

TTC標準
Standard

JF-IETF-RFC4842

パケット上の SONET / SDH
サーキットエミュレーション

Synchronous Optical Network/Synchronous Digital
Hierarchy (SONET/SDH) Circuit Emulation over
Packet (CEP)

第 1 版

2017 年 2 月 16 日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

< 参考 >.....	- 5 -
1. はじめに.....	- 6 -
2. 範囲.....	- 6 -
3. 規則.....	- 6 -
4. 略語.....	- 6 -
5. CEP カプセル化フォーマット.....	- 7 -
5.1. SONET/SDH フラグメント.....	- 8 -
5.2. CEP ヘッダ.....	- 9 -
5.3. RTP ヘッダ.....	- 11 -
5.4. PSN カプセル化.....	- 12 -
6. CEP 動作.....	- 13 -
6.1. CEP パケット生成器およびパケット終端器.....	- 13 -
6.2. パケット同期.....	- 14 -
6.2.1. パケット同期の取得.....	- 14 -
6.2.2. パケット同期外れ.....	- 14 -
7. SONET/SDH メンテナンス信号.....	- 14 -
7.1. SONET/SDH から PSN 方向.....	- 15 -
7.1.1. CEP-AIS : AIS-P/V 表示.....	- 15 -
7.1.2. 未収容表示.....	- 15 -
7.1.3. CEP-RDI : 遠隔異常表示.....	- 16 -
7.2. PSN から SONET/SDH 方向.....	- 16 -
7.2.1. CEP-AIS : AIS-P/V 表示.....	- 16 -
7.2.2. 未収容表示.....	- 17 -
8. SONET/SDH 伝送タイミング.....	- 17 -
9. SONET/SDH ポインタ管理.....	- 17 -
9.1. 明示的ポインタ調整中継 (EPAR).....	- 18 -
9.2. 適応型ポインタ管理 (APM).....	- 19 -
10. CEP 性能監視.....	- 19 -
10.1. 近端性能監視.....	- 19 -
10.2. 遠端性能監視.....	- 20 -

11. ペイロード圧縮オプション	- 20 -
11.1. 動的帯域割当	- 20 -
11.2. サービス固有ペイロードフォーマット	- 21 -
11.2.1. 部分的 STS-1 (VC-3) カプセル化.....	- 21 -
11.2.1.1. 部分的 STA-1 CEP ヘッダ	- 22 -
11.2.1.2. B3 補償.....	- 23 -
11.2.1.3. 実際のペイロードサイズ.....	- 23 -
11.2.2. 非同期 T3/E3 STS-1 (VC-3) カプセル化.....	- 24 -
11.2.2.1. T3 ペイロード圧縮.....	- 24 -
11.2.2.2. E3 ペイロード圧縮.....	- 24 -
11.2.3. 部分的 VC-4 のカプセル化.....	- 25 -
11.2.3.1. 部分的 VC-4 割当	- 25 -
11.2.3.2. 部分的 VC-4 CEP ヘッダ.....	- 26 -
11.2.3.3. B3 補償.....	- 27 -
11.2.3.4. 実際のペイロードサイズ.....	- 28 -
12. CEP 擬似回線のシグナリング.....	- 28 -
12.1. CEP/TDM ペイロードバイト	- 28 -
12.2. CEP/TDM ビットレート	- 29 -
12.3. CEP オプション.....	- 29 -
13. 輻輳制御	- 31 -
14. セキュリティ問題.....	- 31 -
15. IANA 問題	- 31 -
16. 謝辞	- 32 -
17. 共著	- 32 -
付録 A SONET/SDH レートとフォーマット	- 33 -
付録 B ネットワークダイアグラム例	- 35 -
18. 参照	- 37 -
18.1. 参照規格	- 37 -
18.2. 参考規格	- 38 -

< 参考 >

1. 国際勧告との関係

本標準は、2007年4月にIETFで承認された標準RFC 4842に準拠したものである。

(RFC4842を忠実に日本語翻訳しており、RFC4842との相違はない。)

