenance Entity) の集合である。
MEP-MEP 間の組合せ (面) を意味する。

MEG ID

MEG を一意に識別するための識別子である。
16byte の空間をもち、以下のフィールドから構成される。

- ・ フォーマット (1byte)
- ・ 長さ (1byte)
- ・ 予約 (1byte)
- ・ アドレス (13byte)

MEG レベル

MEG の管理レベルを識別する。
MEG レベルは以下に示す 3 階層の管理レベルに分類できる。

- オペレータレベル : MEG レベル = 0, 1, 2
- プロバイダレベル : MEG レベル = 3, 4
- カスタマレベル : MEG レベル = 5, 6, 7

3. 1. 4 フレームフォーマット

Ethernet OAM のフレーム構造を図 3-1 に示す。
IEEE802.1ad のサービス VLAN タグが付与されたフレーム形式が利用可能である。

IEEE802.1ad サービス VLAN タグ付きのフレームフォーマット

* ()内の数字はbit数を表します。

宛先 アドレス (48)	送信元 アドレス (48)	TPID (16)	TCI (16)	イーサタイプ Tag ET (16)	MEG レベル (3)	バージョン 番号 (5)	制御 コード (8)	フラグ (8)	TLV オフセット (8)	OAMデータ情報 (CC等)
--------------------	---------------------	--------------	-------------	--------------------------	-------------------	--------------------	------------------	------------	---------------------	-------------------

図 3-1 Ethernet OAM のフレームフォーマット

3. 1. 5 フレーム種別

CC フレームのみ利用することができる。
すなわち、直接協定事業者が自網内に設定した MEP と、網間相互接続インタフェースを介して遠隔上に設定した MEP との CC フレーム交換による開通確認や故障の検出を行うことができる。

3. 1. 6 CC フレーム

サービス VLAN 毎に MEP 間で定期的にフレームを送受信する。各 MEG 毎に 1 つまたは複数の MEP を選択して、当該 MEP からは他の MEP に対してマルチキャストで送信し、その他の MEP からは当該 MEP にユニキャストで送信する。

当社の LAN 型通信網側は、対向 MEP から一定時間（送信間隔の 3.5 倍時間）受信しない場合に通信断とみなす。利用条件を以下に示す。

宛先アドレス : マルチキャストおよびユニキャスト MAC アドレス
送信間隔 : 1sec のみ
S-PCP 値 : 当該サービス VLAN で許容される値のうち、最優先で転送されるクラスで利用される値とする。

各 MEP からの CC フレーム不到達情報をもとにして、拠点間の通信断を検知することができる。

4. 試験方法

4. 1 IP ping

相互接続における開通試験や故障切り分けを行うため、IP ping 機能を利用する。

尚、試験対象として許可されたアドレスと異なる宛先に、直接協定事業者の網から当社のLAN型通信網内へと流入しようとするIP ping パケットは応答しない。

5. 保守運用

5. 1 冗長構成

冗長構成を必須とする。冗長構成として、リンクアグリゲーション或いはリングプロテクションの2種の何れかを選択することとする。冗長構成区間の接続帯域が冗長回線中の一物理回線容量を超過しない様収容する。

5. 1. 1 リンクアグリゲーション

IEEE 802.3 に準拠するリンクアグリゲーションをサポートする。

図5-1のように冗長回線数は2回線までとする。また、VLANの振り分けはVIDによる固定設定で行う。

また、IF速度が1Gbit/sの場合、Auto-Negotiationについてはenable設定を原則とする。

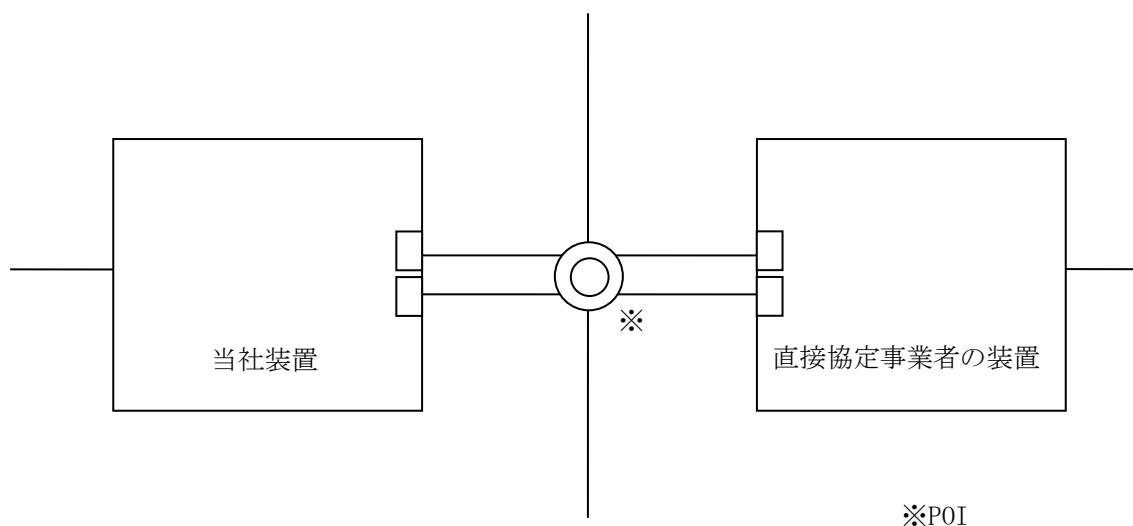


図5-1 直接協定事業者との接続イメージ（リンクアグリゲーション）

5. 1. 1. 1 冗長切替方式

リンクダウンの検出により故障を検出し、通信回線の片寄せを行う。

相互接続するレイヤ2装置の間にレイヤ1の伝送装置が存在する場合、リンクダウン転送（リンクパススルー）機能を有効にする必要がある。

なお、故障復旧時の切り戻しは手動によるものとし、故障復旧回線の正常性を相互に確認後に、行うものとする。

5. 1. 2 リングプロテクション

当社の規定するERPによるリングプロテクションをサポートする。ERPの詳細は本別表の付属資料aを参照のこと。また、IF速度が1Gbit/sの場合、Auto-Negotiationについてはdisable設定を原則とする。

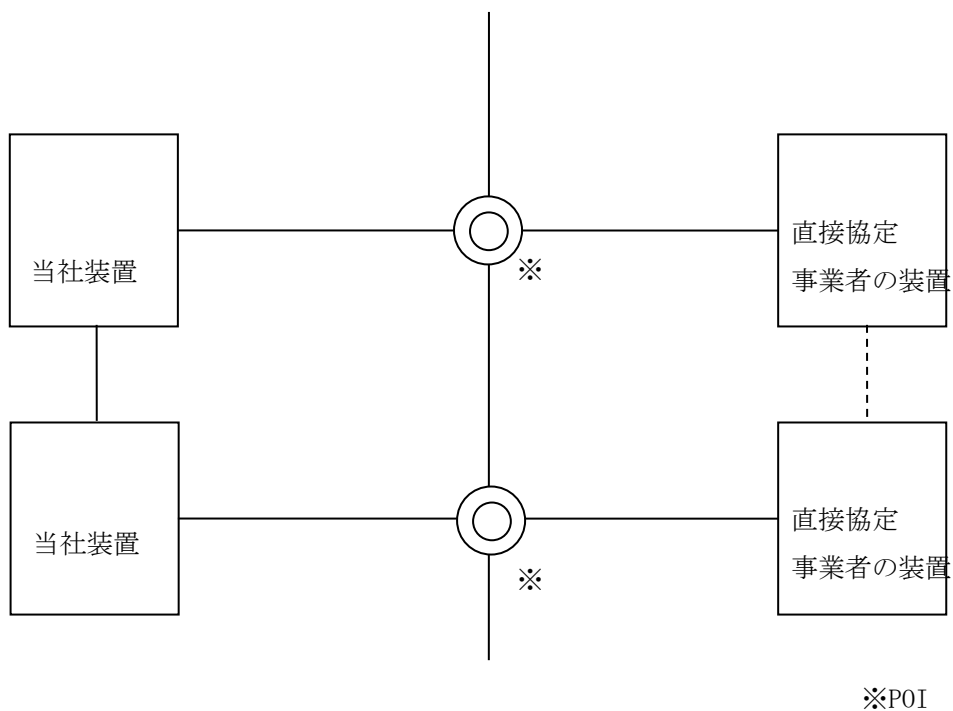


図5-2 当社との接続イメージ（リングプロテクション）

冗長構成とするため、当社のLAN型通信網と直接協定事業者とのPOIは2箇所ある。
 図5-2の装置の配置は一例である。

5. 1. 2. 1 設定条件

付属資料aのa. 2. 6. 節に記載のERPパラメータ値の内、リングの設定条件パラメータを、表5-1に示すように規定する。

表5-1 ERP 設定条件

	パラメータ	設定値
1	バージョン	1
2	ドメイン ID	1, 2 (2つのドメインを使用する)
3	R-CC-DA	01-80-C2-00-00-05
4	R-AIS-DA-prefix	01-81-C2-00

5	R-CTL-DA-prefix	01-82-C2-00
6	リング制御フレームのVID	1
7	リング制御フレームのPCP	7
8	リング制御フレーム用 Ether Type	0x9555
9	R-AIS 送信間隔	500msec
10	R-AIS 送信回数	5
11	FDB Flush 回避時間	5sec
12	R-CTL[rstr Ready] 送信間隔	2sec
13	R-CTL[rstr Ready] リトライ回数	3
14	R-CTL[rstr FWD] 送信間隔	500msec
15	R-CTL[rstr FWD] リトライ回数	3

5. 1. 2. 2 流通情報

付属資料 a の a. 2. 6. 節に記載の ERP パラメータ値の内、リング接続に関する流通パラメータを、表 5-2 に示すように規定する。

表 5-2 ERP 流通情報

	パラメータ	設定値	備考
1	RN-ID	協議事項	網間相互接続インタフェースで接続されるリング内で一意となるように調整
2	Ring-ID	協議事項	1~65535 リングを構成する装置間で同一 ID を設定し Ring を構成する。隣接 Ring では異なる必要がある。
3	優先 Ring-ID	非優先リング	網間相互接続インタフェースで接続されるリングは非優先リングとする

4	R-CC 送信間隔	100msec	ただし、故障監視間隔の調整で他の値とする必要があれば変更する。
5	R-CC ロス判定回数	3.5 回	ただし、故障監視間隔の調整で他の値とする必要があれば変更する。

また、表 5-2 のパラメータの他に、運用上、以下の項目について具体的な値は直接協定事業者と指定方法について双方合意し、開通時に付与することとする。

- ・ ドメイン設定用 VID
 - ドメインを設定する際に用いる VID
 - ドメイン毎に 1 個（計 2 個）
- ・ テスト用 VID
 - 接続検証時のテスト VLAN の VID
 - ドメイン設定用 VID を利用することも可能

さらに、以下の項目は原則として当社が管理・運用する。

- ・ admin Blocking port
 - リング上のドメインごとの閉塞点
- ・ 切り戻し
 - 故障復旧時の手動切り戻し運用

また、直接協定事業者と当社の間で接続させるユーザの VID について、当社から通知すること。

- VID

また、直接協定事業者と当社の間で接続させるユーザのドメイン ID について、当社に通知すること。

- ドメイン ID

5. 2 フロー制御

5. 2. 1 帯域制限

当社の LAN 型通信網では VLAN 単位に帯域制限の設定をする。直接協定事業者は、申込み時指定の VLAN 単位の設計帯域を越えないように帯域制限を掛けて、当社の LAN 型通信網へフレームを送信することとする。（排他的に）複数 VLAN をグループとした単位での帯域制限での規定を可能とする。なお、当社の LAN 型通信網では、双方で合意した帯域制限値を越えるトラヒックの転送を保障しない。