2. 上記国際勧告等との相違

2. 1 オプション選択項目

なし

2. 2 ナショナルマター項目

なし

2. 3 その他

RFC4842原文から以下は省略している。

RFC前文

16. 謝辞

17. 共著

著者のアドレス

著作権宣言の全文

3. 改版の履歴

版 数	発 行 日	改 版 内 容
第1版	2017年2月16日	初版制定。

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTCホームページでご覧になれます。

5. その他

(1) 参照する勧告、標準など

本文18章 (参照) にて記述している。

TTC標準	JT-G707	同期デジタルハイアラキーのNNI
	JT-G783	SDH多重変換装置の警報系・切替系の動作
	JT-G825	SDH網のジッタ・ワンダ規定

6. 標準作成部門

情報転送専門委員会

1. はじめに

本標準は SONET / SDH 回線サービスを MPLS でエミュレートするためのカプセル化フォーマットとその意味を規定する。

2. 範囲

PWE3 の一般的な要件とアーキテクチャは [PWE-REQ] と [PWE3-ARCH] に記述されている。SONET / SDH と低レート TDM の回線エミュレーションのための追加要件は [PWE-TDM-REQ] に記述されている。本標準は SONET / SDH 回線サービスを MPLS パケットスイッチネットワーク (PSN) 上でエミュレートするためのカプセル化フォーマットとその意味を規定しており、以下のデジタル信号のエミュレーションが定義されている。

1. 同期ペイロードエンベロープ (SPE) / バーチャルコンテナ (VC-n) : STS-1 / VC-3、STS-3c / VC-4、STS-12c / VC-4-4c、STS-48c / VC-4-16c、STS-192c / VC-4-64c、等。
2. バーチャルトリビュタリ (VT) / バーチャルコンテナ (VC-n) : VT1.5 / VC-11、VT2 / VC-12、VT3、VT6 / VC-2。

本標準の以降では、上記構造を SONET / SDH チャンネルと述べる。

3. 規則

"MUST", "MUST NOT", "REQUIRED", "SHALL", "SHALL NOT", "SHOULD", "SHOULD NOT", "RECOMMENDED", "MAY", "OPTIONAL" のキーワードは [RFC2119] に記述されているよう解釈される。

4. 略語

ADM	Add Drop Multiplexer
AIS	Alarm Indication Signal
APM	Adaptive Pointer Management
AU-n	Administrative Unit-n (SDH)
AUG	Administrative Unit Group (SDH)
BIP	Bit Interleaved Parity
BITS	Building Integrated Timing Supply
CEP	Circuit Emulation over Packet
DBA	Dynamic Bandwidth Allocation
EBM	Equipped Bit Mask
EPAR	Explicit Pointer Adjustment Relay
LOF	Loss of Frame
LOS	Loss of Signal
LTE	Line Terminating Equipment
POH	Path Overhead

PSN	Packet Switched Network
PTE	Path Terminating Equipment
PW	Pseudowire
RDI	Remote Defect Indication
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SONET	Synchronous Optical Network
SPE	Synchronous Payload Envelope
STM-n	Synchronous Transport Module-n (SDH)
STS-n	Synchronous Transport Signal-n (SONET)
TDM	Time Division Multiplexing
TOH	Transport Overhead
TU-n	Tributary Unit-n (SDH)
TUG-n	Tributary Unit Group-n (SDH)
UNEQ	Unequipped
VC-n	Virtual Container-n (SDH)
VT	Virtual Tributary (SONET)
VTG	Virtual Tributary Group (SONET)

5. CEP カプセル化フォーマット

パケットオリエンテッドなネットワークを介して SONET/SDH 回線を転送するために、SPE (あるいは VT) は断片に分割され、CEP ヘッダおよびオプションの RTP ヘッダが各断片の先頭に付加される。図 1 に基本的な CEP パケットを示す。

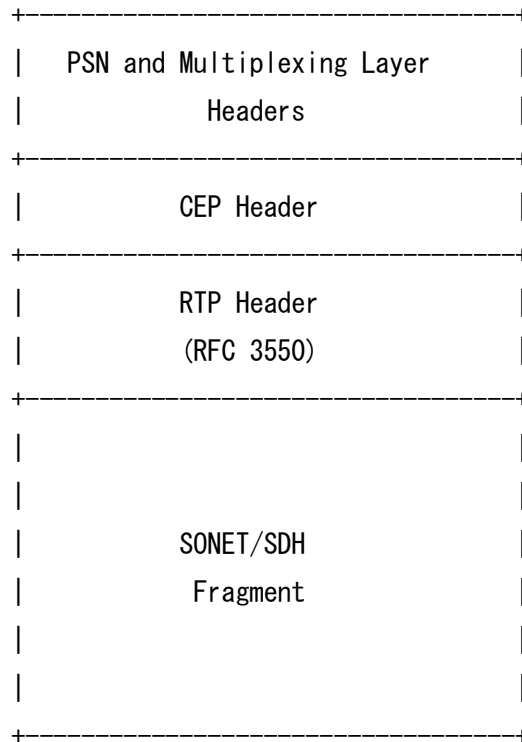


図 1：基本的な CEP パケット

5.1. SONET / SDH フラグメント

断片化された SONET / SDH フラグメントは、SONET / SDH SPE あるいは VT とバイトで整列されなければならない。SONET / SDH の各バイトから受信された最初のビットは、SONET / SDH フラグメントの各バイトの最上位ビットとしなければならない。

SONET / SDH のバイトは、それらが受信されたのと同じ順序で SONET / SDH フラグメント内に配置される。

SONET / SDH 光インタフェースは、バイナリコーディングを使用しているため、適切な回数の遷移を確保するために、伝送前にスクランブルされる。明確にするために、このスクランブルは物理レイヤスクランブル / デスクランブルと呼ばれる。

また、多くのペイロードフォーマット（例えば非同期転送モード (ATM) やハイレベルデータリンク制御 (HDLC) など）は、SPE 内の遷移密度違反に対する保護を提供するために、スクランブルの追加レイヤを含む。この機能はペイロードスクランブル / アンスクランブルと呼ばれる。

CEP は、物理レイヤのスクランブル / アンスクランブルが、SONET / SDH セクション / ライン終端ネィティブサービスプロセッシング (NSP) 機能の一部として存在することを仮定している。

しかし、CEP はペイロードスクランブルについての仮定は行っていない。SONET / SDH フラグメントは、

付随的なペイロードスクランブルの情報や処理がなくても構成されなければならない。

CEPの実装は、負のポインタ調整イベントの間、SONET/SDH フラグメントにおける H3(または V3) バイトを含有しなければならない。また、正のポインタ調整イベントの間、SONET/SDH フラグメントからスタッフバイトを削除しなければならない。

VT エミュレーションの実装は、CEP ペイロードの一部として VT ポインターバイト V1、V2、V3 および V4 を運送してはならない。唯一の例外は、上記で述べたように負のポインタ調整の間の V3 の運送である。

すべての CEP SPE の実装は、783 バイトのパケットサイズをサポートしなければならない。また、他のパケットサイズをサポートしても良い。

VT エミュレーションの実装は、完全な VT スーパーフレームのペイロードサイズをサポートしなければならない。また、1/2 と 1/4 VT スーパーフレームペイロードをサポートしても良い。

表 1 に VT タイプ毎の単一のスーパーフレームペイロードサイズを示す。

VT type	Size (Bytes)
VT1.5/VC-11	104
VT2/VC-12	140
VT3	212
VT6/VC-2	428

表 1 : VT スーパーフレームペイロードサイズ

オプションの SONET / SDH フラグメントフォーマットは、特定の状況下でエミュレートされた SONET / SDH 回線の帯域要求を低減するために定義される。

これらのオプションの形式は第 11 章に含まれている。

5.2. CEP ヘッダ

CEP ヘッダは、基本と拡張モードの両方をサポートしている。基本的な CEP ヘッダは、PSN 上に SONET / SDH 回路を正確にエミュレートするために必要な最小限の機能を提供する。拡張されたヘッダは、第 11 章で記述されるオプションの SONET / SDH フラグメントフォーマットの幾つかに対して利用される。