5. 2. 2 PAUSE 機能

IEEE802.3 の PAUSE 機能を用いたフロー制御には対応しない。
相互接続するレイヤ 2 装置側は、本機能が無効にする必要がある。

5. 3 フィルタリング条件

L A N 型通信網では、網間相互接続インタフェースにおいて以下のフレームを透過転送しない。

- VLAN タグ無しの STP (BPDU) フレーム (01:80:C2:00:00:00)、
LLDP フレーム (01:80:C2:00:00:0E)、PAUSE フレーム (01:80:C2:00:00:01)、
LACP フレーム (01:80:C2:00:00:02)
- VLAN タグ付きの PAUSE フレーム (01:80:C2:00:00:01)、
LACP フレーム (01:80:C2:00:00:02)

上記以外の予約済みアドレス (01-80-C2-00-00-00~0F) 及び、VLAN タグ付きの STP の BPDU フレーム (01:80:C2:00:00:00)、LLDP フレーム (01:80:C2:00:00:0E) は透過転送となる。

5. 4 QoS

L A N 型通信網内では、PCP および VID フィールドに基づいた優先制御を行う。表 5-3 に PCP フィールドとクラスを対応させた一例を示す。

表 5-3 TCI の PCP 値と優先度 (SH, H, M, L) の変換例

当社の L A N 型通信網 → 直接協定事業者の網	直接協定事業者の網 → 当社の L A N 型通信網
[優先クラス] → [PCP 値]	[PCP 値] → [優先クラス]
SH → 7	7, 6, 5 → SH
H → 4	4, 3 → H
M → 2	2, 1 → M
L → 0	0 → L

なお、本別表では、VLAN タグ内の DEI フィールドの利用方法に関して規定しない。

【付属資料 a】

ERP 仕様

a. 1. インターフェース規定点

図 a-1 に直接協定事業者との接続イメージを示す。

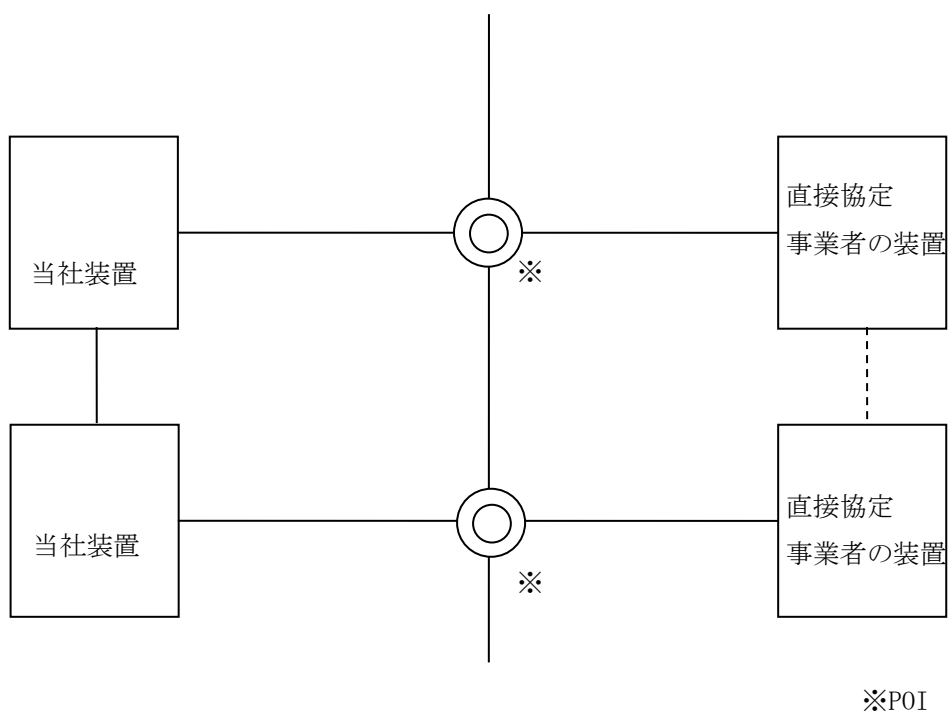


図 a-1 直接協定事業者との接続イメージ

a. 2. Ethernet Ring Protection (ERP)

a. 2. 1. ERP 動作概要

ERP は、スイッチ機能を有する装置（以下、スイッチと記載）がリング状に接続されたリングネットワーク上で、イーサネットの経路を制御するために以下の機能を具備する。

- ・ 故障検出機能
- ・ 経路切替制御機能
- ・ マルチリング対応機能

それぞれの機能について、以下に概要を説明する。

a. 2. 1. 1. 故障検出機能

ERP は以下の手順でスイッチ間の故障を監視する。

- ・ スイッチ間検査フレーム (R-CC) によりリンクごとに監視。
- ・ R-CC を一定時間受信しない場合にリンク故障を検出。
- ・ リンク故障を検出したら、検出したリングポートに R-RDI を送信。
- ・ R-RDI を受信したらリンク故障として検出 (片方向リンク故障検出)。

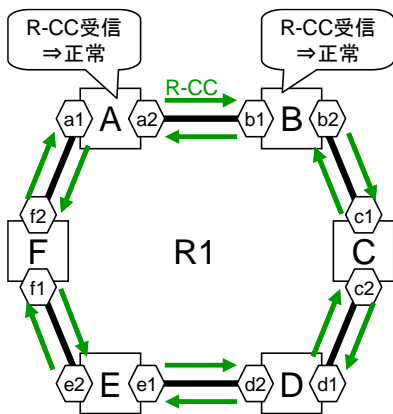


図 a-2 正常時の物理リンク監視

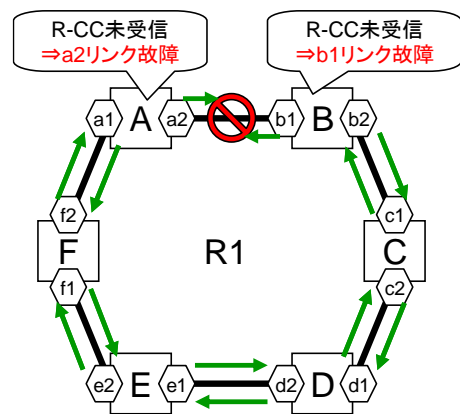


図 a-3 A-B間両方向故障

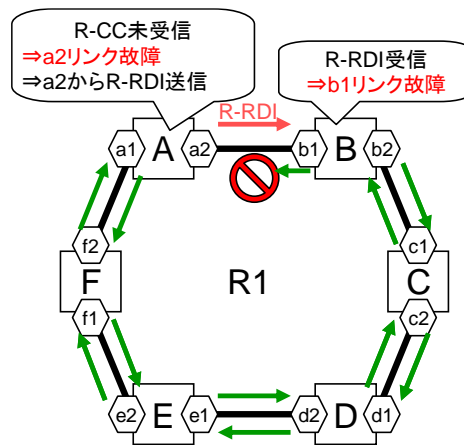


図 a-4 A-B間片方向故障








Ethernet では、上りと下りのトラフィックが同じ経路 (論理リンク) を通るため、片方向リンク故障も両方向リンク故障と同様に扱う。

また、リンクダウンを検出した場合も、R-CC 未受信/R-RDI 受信と同様に故障を検出する。

a. 2. 1. 2. 経路制御機能

ERP は、リングポートにおいて、ユーザフレームの疎通/遮断設定を制御することで、イーサネットの経路を制御する。また、経路の制御を VLAN グループ（ドメイン）ごとに実施する。表 a-1 に、リングポートの状態を示す。

表 a-1 リングポートの状態

状態	図	概要
Down		全フレームが転送されない状態。
Blocking		制御フレームのみが転送される状態。
initial-no-CC Blocking		スイッチ、ラインカード起動時などの初期状態。R-CC停止。リングポート単位。
initial-CC Blocking		スイッチ、ラインカード起動時などの初期状態。R-CC送信。ドメイン単位。
initial-error Blocking		スイッチ、ラインカード起動時などの初期状態。故障を検出している状態。ドメイン単位。
admin Blocking		管理者が設定する状態。優先リングのR-AISを受信するとForwardingに移行。共有リンクのリングポートには設定不可。ドメイン単位。
failure Blocking		故障箇所の両端のリングポートの状態。R-AIS受信時もForwardingに移行しない。リングポート単位。
recovery Blocking		故障検出後、R-CCにより復旧を確認し、Forwardingへの切戻待機状態。切り戻し制御によりForwardingに移行。ユーザフレームは転送不可。ドメイン単位。
Forwarding		全フレーム(ユーザフレーム, 制御フレーム)が転送される状態。ドメイン単位。

ERP は以下の手順で経路を制御する。図 a-5 に正常時のポート制御を、図 a-6 に故障発生時のポート制御を図示する。

- ・ 正常時にループを解除する閉塞ポート (e1) を admin Blocking として設定。
- ・ リンク故障を検出したスイッチは、そのリンクを接続するポート (a2, b1) を failure Blocking とする。
- ・ failure Blocking ポートとは逆のポート (a1, b2) から R-AIS を送信。
- ・ admin Blocking を持つスイッチ (E) は、R-AIS を受信したら admin Blocking ポート (e1) を Forwarding とする。
- ・ R-AIS を受信したスイッチは FDB(Filtering Data Base)を Flush する。

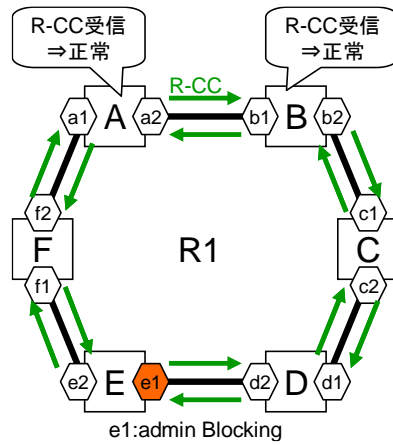


図 a-5 正常時のポート制御

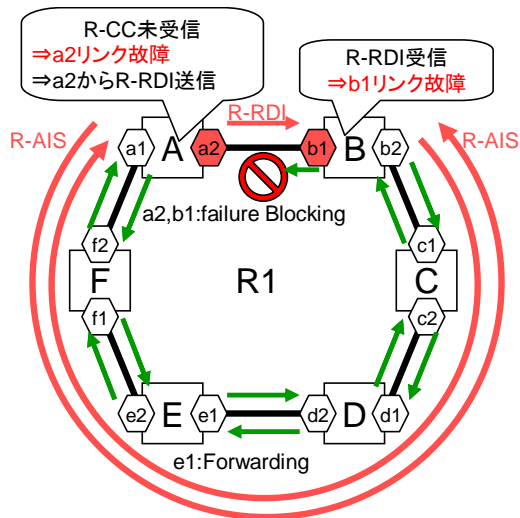


図 a-6 故障発生時のポート制御

a. 2. 1. 3. マルチリング対応機能

ERP は、図 a-7 のように、2 つのスイッチで複数のリングを接続するマルチリング構成におけるプロテクション機能を具備する。ここで、複数のリングで共有するリンク (A-B 間) を共有リンクと呼ぶ。

- 共有リンクの故障に対しては、唯ひとつのリング (優先リング) においてのみ経路切替を行う。
 - 共有リンクで故障を検出した場合、優先リングに対して、優先リングフラグ及び Flush フラグが ON に設定された R-AIS を送信する。その他のリングに対しては、優先リングフラグ及び Flush フラグが OFF に設定された R-AIS を送信する。
 - admin Blocking を保持するスイッチが R-AIS を受信した場合、優先リングフラグが ON であれば、admin Blocking を Forwarding に遷移して転送し、優先リングフラグが OFF であれば状態遷移は行わずに転送する。また、Flush フラグが ON であれば FDB Flush を行い、OFF であれば FDB Flush を行わない。

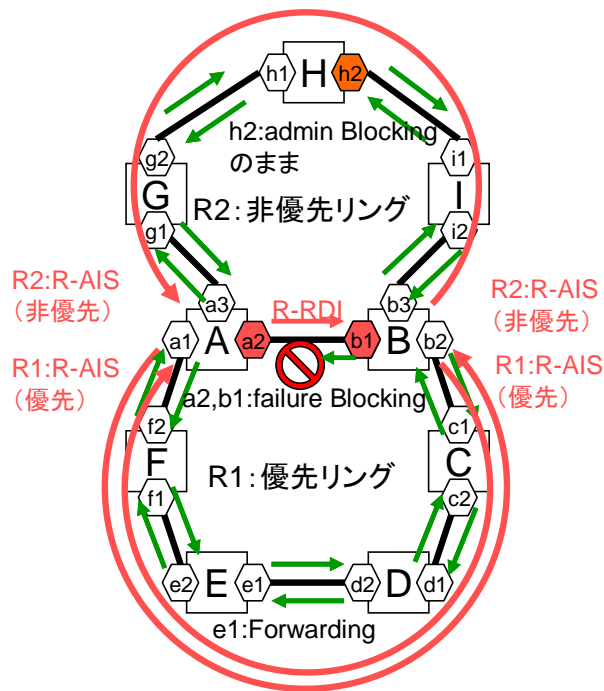


図 a-7 マルチリングの共有リンク故障時のポート制御

a. 2. 2. ERP フレーム構成

ERP 機能が図 a-1 に示すリング型の接続構成において、イーサネットの経路を制御するために備える制御フレームの構成を以下に示す。

a. 2. 2. 1. 共通構成

ERP は各種制御フレームを具備するが、それぞれに共通する構成について図 a-8 に示す。

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1		DA																															
5																																	
9		SA=発側物理ポートMAC または 発側リングポートMAC																															
13		TPID=0x88-a8																VLANタグTCI															
17		Ethertype=0x95-55																version=0x00-01															
21		rType								フラグ																							
25		着RN-ID																															
29		発RN-ID																															
33																		Ring-ID															

図 a-8 ERP 制御フレーム共通構成

DA・・・制御フレームごとに異なる（後述）

SA・・・送信元リングポート MAC アドレス

TPID・・・制御フレームは IEEE802.1ad 形式である。そのため「0x88-a8」とする。

VLAN タグ TCI・・・PCP は「7」、VID は任意に設定できること。

Ethertype・・・リング制御フレームであることを示す「0x95-55」とする。

version・・・プロトコルバージョン番号「0x00-01(2byte)」

rType・・・制御フレーム種別の識別子。種別を表 a-2 に示す。

フラグ・・・各制御フレームの制御フラグ（後述）。

着 RN-ID・・・制御フレームの宛先スイッチの RN-ID（スイッチの識別子：Ring Node ID）

発 RN-ID・・・送信元のスイッチの RN-ID

Ring-ID・・・制御フレームの制御対象となるリングの識別子。10 進数の Ring-ID を 2 進表記として MSB を bit 8 とする。例えば Ring-ID が「1000」の場合の bit 列は「0000001111101000(2byte)」となる。

表 a-2 rType フィールド値

8 bit	種別	備考
00000000	R-CC	リンク監視用フレーム
01000000	R-RDI	リンク監視用フレーム
10000000	R-AIS	故障通知用フレーム
11000010	R-CTL[rstr Ready]	切り戻し確認フレーム
11000011	R-CTL[rstr FWD]	切り戻し実施フレーム

a. 2. 2. 2. R-CC

R-CCは隣接スイッチ間で物理リンクの正常性を確認する制御フレームである。以下に、R-CCの概要を示す。

- ・ 目的
 - リンクの故障検出
- ・ 処理方法
 - 物理ポートから物理リンクごとに送信。自スイッチのRN-IDと送信間隔時間を隣接スイッチへ通知する。
 - 隣接スイッチの送信間隔時間×R-CCロス判定回数の間、R-CCが未受信の場合に故障を検出。
- ・ 転送
 - 隣接スイッチで終端(転送しない)。

フレーム構成は図 a-8 に加え、図 a-9 の構成を持つ。

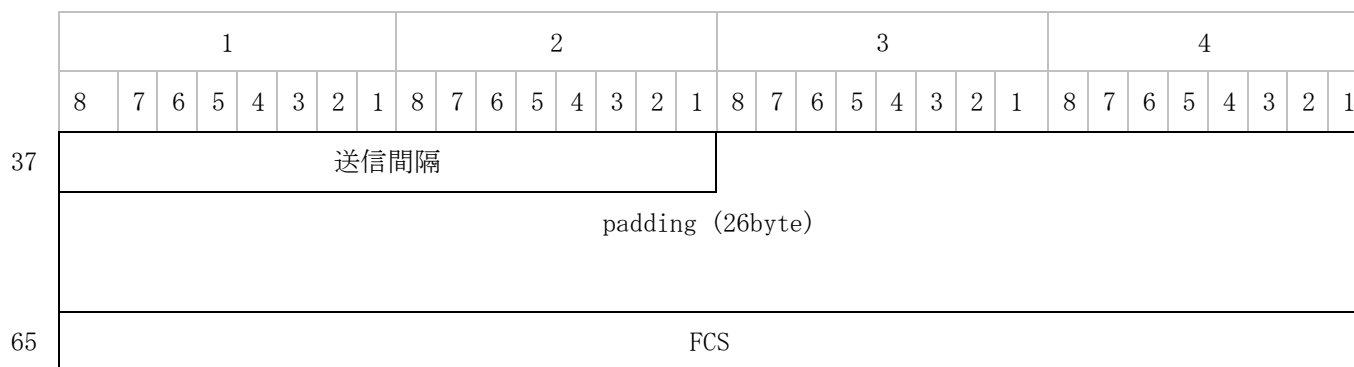


図 a-9 R-CC フレーム構成

送信間隔・・・自スイッチの R-CC 送信間隔。10 進数での msec 値を 2 進表記として MSB を bit 8 とする。例えば、100msec の場合は「000000001100100(2byte)」となる。

Padding は「0」で埋めること。

R-CC は、図 a-8 で示した共通構成のフィールドの内、DA として 01-80-C2-00-00-05 を持つ。また、フラグフィールド値として、表 a-3 のビット列を持つ。

表 a-3 R-CC のフラグフィールド値

8 bit	種別	備考
10000000	Ack	R-CC 停止応答
01000000	stop	R-CC 停止
00100000	Reserve	
00010000	Reserve	
00001000	Reserve	
00000100	Reserve	
00000010	Reserve	
00000001	Reserve	

Ack フラグ、Stop フラグは、R-CC の停止処理に用いる (a. 2. 3. 1. 参照)。これらのフラグ bit 列は、和を取ることで、複数のフラグ種別を持つ。例えば、Ack + Stop フラグであれば「11000000」となる。

R-CC を受信したスイッチは受信した R-CC の送信間隔フィールド、発 RN-ID フィールドから、隣接スイッチの R-CC 送信間隔と隣接 RN-ID 情報を取得する。

a. 2. 2. 3. R-RDI

R-RDI は接スイッチ間で物理リンクの正常性を確認する制御フレームである。以下に、R-RDI の概要を示す。

- ・ 目的
 - R-CC による故障検出を対向スイッチに通知 (片方向リンク故障が検出可能)
- ・ 処理方法
 - 物理ポートから物理リンクごとに送信。R-CC, R-RDI 共に未受信の場合に、R-CC と同じ間隔で継続的に送信。その間 R-CC の送信は停止。

- R-RDI を受信した物理ポートは片方向リンク故障を検出。対向スイッチから R-CC、もしくは R-RDI を受信したら R-RDI の送信を停止し R-CC を送信開始。

- ・ 転送

- 隣接スイッチで終端(転送しない)。

DA、フレーム構成、フラグフィールド値は R-CC と同じである。

a. 2. 2. 4. R-AIS

R-AIS は故障を検出した際に他のスイッチに対して故障の発生を通知し、経路の切替を実施する制御フレームである。以下に、R-AIS の概要を示す。

- ・ 目的

- リング内の他スイッチへの故障通知

- ・ 処理方法

- 故障検出時に、検出したリングポートと同じ Ring-ID を持つ逆側リングポートに R-AIS+故障 ID を送信。このとき、マルチキャスト DA の下位 2byte を Ring-ID とする。
- R-AIS 受信時は、SA が自スイッチである場合に廃棄し、SA が自スイッチではない場合、マルチキャスト DA により Ring-ID を識別し、同じ Ring-ID のリングポートに転送する。着 RN-ID が自スイッチの場合、もしくは同一 Ring-ID の逆側リングポートが initial-no-CC Blocking 状態、もしくは、initial-error Blocking 状態、もしくは、failure Blocking 状態の場合、R-AIS Ack+故障 ID を応答する。
- R-AIS を送信したスイッチが R-AIS Ack+故障 ID を受信したら、故障 ID が一致する R-AIS の送信を停止する。送信後 R-AIS Ack を R-AIS 送信間隔の間受信しなければ再送。再送回数分だけ受信しなければ送信終了。
- admin Blocking 状態のドメインを持つスイッチは、優先リングフラグが ON の R-AIS を受信した際に、当該ドメインを Forwarding 状態に遷移する。
- 受信した R-AIS の Flush フラグが ON の場合、FDB を Flush する。続けて R-AIS を受信しても Flush 回避時間の間は FDB Flush しない。