他のリアルタイムインターネットアプリケーションに伴う強化された機能と共通性は、RTP カプセル化により提供される。

CEP ヘッダの形式は以下の通り。

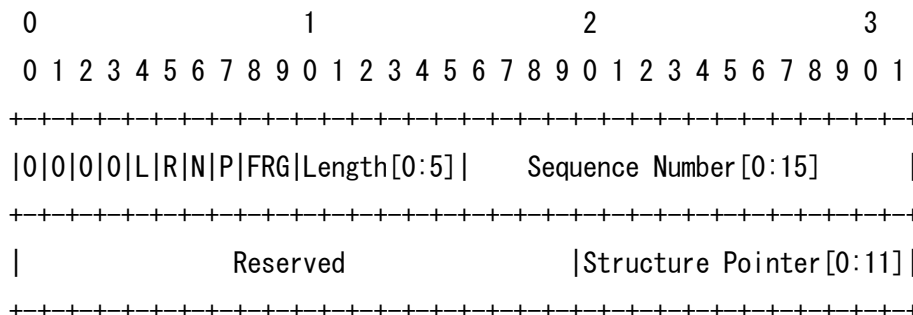


図 2 : CEP ヘッダ形式

L bit : CEP-AIS。このビットは、故障状態が対応する回線上で検出されていることを下流の PE へ通知するために、1 に設定されなければならない。CEP-AIS の生成に至る故障状態、および下流の対応する回線上の CEP-AIS 信号の割当は第 7 章で記述される。

R bit : CEP-RDI。このビットは、パケット同期外れが発生したことを上流の PE に知らせるために、1 に設定されなければならない。このビットはパケット同期が確立されると 0 に設定されなければならない。詳細は 6.2 節参照。

N および P bit : これらのビットは、PSN にわたって負および正ポインタ調整を明示的に中継するために使用される。N および P ビットの使用はオプションである。使用されていない場合は、N と P ビットは 0 に設定されなければならない。詳細は第 9 章参照。

表 2 に N と P ビットの設定の解釈について示す。

N	P	Interpretation
0	0	No Pointer Adjustments
0	1	Positive Pointer Adjustment
1	0	Negative Pointer Adjustment
1	1	Loss of Pointer Alarm

表 2 : N および P ビットの解釈

FRG bits : FRG ビットは、送信側により 0 に設定されなければならない。また、受信側で無視されなければならない。

SONET データはパケット内へ連続して断片化される。構造ポインタフィールドは、SONET SPE または VT 構造とパケット境界の間のオフセットを指定する。

Length [0:5] : ゼロ以外ならば、レングスフィールドは、CEP ヘッダ長、使用するならば RTP ヘッダ長、およびペイロード長の総数を示す。レングスフィールドは、CEP ヘッダ長、使用するならば RTP ヘッダ長、およびペイロード長の総数が 64 バイト以下ならば設定されなければならない。また、それ以外は 0 が設定されなければならない。特に、ペイロードが抑制されている (例えば、DBA) ならば、レングスフィールドは、CEP ヘッダ長と使用するならば RTP ヘッダ長との和が設定されなければならない。

Sequence Number [0:15] : パケットのシーケンス番号は連続 0 から 0xFFFF へ連続的に巡回しなければならない。[RTP] に制定された規則に従い生成され、処理される。

Structure Pointer [0:11] : 構造ポインタは、パケットペイロード内で SONET 構造の最初のバイトのオフセットを含有しなければならない。SPE エミュレーションのために、構造ポインタは、CEP パケット内で J1 バイトを示す。VT エミュレーションのために、構造ポインタは、パケット内で V5 バイトを示す。構造ポインタ値は、0 から 0xFFE の範囲で変動し、ここで、0 は CEP ヘッダの後の最初のバイトを意味する。パケットが J1 (または V5) バイトを運んでいないならば、構造ポインタは、0xFFF に設定されなければならない。対応する回線の任意のポインタ変化 (新データフラッグ (NDF) イベント) は、CEP パケット内で SONET 構造のオフセットを変える。従って、構造ポインタ値を変更する。

Reserved field : 予約フィールドは、送信側により 0 に設定されなければならない。また、受信側で無視されなければならない。

5.3. RTP ヘッダ

RTP ヘッダの使用はオプションである。タイミング情報の明示的な転送が必要とされるときには CEP は RTP ヘッダを使用しても良いが、これは完全に形式的なヘッダフォーマットの再利用である。RTP メカニズム、例えばヘッダ拡張、コントリビューティングソース (CSRC) リスト、パディング、RTP コントロールプロトコル (RTCP)、RTP ヘッダ圧縮、セキュアリアルタイムトランスポート・プロトコル (SRTP) 等は、擬似回線に適用できない。CEP は、以下に示すように RTP ヘッダを使用する。