- ・ 転送

- 受信した制御フレームのマルチキャスト DA の Ring-ID と同じ Ring-ID を持つリングポートに転送する。

フレーム構成は図 a-8 に加え、図 a-10 の構成を持つ。

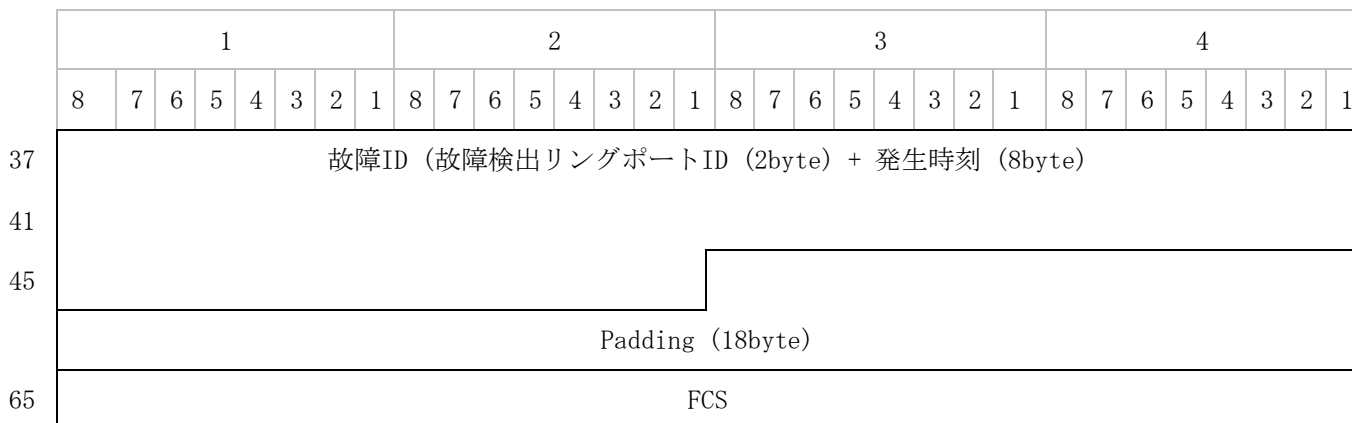


図 a-10 R-AIS フレーム構成

故障 ID は、故障を検出したリングポート ID と故障検出時刻から成る。R-AIS Ack を受信した際、故障 ID が一致する R-AIS の送信を停止する。発生時刻は RFC2579 で定義される DateAndTime の上位 8byte と同じ構造を持つ。

Padding は「0」で埋めること。

R-AIS の DA は上位 4byte を 01-81-C2 とし、下位 2byte を Ring-ID とする。R-AIS を受信したスイッチは DA の下位 2byte と同じ Ring-ID が設定されたリングポートを特定し、該リングポートに対して R-AIS を転送する。これにより R-AIS の転送範囲をリング内に限定することが可能となる。なお、スイッチは受信した R-AIS の SA が自スイッチの MAC アドレスと一致する場合に廃棄する機能を具備する。

また、フラグフィールド値として、表 a-4 のビット列を持つ。

表 a-4 R-AIS のフラグフィールド値

8 bit	種別	備考
10000000	Ack	R-AIS Ack 応答
01000000	Flush	FDB Flush 命令
00100000	優先リング	ポート制御命令
00010000	Reserve	
00001000	Reserve	
00000100	Reserve	
00000010	Reserve	
00000001	Reserve	

これらのフラグ bit 列は、和を取ることで、複数のフラグ種別を持つ。例えば、Flush + 優先リングフラグであれば「01100000」となる。

a. 2. 2. 5. R-CTL[rstr Ready] / R-CTL[rstr FWD]

R-CTL[rstr Ready]と R-CTL[rstr FWD]は、初期起動・故障復旧時の切り戻し・ドメインの VLAN 設定を行う制御フレームである。

・目的

- オペレータが admin Blocking ポートを指定し初期起動/切り戻し・ドメインの VLAN 設定を行う。

・処理方法

- オペレータが admin Blocking とするリングポートを設定し、該スイッチは、admin Blocking に設定されたリングポートから隣接スイッチに対し R-CTL[rstr Ready] を送信。R-CTL[rstr Ready]を受信したスイッチは、同一の Ring-ID が設定されたリングポートへ転送する。
- R-CTL[rstr Ready]を送信したスイッチは、送信したリングポートとは逆側のリングポートから R-CTL[rstr Ready]を受信したら、R-CTL[rstr Ready]を送信したリングポートを admin Blocking に遷移させ、R-CTL [rstr FWD]を送信。
- R-CTL [rstr FWD]を受信したスイッチは FDB を Flush し、同一 Ring-ID のリングポートが initial-CC Blocking もしくは recovery Blocking の場合、Forwarding にする。さらに R-CTL [rstr FWD]を受信したリングポートとは逆側のリングポートから転送する。
- R-CTL [rstr FWD]を送信した admin Edge は、逆側のリングポートから R-CTL [rstr FWD]を R-CTL 送信間隔の間受信しなければ再送信する。R-CTL 再送回数受信しなければエラー終了。

・転送

- 受信した制御フレームのマルチキャスト DA の Ring-ID と同じ Ring-ID を持つリングポートに転送する。

フレーム構成は図 a-8 に加え、図 a-11 の構成を持つ。

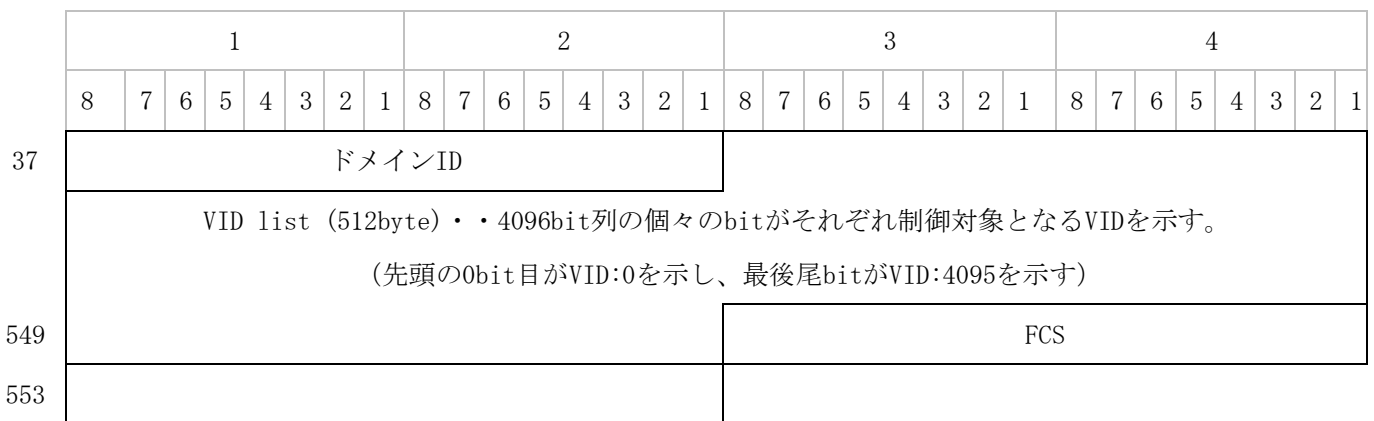


図 a-11 R-CTL[rstr Ready] R-CTL[rstr FWD]フレーム構成

ドメイン ID は、10 進数のドメイン ID を 2 進表記して MSB を bit 8 とする。例えば、ドメイン ID が「1」の場合は「0000000000000001(2byte)」となる。VID list は図 a-11 の解説を参照。

R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]は、上記処理方法をドメインごとに実施する。ERP は初期起動時(リングポート設定時)のリングポートの状態が Blocking 状態であるため、ドメイン毎に経路を設定(各リングポートを Forwarding に遷移)する必要がある。また、故障から復旧した場合も recovery Blocking を Forwarding に遷移させる必要がある。この制御をドメイン毎に実施するために、R-CTL[rstr Ready]は図 a-11 のようにドメイン ID とそのドメイン ID に設定される VID list を保持し、R-CTL[rstr Ready]を受信したスイッチは、ドメイン ID と VID list の情報を保持する。R-CTL[rstr FWD]はドメイン ID のみを保持し、R-CTL[rstr FWD]を受信したスイッチは、該当のドメインと VID の状態を制御する。

R-CTL[rstr Ready]と R-CTL[rstr FWD]の DA は、上位 4byte を 01-82-C2 とし、下位 2byte を Ring-ID とする。R-CTL[rstr Ready]もしくは R-CTL[rstr FWD]を受信したスイッチは DA の下位 2byte と同じ Ring-ID が設定されたリングポートを特定し、該リングポートに対して R-AIS を転送する。

また、フラグフィールド値として、表 a-5 のビット列を持つ。

表 a-5 R-AIS のフラグフィールド値

8 bit	種別	備考
10000000	Reserve	
01000000	Flush	FDB Flush 命令
00100000	Nack(failure)	故障時 Nack
00010000	Nack(Ring-ID)	Ring-ID 不正時 Nack
00001000	Reserve	
00000100	Nack(initial-no-CC)	R-CC 未送信 Nack
00000010	Nack(exclusion)	排他制御 Nack
00000001	Reserve	

FDB Flush 命令・・・R-CTL[rstr Ready]では OFF、R-CTL[rstr FWD]において ON となる。

Nack(failure)・・・R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]を受信した際、該 Ring-ID と同じ Ring-ID が設定されたリングポートの状態が Failure Blocking の場合に、Nack(failure)フラグを ON に設定し、受信リングポートから Nack 応答を行う。

Nack(Ring-ID)・・・R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]を受信した際、該 Ring-ID と同じ Ring-ID が設定されたリングポートが唯1つだけ存在する、もしくは3つ以上存在する場合に、Nack(Ring-ID)フラグを ON に設定し、受信リングポートから Nack 応答を行う。

Nack(initial-no-CC)・・・R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]を受信した際、該 Ring-ID と同じ Ring-ID が設定されたリングポートの状態が initial-no-CC Blocking の場合に、Nack(initial-no-CC)フラグを ON に設定し、受信リングポートから Nack 応答を行う。

Nack(exclusion)・・・R-CTL[rstr Ready]を受信した際、VID list に設定されている VID が、スイッチ内の別のドメインに既に設定されている場合に、Nack(exclusion)フラグを ON に設定し、受信リングポートから Nack 応答を行う。

a. 2. 3. ERP 機能の詳細

a. 2. 3. 1. R-CC 処理

- R-CC の送信開始処理
 - R-CC/R-RDI の送信
 - ◇ R-CC, R-RDI の何れかを受信 : R-CC 送信
 - ◇ R-CC, R-RDI の何れも未受信 : R-RDI 送信
 - R-CC 送信開始
 - ◇ CLI による R-CC 送信開始コマンド投入, もしくは隣接ノードから R-CC もしくは R-RDI を受信した場合に, 両論理ポートから R-CC を送信開始。ただし, R-CC Stop により送信を停止した論理ポートは, 逆側論理ポートの R-CC 受信による R-CC 送信開始は行わず, CLI による送信開始のみを行う。
 - ◇ ただし, 共用論理ポートから R-CC/R-RDI を受信した場合は, 逆側論理ポートからの R-CC 送信開始は行わない。
 - R-CC 送信開始時の故障監視
 - ◇ R-CC を送信開始したら, 隣接ノードからの R-CC を受信するまで, 自スイッチの R-CC 送信間隔デフォルト値とロスト判定回数で故障監視を行う。
 - ◇ 故障を検出した場合は, 通常の故障検出と同様に, initial-error Blocking 状態へ遷移し, R-CC の代わりに R-RDI を送信。
 - ◇ 隣接ノードから R-CC を受信したら, それ以降は受信 R-CC の Interval を隣接 R-CC 送信間隔として故障監視を行う。
- R-CC の送信停止処理
 - R-CC+Stop, R-CC+Stop+Ack 送受信処理
 - ◇ Stop 送信側 : R-CC+Stop 送信。
 - ◇ Ack 応答側 : R-CC+Stop を受信したら, R-CC+Stop+Ack を応答。
 - ◇ Stop 送信側 : R-CC+Stop+Ack を受信したら R-CC+Stop の送信を停止。
 - R-CC+Stop
 - ◇ 送信間隔 : R-CC と同じ。
 - ◇ Ack タイムアウト時間 : 送信間隔の 10 倍時間 (9 回送信分)。
 - ◇ Ack タイムアウト時間, Ack を受信しなければ R-CC+Stop の送信を停止。
 - initial-no-CC Blocking 状態への遷移タイミング
 - ◇ 以下の何れかのタイミングで論理ポートを initial-no-CC Blocking 状態へ遷移させること。
 - ◇ R-CC-Stop を送信したとき。
 - ◇ R-CC-Stop-Ack の受信タイムアウトが発生したとき。

a. 2. 3. 2. FDB Flush について

R-AIS、R-CTL を受信した際に、以下のとおり FDB Flush を実施する。

- 論理ポートでの故障検出 (R-CC, R-RDI, リンクダウン)
 - リングポート単位 (共用リンクの場合は、優先リングのリングポート単位)
- R-AIS, R-CTL 受信
 - リングポート単位 (R-AIS, R-CTL を受信したリングの両論理ポート向きの FDB を Flush)