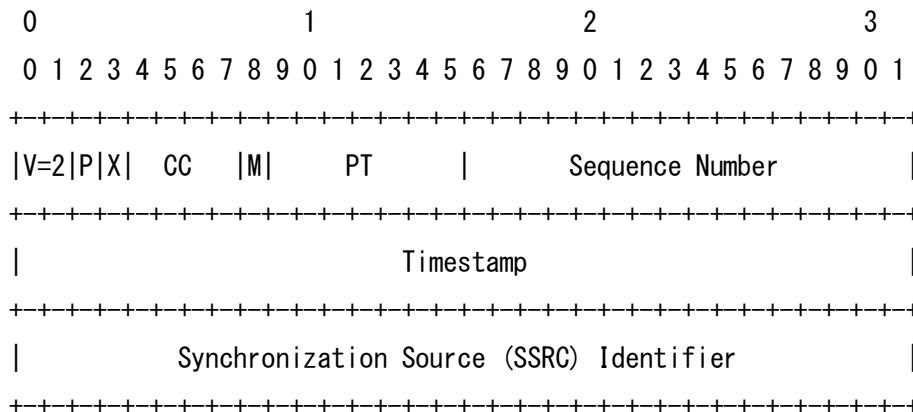


図 3 : RTP ヘッダ

V : バージョン。バージョンフィールドは 2 に設定されなければならない。

P : パディング。パディングは必要ではない。P ビットは 0 に設定されなければならない。また、受信側で無視されなければならない。

X : ヘッダ拡張。拡張は定義されない。X ビットは 0 に設定されなければならない。また、受信側で無視されなければならない。

CC : CSRC カウント。CC フィールドは、送信側で 0 に設定されなければならない。また、受信側で無視されなければならない。

M : マーカ。M ビットは、送信側で 0 に設定されなければならない。また、受信側で無視されなければならない。

PT[0:6] : ペイロードタイプ。PT 値は、PW の各方向に対する動的な値の範囲から割り当てすべきである。同一の PT 値は、方向および異なる CEP PW 間の双方で再利用しても良い。

Sequence Number [0:15] : パケットシーケンス番号は、0 から 0xFFFF まで連続的に巡回されなければならない。それは、[RTP] で確立された規則に従って生成され、処理される。CEP ヘッダのシーケンス番号領域に従って、CEP 受信機はパケットを配列しなければならない。また、RTP シーケンス番号領域を使用する正しい配列決定を確認しても良い。

Timestamp [0:31] : タイムスタンプ値は、[RTP] で確立された規則に従って使用される。タイムスタンプを生成するために使用されるクロック周波数はローカルリファレンスの 19.44 MHz としなければならない。

SSRC [0:31] : 同期ソース。SSRC フィールドは誤接続を検出するために使用しても良い。

5.4. PSN カプセル化

本標準は、MPLS PSN にわたる CEP の転送を規定する。MPLS ラベルスタックの一番下のラベルは、個々

の CEP チャンネルを多重分離するために使用されなければならない。 [PWE3-CONTROL] で使われる慣例に合わせて、この多重分離ラベルは PW ラベルと呼ばれ、そして、上位のラベルはトンネルラベルと呼ばれる。 CEP ヘッダは、MPLS PSN にわたる使用のために [PWE3-MPLSCW] で指定される一般的な PWE3 コントロールワードフォーマットに従う。

6. CEP 動作

CEP の実装は通常モードの動作をサポートしなければならない。そして、第 11 章で記述される更なる帯域節約モードをサポートしても良い。通常動作の間、SONET/SDH ペイロードは断片化され、適切なヘッダが先頭に付加され、そしてパケット網へ送信される。

6.1. CEP パケット生成器およびパケット終端器

すべてのアダプテーション機能と同様に、CEP は 2 つの異なった構成要素を有する： CEP パケットストリームに TDM SONET/SDH を適応させることと、CEP パケットストリームを TDM SONET/SDH に戻すことである。前者の機能は CEP パケット生成器と呼ばれるか、送信機と呼ばれ、後者はパケット終端器または受信機とよばれる。この用語は、下で例示される。