R-AIS 受信による FDB Flush を実施後、一定時間は R-AIS 受信による FDB Flush を回避する機能を具備する。

a. 2. 3. 3. ドメイン制御について

- ドメインへの VID 追加
R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]を用いて実施。
R-CTL[rstr Ready]は、ドメインに既に設定されている VID に加え、新規に追加する VID を保持して送信される。
- ドメインからの VID 削除
R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]を用いて実施。
R-CTL[rstr Ready]は、ドメインに既に設定されている VID から、削除する VID を除いた VID list を保持して送信される。
- ドメイン間の VID 移動
前記のドメインからの VID 削除を実施してから、ドメインへの VID 追加を行うことで VID 移動を実施する。
- ドメインの削除
R-CTL[rstr Ready]の VID list の bit 列を全て「0」にして送信することで、スイッチ内からドメインの設定を削除する。

a. 2. 3. 4. 切り戻しモードについて

ERP は R-CTL[rstr Ready]/R-CTL[rstr FWD]による手動切り戻しのみを具備する。自動切り戻し機能は具備しない。

a. 2. 4. ERP プロテクションシーケンス

本節で、ERP のプロテクションシーケンスについて示す。図 a-1 2 は本節で解説するネットワークモデルである。なお、R1 が優先リング、R2 が非優先リングである。

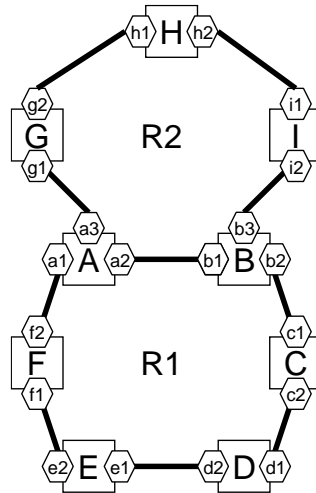


図 a-1 2 ネットワークモデル

a. 2. 4. 1. A-B 間両方向故障

図 a-1 3 に A-B 間両方向故障発生時の優先リング (R1) のプロテクションシーケンスを示す。

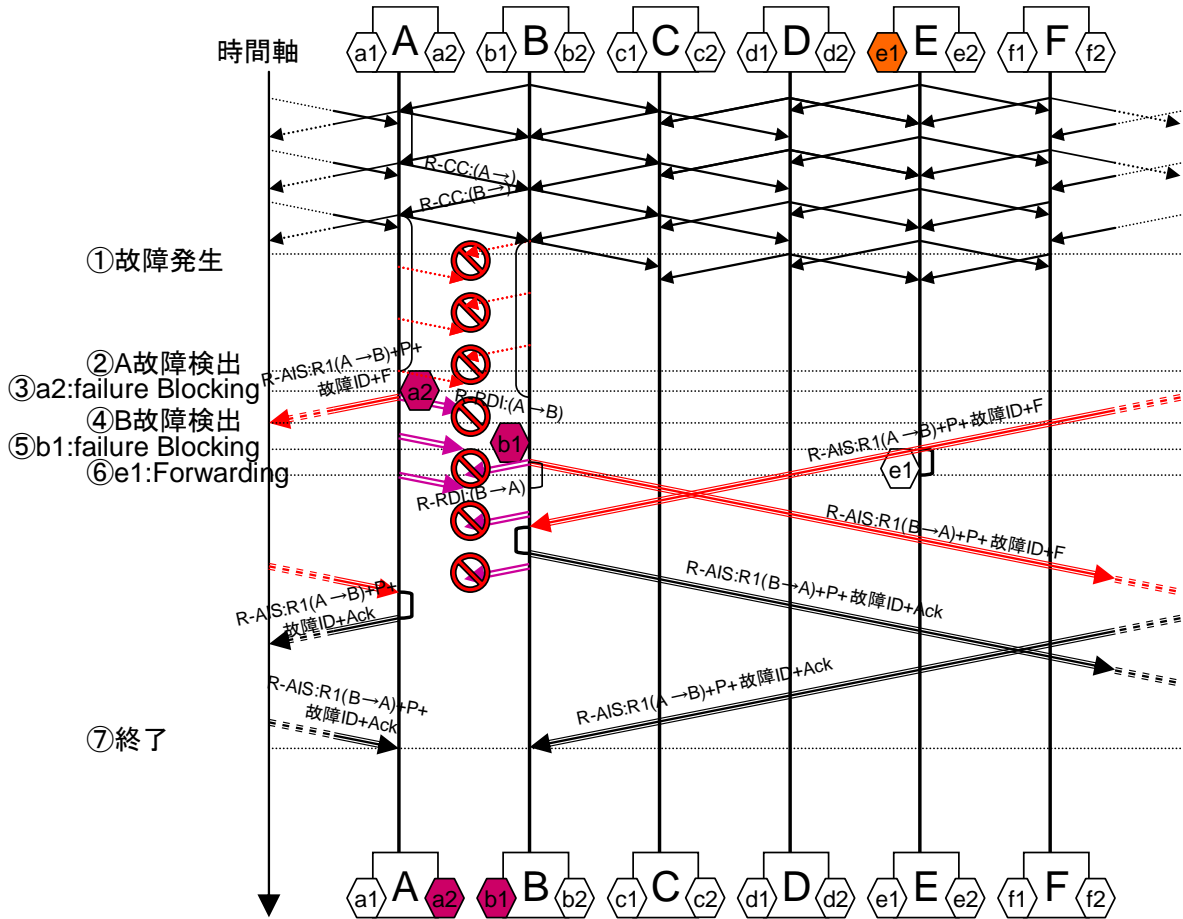


図 a-1 3 A-B 間両方向故障発生時の優先リング (R1)

正常時は、スイッチ E のリングポート e1 を admin Blocking とする。スイッチ A-B 間で両方向故障が発生すると、それぞれ接続されているリングポート a2, b1 とで R-CC のロス (もしくはリンクダウン) を検出する。故障を検出した場合、該当リングポートを failure Blocking に遷移させ R-RDI を送信する。さらに、故障を検出した a2, b1 は共用リンクであるため、該当ポートに設定された優先 Ring-ID と同じ Ring-ID が設定されたリングポート a1, b2 から、優先リングフラグ (図中の P)、Flush フラグ (図中の F) を ON にした R-AIS を送信する。R-AIS+F+P を受信したスイッチでは、受信したリングポートと同じ Ring-ID が設定されたリングポートへ転送し、さらに、該当 Ring-ID の両リングポートに関する FDB を Flush する。また、admin blocking (e1) を保持するスイッチ E が R-AIS+F+P を受信すると、リングポート e1 を forwarding に遷移させる。スイッチ A, B

はそれぞれ着 RN-ID が自スイッチの RN-ID である R-AIS を受信し、R-AIS Ack を応答する。このとき、着 RN-ID と発 RN-ID を入れ替える。また、R-AIS Ack の Flush フラグは OFF とする。さらにスイッチ A,B はそれぞれ着 RN-ID が自スイッチの RN-ID である R-AIS Ack を受信し、該 R-AIS Ack に設定された故障 ID と同じ故障 ID を持つ R-AIS の送信を停止する。

また、図 a-1 4 に A-B 間両方向故障発生時の非優先リング (R2) のプロテクションシーケンスを示す。

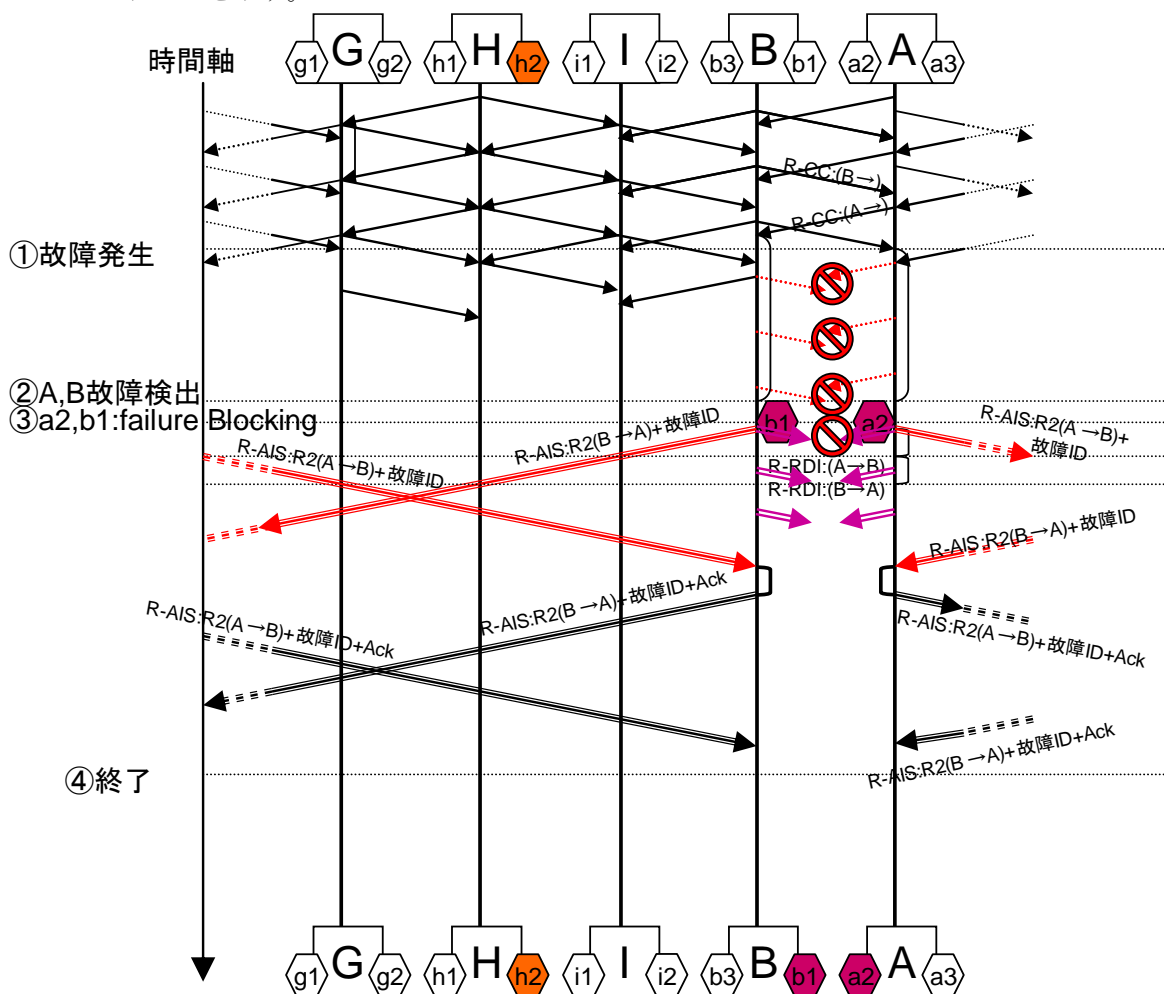


図 a-1 4 A-B 間両方向故障発生時の非優先リング (R2)