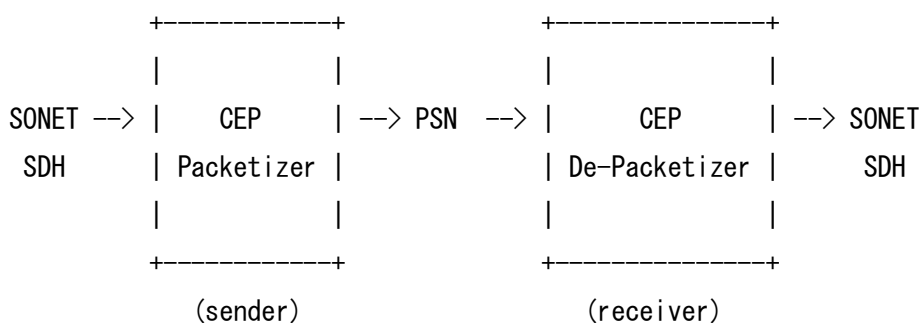


図 4 : CEP 用語

CEP パケット終端器は、CEP パケットストリームにおける遅延揺らぎを吸収するためにバッファリングメカニズムを必要とする。このバッファリングメカニズムは、CEP ジッタバッファと一般的に呼ばれる。通常動作の間、CEP パケット生成器は、SONET / SDH インタフェースから、固定レートのバイトストリームを受信する。データの packets 量が SONET / SDH チャンネルから受信されるとき、必要なヘッダが断片化された SPE の先頭に付加され、そして、その結果の CEP パケットがパケット網へ送信される。特定の SONET/SDH チャンネルと関連したすべての CEP パケットは、同じ長さなので、そのチャンネルに対する CEP パケットの伝送は定期的な間隔で発生すべきである。

パケット網の遠端で、CEP パケット終端器はジッタバッファにパケットを受信し、そして、対応する SONET / SDH チャンネルの上へ、固定レートで受信されたバイトストリームを出力する。ジッタバッファ

アは、ネットワーク遅延の挙動の変動を長さで調整可能とすべきである。平均して、パケット網からの受信パケットレートは、SONET/SDH チャンネルの上での伝送レートと釣り合うべきである。

CEP シーケンス番号は、損失および / または順序逆転されたパケットを検出するためのメカニズムを提供する。 RTP ヘッダの伝送が抑制される時、CEP ヘッダのシーケンス番号が使用されなければならない。 CEP パケット終端器は、損失あるいは順序逆転されたパケットを検出しなければならない。 CEP デパットタイザーは、全ての欠損パケットの代わりにオール 1 パターン (AIS) を出力すべきである。 CEP パケット終端器は、順序逆転で受信されたパケットを順序とおりに配列すべきである。 CEP パケット終端器が順序訂正をサポートしていないならば、順序逆転のパケットは落とされなければならない。

6.2. パケット同期

CEP サービスの状態を通知する重要な構成要素は、CEP パケット終端器がパケット同期外れ状態か否かである。

パケットが PSN から受信され、それらは SONET/SDH インタフェース上に出力される前にジッタバッファに入れられる。 CEP パケット終端器が再配列化をサポートしているならば、出力時間前に受信された全てのパケットはまだ有効であると考えられる。

パケット同期外れか否かの判定は、SONET / SDH 出力時間で通常行なわれる。 SONET / SDH 出力の間、CEP パケット終端器は、SONET/SDH インタフェース上へ受信された CEP パケットを出力する。しかし、ジッタバッファが空、あるいは、出力すべきパケットが受信されていないならば、CEP パケット終端器は、利用不可のパケットの代わりに SONET / SDH インタフェースの上へ、オール 1 の AIS パターンから成る“空パケット”を出力する。

6.2.1. パケット同期の取得

起動時に、CEP パケット終端器は、デフォルトでパケット同期外れである。起動時、あるいは、パケット同期外れ後にパケット同期を通知するために、CEP パケット終端器は、SONET / SDH インタフェースに向けて、連続したシーケンス番号を伴う設定可能な数の CEP パケットを出力しなければならない。

6.2.2. パケット同期外れ

CEP パケット終端器がパケット同期状態となると、パケット同期外れの原因になる一連のイベントに遭遇するかもしれない。

CEP パケット終端器が連続した空パケットの構造化可能な番号よりも多く遭遇するならば、CEP パケット終端器はパケット同期外れ (LOPS) 異常を通知しなければならない。

LOPS 警報は 2.5 +/- 0.5 秒の LOPS 異常の後通知され、LOPS 異常状態でない 10 秒後にクリアされる。

LOPS 警報が通知されている限り、回路は停止していると見なされる。

7. SONET / SDH メンテナンス信号

本章では、SONET / SDH ネットワークと CEP 疑似回線間のメンテナンス及び警報信号の割り当てについ

て述べる。明確化のため、この割り当ては2つのグループ、すなわち、SONET / SDH から PSN と、PSN から SONET / SDH に分類される。

適切な故障の検出、切り分け、監視及びトラブルシューティングのため、SONET / SDH の故障通知は、CEP 疑似回線上に正確に転送させなければならず、また CEP 回線上の故障は、SONET / SDH SPE / VT 故障表示に割り当てられなければならない。故障検出能力と性能監視能力は、NSP 機能、例えば LTE、PTE、タンデムコネクション監視 [G.707]、非侵入型監視 (中間コネクション監視)、に依存する。

7.1. SONET / SDH から PSN 方向

以降の節では、SONET / SDH のメンテナンス信号と警報状態の CEP 疑似回線への割当について述べる。

7.1.1. CEP-AIS : AIS-P / V 表示

SONET / SDH パスの途絶は、Path-AIS (AIS-P) というメンテナンス警報を用いて通知される。特に AIS-P は、現在 SONET / SDH パスが有効なエンドユーザのデータを転送していないことを示しており、SPE 内は全ビット 1 を格納する。同様に AIS-V は、VT が現在有効なエンドユーザのデータを転送していないことを示しており、VT 内は全ビット 1 を格納する。

ほぼすべての種類のサービスに影響のあるセクションまたはライン異常は、AIS-P / V 状態という結果となることに注目すべきである。

SONET / SDH 故障の SPE / VT レイヤへの割当は、NSP 機能の一部と考えられており、その法則は [GR253]、[SONET]、[G.707]、[G.806]、および [G.783] に規定されている。例えば、SONET のセクションレイヤが、信号断 (LOS)、フレーム同期外れ (LOF)、セクショントレース不一致 (TIM) 状態を検出すると、AIS-L がラインレイヤに通知される。ラインレイヤが、AIS-L やポインタ外れ (LOP) を検出すると、AIS-P がパスレイヤに通知される。パスが PE で終端 (すなわち PTE) され、パスレイヤが AIS-P、UNEQ-P、TIM-P、PLM-P を検出すると、AIS-V が VT レイヤに通知される。

AIS-P / V 通知は、CEP パケット生成器に転送される。AIS-P / V を検出している間、CEP パケットは通常通り生成される。CEP ヘッダの L ビットは、パケットネットワーク内に明示的に AIS-P / V を通知するため、1 に設定されなければならない。N、P ビットは、ポインタ外れを通知するため、1 に設定されるべきである。

DBA が AIS-P / V に対し有効となっている場合、必要なヘッダ部とオプションのパディング領域のみがパケットネットワークに転送される。Length フィールドには、CEP ヘッダのサイズと、使用している場合は RTP ヘッダのサイズの和に設定されなければならない。

7.1.2. 未収容表示

未収容表示は、第 11 章に規定される帯域節約モードにおけるペイロード除去のトリガとして用いられる。SPE / VT チャネルの未収容表示は、[GR253]、[SONET]、[G.806]、及び [G.783] の各規定に準じなければならない。未収容回線は、有効なエンドユーザのデータを収容しないが、有効な SPE / VT オーバヘッドバイト情報を伝送するために用いても良い。監視未収容信号とタンデムコネクション伝送には、以下 2

つの用途がある。

監視未収容信号 ([SONET] では TEST-P と呼ばれる) は、PTE や中間の非終端パスネットワークエレメントから遠隔の PTE との間のサービス前試験やインサービスでのパス接続監視に用いられる。未収容信号、監視未収容信号とも、0 に規定される未収容信号ラベルを運搬する。未収容信号と監視未収容信号との識別のために、監視未収容信号には SPE/VT トレースバイトの J1/J2 に 0 以外の値を設定することを [G.806] で推奨している。

SPE/VT のオーバーヘッドバイト N1/Z6 (SDH では Z6 を N2 とみなす) は、オプションとして中間ネットワークエレメント間のタンデムコネクション信号を伝送する。タンデムコネクションを伝送する未収容信号は、0 以外の N1 または N2/Z6 バイトを有するだろう。

ゆえに、CEP パケット生成器は、信号ラベル、トレース (J1/J2) 、そしてタンデムコネクション (N1/N2/Z6) バイトのすべてが 0 の値を持つ場合に限り、回線が未収容であると通知しなければならない。

SPE/VT が未収容である間、N と P ビットは通常通り解釈されなければならない。SPE/VT は、適切なヘッダとともにパケットネットワークに転送されなければならない。