正常時は、スイッチ H のリングポート h2 を admin Blocking とする。スイッチ A-B 間で両方向故障が発生すると、それぞれ接続されているリングポート a2, b1 とで R-CC のロス (もしくはリンクダウン) を検出する。故障を検出した場合、該当リングポートを failure Blocking に遷移させ R-RDI を送信する。さらに、故障を検出した a2, b1 は共用

リンクであるため、該当ポートに設定された複数の Ring-ID の内、優先 Ring-ID ではない Ring-ID が設定されたリングポート a3, b3 から、優先リングフラグ、Flush フラグを OFF にした R-AIS を送信する。R-AIS を受信したスイッチでは、受信したリングポートと同じ Ring-ID が設定されたリングポートへ転送する。また、admin blocking(h2)を保持するスイッチ H が R-AIS を受信しても優先リングフラグが OFF であるため、リングポート h2 は forwarding に遷移させない。また、R-AIS を受信したスイッチは Flush フラグが OFF であるため、FDB を Flush しない。スイッチ A, B はそれぞれ着 RN-ID が自スイッチの RN-ID である R-AIS を受信し、R-AIS Ack を応答する。このとき、着 RN-ID と発 RN-ID を入れ替える。また、R-AIS Ack の Flush フラグは OFF とする。さらにスイッチ A, B はそれぞれ着 RN-ID が自スイッチの RN-ID である R-AIS Ack を受信し、該 R-AIS Ack に設定された故障 ID と同じ故障 ID を持つ R-AIS の送信を停止する。

a. 2. 4. 2. スイッチ B 故障

図 a-15 にスイッチ B の故障発生時の優先リング(R1)のプロテクションシーケンスを示す。

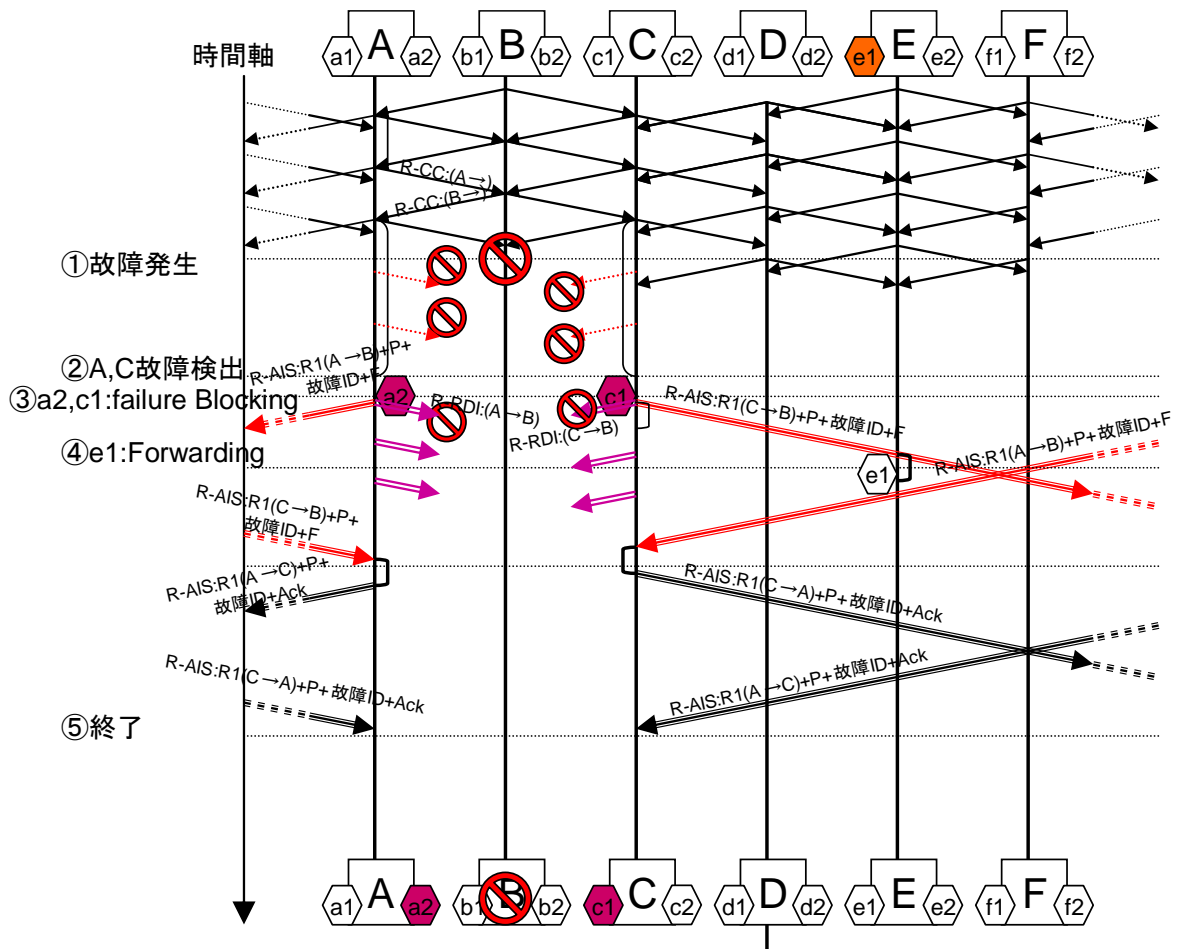


図 a-15 スイッチBの故障発生時の優先リング(R)

スイッチBの故障が発生すると、スイッチBが接続されているスイッチA,Cのリングポートa2,c1とでR-CCのロス(もしくはリンクダウン)を検出する。故障を検出した場合、該当リングポートをfailure Blockingに遷移させR-RDIを送信する。スイッチAのリングポートa2は共用リンクであるため、該当ポートに設定された複数のRing-IDの内、優先Ring-IDではないRing-IDが設定されたリングポートa1から、優先リングフラグ(図中のP)、Flushフラグ(図中のF)をONにしたR-AISを送信する。一方、スイッチCのリングポートc1は、共用リンクではないため、該当ポートに設定されたRing-IDと同じRing-IDが設定されたリングポートc2から、優先リングフラグ(図中のP)、Flushフラグ(図中のF)をONにしたR-AISを送信する。R-AIS+F+Pを受信したスイッチでは、受信したリングポートと同じRing-IDが設定されたリングポートへ転送し、さらに、該当Ring-IDの両リングポートに関するFDBをFlushする。また、admin blocking(e1)を保持するスイッチEがR-AIS+F+Pを受信すると、リングポートe1をforwardingに遷移させる。スイッチA,CはそれぞれR-AISの着RN-IDが自スイッチのRN-IDではないが、転送先のリングポートがfailure Blockingであるため、R-AIS Ackを応答する。また、

R-AIS Ack の Flush フラグは OFF とする。さらにスイッチ A, C はそれぞれ着 RN-ID が自スイッチの RN-ID である R-AIS Ack を受信し、該 R-AIS Ack に設定された故障 ID と同じ故障 ID を持つ R-AIS の送信を停止する。

また、図 a-1 6 にスイッチ B の故障発生時の非優先リング (R2) のプロテクションシーケンスを示す。

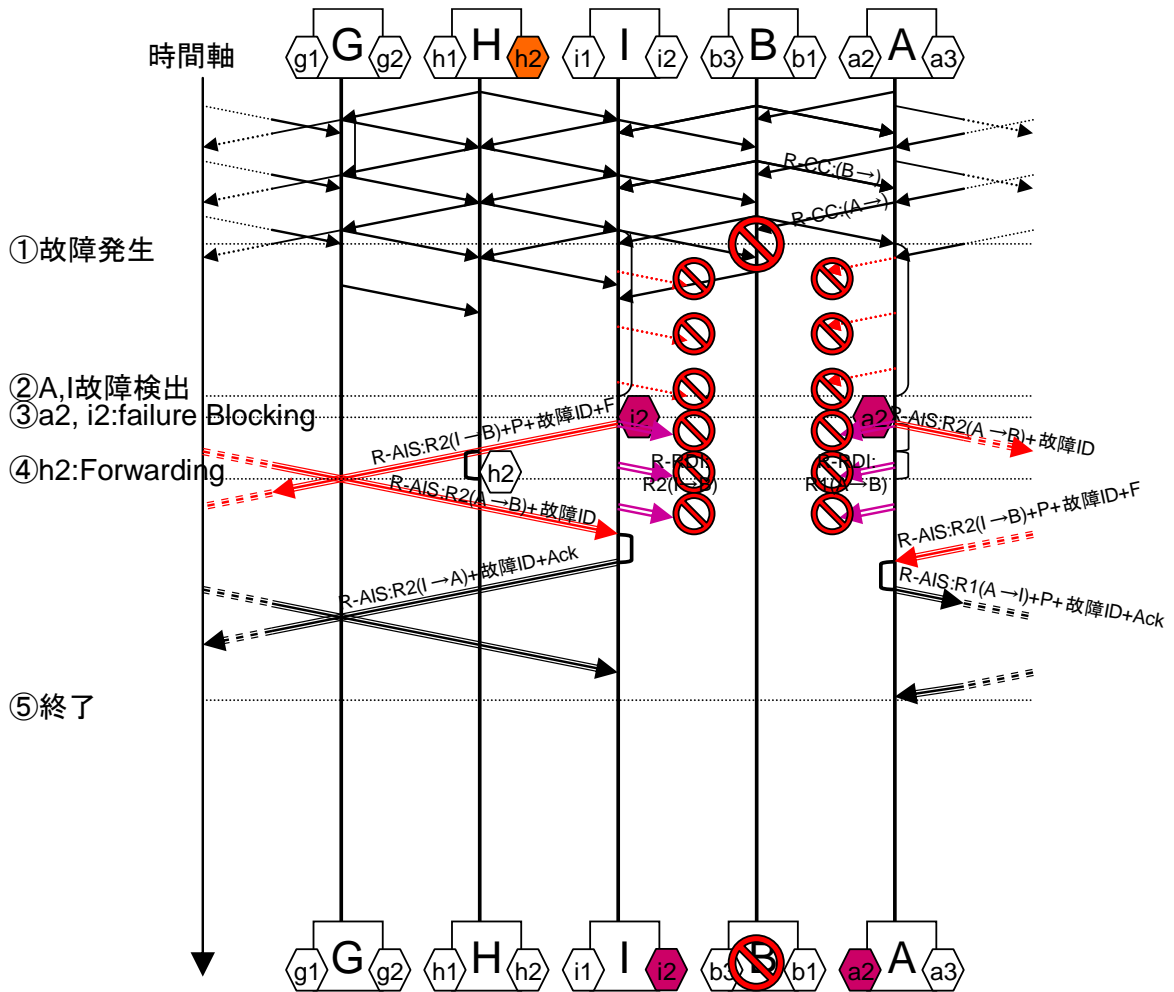


図 a-1 6 スイッチ B の故障発生時の非優先リング (R2)

スイッチ B の故障が発生すると、スイッチ B が接続されているスイッチ A, I のリングポート a2, i2 とで R-CC のロス (もしくはリンクダウン) を検出する。故障を検出した場合、該当リングポートを failure Blocking に遷移させ R-RDI を送信する。スイッチ A のリングポート a2 は共用リンクであるため、該当ポートに設定された優先 Ring-ID と同じ Ring-ID が設定されたリングポート a3 から、優先リングフラグ、Flush フラグを OFF にした R-AIS を送信する。一方、スイッチ I のリングポート i2 は、共有リンクではないため、該当ポートに設定された Ring-ID と同じ Ring-ID が設定されたリングポート c2 から、優先リングフラグ (図中の P)、Flush フラグ (図中の F) を ON にした R-AIS を送信する。

admin blocking(h2)を保持するスイッチ H が、スイッチ A が送信した R-AIS を受信しても優先リングフラグが OFF であるため、リングポート h2 は forwarding に遷移させない。しかし、スイッチ I が送信した R-AIS+F+P を受信した場合、リングポート h2 を forwarding に遷移させる。スイッチ A, I はそれぞれ R-AIS の着 RN-ID が自スイッチの RN-ID ではないが、転送先のリングポートが failure Blocking であるため、R-AIS Ack を応答する。また、R-AIS Ack の Flush フラグは OFF とする。さらにスイッチ A, I はそれぞれ着 RN-ID が自スイッチの RN-ID である R-AIS Ack を受信し、該 R-AIS Ack に設定された故障 ID と同じ故障 ID を持つ R-AIS の送信を停止する。

a. 2. 4. 3. 初期起動

図 a-17 にリングの設定を実施後にドメイン毎に経路を設定するシーケンスを示す。

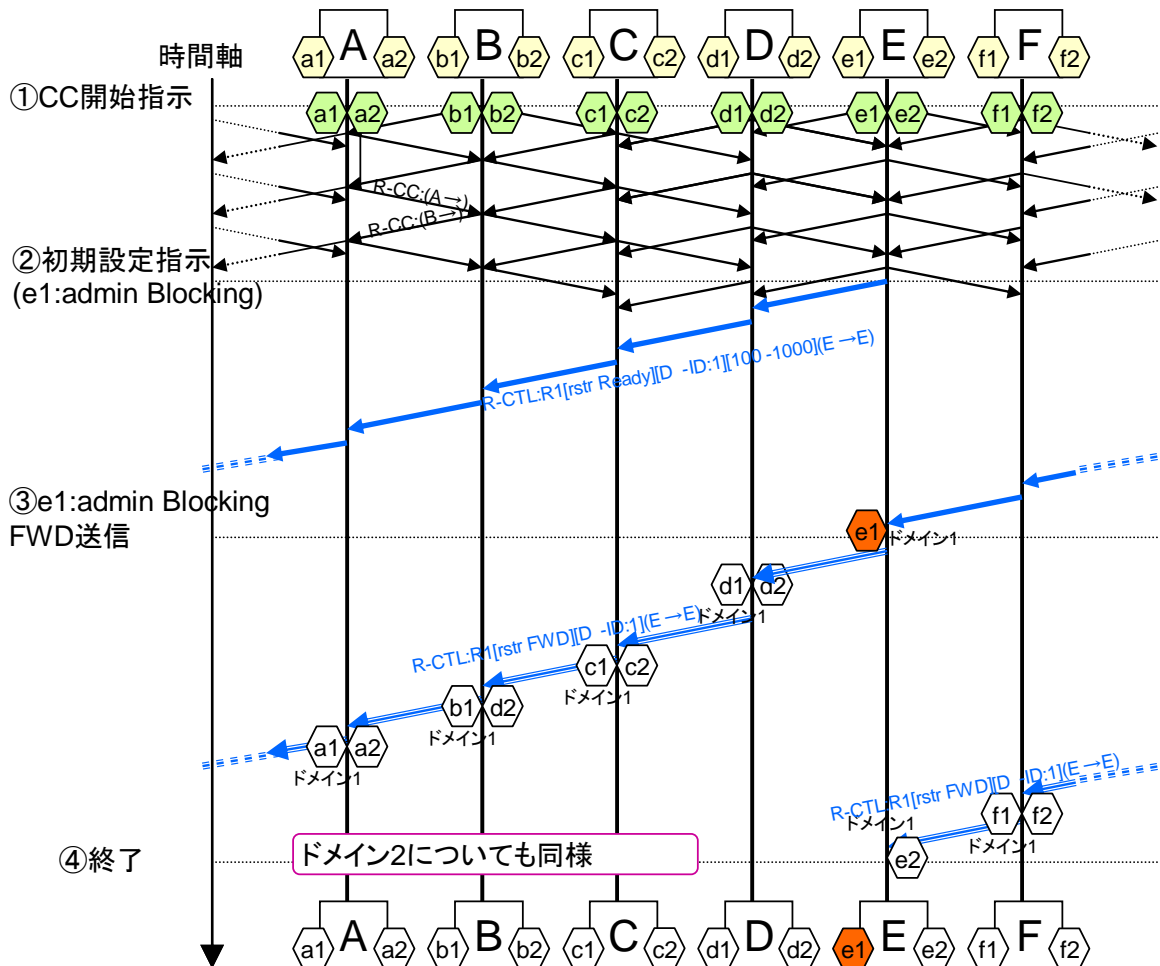


図 a-17 初期起動時の経路設定

ERP はリング設定時にリングポートが initial-no-CC Blocking となる。R-CC の送信を開始すると initial-CC Blocking に遷移しリンクの監視状態となる。オペレータがドメイン毎に admin Blocking とするリングポート (e1) に対して、ドメイン ID:1 と VID:100-1000 の設定を行い、R-CTL[rstr Ready]送信指示を行う。該指示を受信したスイッチ E はリングポート e1 から R-CTL[rstr Ready]を送信する。R-CTL[rstr Ready]を受信した各スイッチは、ドメイン ID:1 と VID:100-1000 の設定を行う。このとき、まだ状態遷移は行わない。スイッチ E が逆側リングポートから R-CTL[rstr Ready]を受信すると、リングポート e1 において、ドメイン:1 の状態を admin Blocking に遷移させ、リングポート e1 から R-CTL[rstr FWD]を送信する。R-CTL[rstr FWD]を受信した各スイッチは、該当 Ring-ID の両リングポートにおいて、R-CTL[rstr Ready]で設定したドメイン:1 の状態を Forwarding に遷移させる。スイッチ E が R-CTL[rstr FWD]を送信したリングポートと逆側のリングポートから R-CTL[rstr FWD]を受信すると正常終了となる。

a. 2. 4. 4. 切り戻しシーケンス

図 a-18 に故障復旧後のドメイン毎の切り戻しシーケンスを示す。

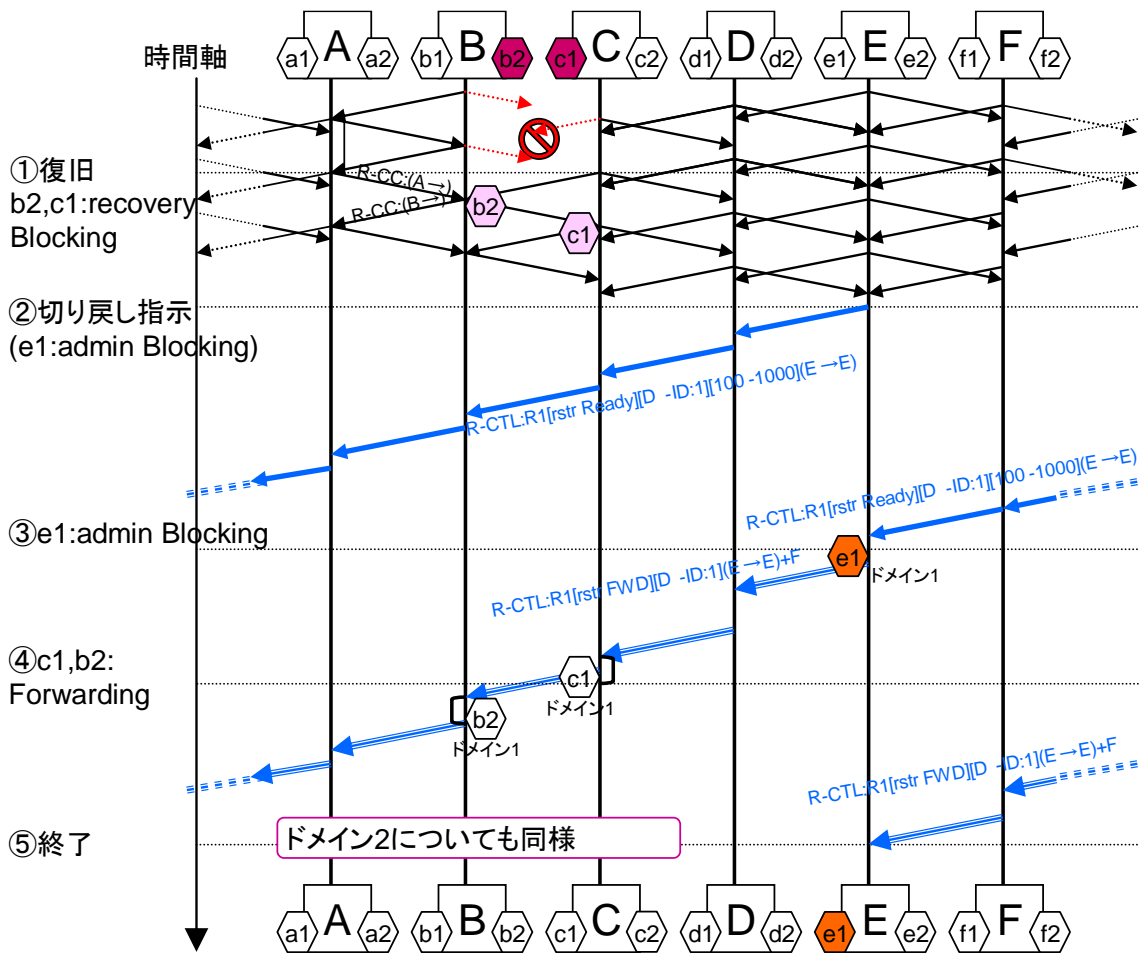


図 a-18 故障復旧後の切り戻し

スイッチ B-C 間での故障が復旧したとき、リングポート b2, c1 の全ドメインの状態は recovery Blocking となる。これを Forwarding に切り戻すには前述の初期起動時と同様に R-CTL[rstr Ready]と R-CTL[rstr FWD]を用いる。スイッチ B, C は R-CTL[rstr FWD]を受信すると、該ドメインについて recovery Blocking を Forwarding に遷移させる。

a. 2. 5. 状態遷移表

本節では、これまで解説してきた仕様を含め、詳細な状態遷移表を表 a-6 に示す。

なお、本状態遷移表はリングポートごとの状態を記述している。また、制御フレームの受信によるイベントの記述方法は、図 a-19 に示すように、着 RN-ID が自スイッチの RN-ID の場合は[自宛]、自スイッチの RN-ID ではない場合は[他宛]とし、且つ、Ingress/Egress の区別を行う。また、[自宛]の場合に同一 Ring-ID の逆側のリングポートの状態遷移も規定するために、「受信通知 to 逆側」というイベントを用いる。[他宛]の場合は、スイッチ内を制御フレームが転送されるように記述している。

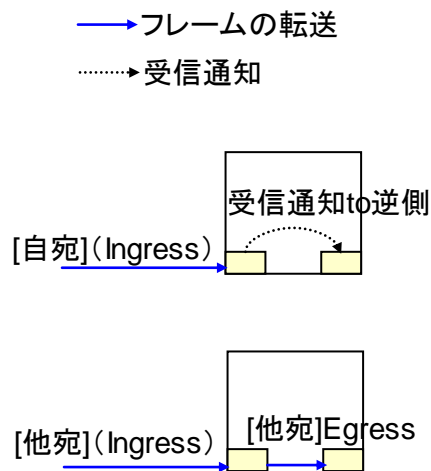


図 a-19 状態遷移表のイベント記述方法

表 a-6 ERP 状態遷移表

状態遷移	initial-no-CC Blocking	initial-CC Blocking	initial-error Blocking	admin Blocking	failure Blocking	recovery Blocking	Forwarding
R-CC 送信コマンド	initial-CC へ遷移	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持
R-CC 停止コマンド	状態維持	状態維持 R-CC+Stop 送信	状態維持 R-RDI 受信時：R-CC+ Stop R-CC/R-RDI 未受信時： R-RDI+Stop 送信	状態維持 R-CC+Stop 送信	状態維持 R-RDI 受信時：R-CC+ Stop R-CC/R-RDI 未受信時： R-RDI+Stop 送信	状態維持 R-CC+Stop 送信	状態維持 R-CC+Stop 送信
切り戻しコマンド	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 R-CTL[rstr Ready]送 信	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 R-CTL[rstr Ready]送 信	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 R-CTL[rstr Ready]送 信	状態維持 R-CTL[rstr Ready]送信
リンクダウン検出	状態維持	initial-error へ遷 移	状態維持	failure へ遷移 逆側へ R-AIS 送信	状態維持	failure へ遷移	failure へ遷移 逆側へ R-AIS 送信
R-CC 受信	initial-CC へ遷移 R-CC 受信通知 to 逆側	状態維持	initial-CC へ遷移	状態維持	recovery へ遷移	状態維持	状態維持
R-CC/R-RDI 未受信	状態維持	initial-error へ遷 移	状態維持	failure へ遷移 逆側へ R-AIS 送信	状態維持	failure へ遷移	failure へ遷移 逆側へ R-AIS 送信
R-CC+Stop	状態維持 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷 移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答
R-CC+Stop+Ack	状態維持	initial-no-CC へ遷 移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移
R-CC 受信通知 from 逆側	initial-CC へ遷移	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持
R-RDI	initial-error へ遷移	initial-error へ遷 移	状態維持	failure へ遷移 逆側へ R-AIS 送信	状態維持	failure へ遷移	failure へ遷移 逆側へ R-AIS 送信
R-RDI+Stop	状態維持 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷 移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答	initial-no-CC へ遷移 Stop+Ack 応答
R-RDI+Stop+Ack	状態維持	initial-no-CC へ遷 移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移	initial-no-CC へ遷移

R-AIS[自宛](Ingress)	状態維持	状態維持 Ack 応答 R-AIS 受信通知 to 逆側	状態維持	Forwarding へ遷移 Ack 応答 R-AIS 受信通知 to 逆側	状態維持	状態維持 Ack 応答 R-AIS 受信通知 to 逆側	状態維持 Ack 応答 R-AIS 受信通知 to 逆側
R-AIS 受信通知 from 逆側	N. A.	initial-error へ遷移	状態維持	failure へ遷移	状態維持	failure へ遷移	failure へ遷移
R-AIS[他宛](Ingress)	状態維持	状態維持	状態維持	Forwarding へ遷移	状態維持	状態維持	状態維持
R-AIS[他宛](Egress)	状態維持 Ack 応答	状態維持	状態維持 Ack 応答	Forwarding へ遷移	状態維持 Ack 応答	状態維持	状態維持
R-AIS+Ack[自宛](Ingress)	N. A.	状態維持 R-AIS+Ack 受信通知 to 逆側	状態維持 R-AIS+Ack 受信通知 to 逆側	Forwarding へ遷移 R-AIS+Ack 受信通知 to 逆側	状態維持 R-AIS+Ack 受信通知 to 逆側	状態維持 R-AIS+Ack 受信通知 to 逆側	状態維持 R-AIS+Ack 受信通知 to 逆側
R-AIS+Ack 受信通知 from 逆側	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	状態維持	状態維持	N. A.
R-AIS+Ack[他宛](Ingress)	状態維持	状態維持	状態維持	Forwarding へ遷移	状態維持	状態維持	状態維持
R-AIS+Ack[他宛](Egress)	状態維持	状態維持	状態維持	Forwarding へ遷移	状態維持	状態維持	状態維持
R-CTL[rstr Ready][自宛](Ingress)	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 R-CTL[rstr Ready]受信通知 to 逆側	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 R-CTL[rstr Ready]受信通知 to 逆側	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 R-CTL[rstr Ready]受信通知 to 逆側	状態維持 R-CTL[rstr Ready]受信通知 to 逆側
R-CTL[rstr Ready]受信通知 from 逆側	N. A.	admin へ遷移 R-CTL[rstr FWD]送信	N. A.	状態維持 R-CTL[rstr FWD]送信	状態維持 切り戻しエラー	admin へ遷移 R-CTL[rstr FWD]送信	admin へ遷移 R-CTL[rstr FWD]送信
R-CTL[rstr Ready][他宛](Ingress)	状態維持 Nack(initial-no-CC) 応答	状態維持	状態維持 Nack(failure) 応答	状態維持	状態維持 Nack(failure) 応答	状態維持	状態維持
R-CTL[rstr Ready][他宛](Egress)	状態維持 Nack(initial-no-CC) 応答	状態維持	状態維持 Nack(failure) 応答	状態維持	状態維持 Nack(failure) 応答	状態維持	状態維持
R-CTL[rstr Ready][自宛]+Nack	N. A.	状態維持 切り戻しエラー	N. A.	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー
R-CTL[rstr Ready][他宛]+Nack	N. A.	状態維持	N. A.	状態維持	状態維持	状態維持	状態維持
R-CTL[rstr Ready]受信通知 from 逆側未受信(タイムアウト)	N. A.	状態維持 切り戻しエラー	N. A.	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー

R-CTL[rstr FWD][自宛](Ingress)	N. A.	Forwardingへ遷移 R-CTL[rstr FWD]受信 通知 to 逆側	状態維持 Nack(failure)応答 (*2) の場合は Nack(exclusion)	Forwardingへ遷移 R-CTL[rstr FWD]受信 通知 to 逆側	状態維持 Nack(failure)応答 (*2) の場合は Nack(exclusion)	Forwardingへ遷移(* 1) R-CTL[rstr FWD]受信 通知 to 逆側	状態維持 R-CTL[rstr FWD]受信通 知 to 逆側
R-CTL[rstr FWD]受信通 知 from 逆側	N. A.	N. A.	N. A.	状態維持 切り戻し終了	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻し終了	N. A.
R-CTL[rstr FWD][他 宛](Ingress)	N. A.	Forwardingへ遷移	状態維持 Nack(failure)応答 (*2) の場合は Nack(exclusion)	Forwardingへ遷移	状態維持 Nack(failure)応答 (*2) の場合は Nack(exclusion)	Forwardingへ遷移(* 1)	状態維持
R-CTL[rstr FWD][他 宛](Egress)	N. A.	Forwardingへ遷移	状態維持 Nack(failure)応答 (*2) の場合は Nack(exclusion)	Forwardingへ遷移	状態維持 Nack(failure)応答 (*2) の場合は Nack(exclusion)	Forwardingへ遷移(* 1)	状態維持
R-CTL[rstr FWD][自 宛]+Nack(failure)	N. A.	N. A.	N. A.	Forwardingへ遷移 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	N. A.
R-CTL[rstr FWD][他 宛]+Nack(failure)	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	状態維持	状態維持	状態維持
R-CTL[rstr FWD][自 宛]+Nack(failure 以 外)	N. A.	N. A.	N. A.	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	N. A.
R-CTL[rstr FWD][他 宛]+Nack(failure 以 外)	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	状態維持	状態維持	状態維持
R-CTL[rstr FWD]受信通 知 from 逆側未受信 (タ イムアウト)	N. A.	N. A.	N. A.	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	状態維持 切り戻しエラー	N. A.

(*1) 共用リングポートの場合、受信フレームのリング ID が該共用リングポートの優先リング ID と一致した場合のみ状態遷移

(*2) 共用リングポートの場合、受信フレームのリング ID が該共用リングポートの優先リング ID では無い場合は Nack(exclusion)

a. 2. 6. パラメータ項目

ERP スイッチが備えるべきパラメータを表 a-7 に示す。

表 a-7 ERP パラメータ

	設定項目	対象	設定条件		
			初期値 (任意)	設定範囲	刻み
1	MORP バージョン	スイッチ	1	—	1bit
2	RN-ID	スイッチ	(物理ポート番号が最も小さいポートの MAC アドレス)	0x000000000000~0xFFFFFFFFFFFFFFF	1bit
3	リングポート ID	物理ポート	—	スイッチ内物理ポート ID	—
4	Ring-ID	論理ポート	—	0x0000~0xFFFF	1bit
5	優先 Ring-ID	論理ポート	0	0x0000~0xFFFF	1bit
6	ドメイン ID	スイッチ	—	0x0000~0xFFFF	1bit
7	R-CC-DA	スイッチ	01-80-C2-00-00-05	0x0180C2000004~0x0180C2000007 0x0180C2000009~0x0180C200000C 0x0180C200000F	1bit
8	R-AIS-DA-prefix	スイッチ	01-81-C2-00	0x01810000~0x018FFFFF	1bit
9	R-CTL-DA-prefix	スイッチ	01-82-C2-00	0x01810000~0x018FFFFF	1bit
10	リング制御フレームの VID	スイッチ	1	0x001~0xFFE	1bit
11	リング制御フレームの PCP	スイッチ	7	0x0~0x7	1bit
12	リング制御フレーム用 Ether Type	スイッチ	0x9555	0x0600~0xFFFF	1bit
13	R-CC 送信間隔	論理ポート	100msec	100msec~500msec	50msec
14	R-CC ロスト判定回数	論理ポート	3.5 回	1.5 回~5.5 回	1 回
15	R-AIS 送信間隔	スイッチ	500msec	100msec~1sec	500msec
16	R-AIS 送信回数	スイッチ	5 回	1 回~10 回	1 回
17	FDB Flush 回避時間	スイッチ	2sec	500msec~5sec	500msec
18	R-CTL[rstr Ready] 送信間隔	スイッチ	2sec	1sec~10sec	1sec
19	R-CTL[rstr Ready] リトライ回数	スイッチ	3 回	1 回~5 回	1 回
20	R-CTL[rstr FWD] 送信間隔	スイッチ	500msec	500msec~5sec	100msec
21	R-CTL[rstr FWD] リトライ回数	スイッチ	3 回	1 回~5 回	1 回