DBA が未収容 SPE/VT に対し有効となっている場合、必要なヘッダ部とオプションのパディング領域のみがパケットネットワークに転送される。Length フィールドには、CEP ヘッダのサイズと、使用している場合は RTP ヘッダのサイズの和が設定されなければならない。N と P ビットは、通常通りポインタ調整を示すために用いても良い。

7.1.3. CEP-RDI : 遠隔異常表示

CEP 機能は、パケット同期外れ状態の間、CEP ヘッダ内の R ビットに 1 を設定することで、パケットネットワークに向けて CEP-RDI 表示を送信しなければならない。CEP 機能は、一度パケット同期が復旧すれば R ビットをクリアすべきである。

7.2. PSN から SONET / SDH 方向

以降の節では、疑似回線の表示から SONET / SDH のメンテナンス信号と警報条件への割当について述べる。

7.2.1. CEP-AIS : AIS-P / V 表示

パケットネットワークにおいて、CEP パケット終端機能が AIS-P/V 表示を SONET/SDH チャネルに送出する条件は幾つかある。CEP パケット終端器は、オール 1 に相当するパケットもパケットを受信する毎に送出しなければならない、かつ SONET / SDH オーバーヘッドに [SONET] 、 [GR253] 、及び [G.707] に規定される AIS-P/V 表示を設定しなければならない。

これらの第一は、AIS-P / V 警報の通知を促す故障を遠端で故障検出していることを示す 1 に設定された L ビットを伴う CEP パケットの受信である。AIS-P / V の送出に加え、CEP パケット終端器は、ポインタ値をすべて 1 に設定すべきである。

CEP パケット終端機能が SONET / SDH チャネル上に AIS-P / V 表示を送出する要因となる第二のケース

は、パケット同期外れ状態期間中である。

第三のケースは、N と P ビットの双方が 1 に設定された CEP パケットを受信した場合である。これは、パケットネットワークの遠端で受信したポインタ外れ LOP-P/V の明示的な表示である。AIS-P/V の送に加え、CEP パケット終端器は、ポインタ値をすべて 1 に設定すべきである。

7.2.2. 未収容表示

パケットネットワークでは、CEP 機能が SONET / SDH チャネルに未収容表示を送信する幾つかの条件がある。

第一は、CEP に対し透過で、未収容と設定された適切なパスオーバーヘッドか VT オーバヘッドを含む SPE / VT を運搬する通常の CEP パケットを受信した場合である。

第二のケースは、ペイロードが DBA により除かれたことを示す Length フィールドで、L ビットが 0 に設定され、DBA が AIS-P / V 表示ではなく未収容表示により作動したことを示す CEP パケットを受信した場合である。CEP パケット終端器は、本情報を SONET / SDH インタフェースに対してすべて 0 のパケットを送信することに用いなければならない。

CEP パケット終端器が SONET / SDH インタフェースに対して SPE / VT 未収容表示を送出しなければならない第三のケースは、回線が非運用の場合である。

8. SONET / SDH 伝送タイミング

SONET / SDH 伝送タイミング情報の配信は、外的なメカニズム、例えばビル内統合タイミング供給源 (BITS)、スタンドアロン同期装置 (SASE)、全地球測位システム (GPS)、または類似の手段によるものか、あるいはアダプティブタイミング再生メカニズムを通して得られるもののいずれかに仮定される。

SONET / SDH 伝送タイミングの再生のための特定の組み込みアルゴリズムの詳細は本標準の範疇内とは考えられていない。SDH ハイアラキーに基づくネットワークのワンダとジッタ制限は [G.825] に、SONET ハイアラキーについては [GR253] に定義されている。これらの標準に規定されるワンダとジッタ制限は、CEP PW が用いられても維持されなければならない。

9. SONET / SDH ポインタ管理

ポインタ管理の仕組みは、SONET / SDH 規定の一部として定義される。SONET / SDH ポインタ管理の詳細は、[SONET]、[GR253]、[G.707]、及び [G.783] を参照すること。伝送オーバーヘッドのフレーム速度と SONET / SDH SPE のそれとの間に周波数オフセットがある場合、正および負スタップにより、時間軸で SPE の位置が周期的に進むあるいは遅れる。同様に、SPE 速度とそれが運搬する VT 速度の間に周波数オフセットがある場合、SPE 内の正・負スタップにより、時間軸で VT の位置が周期的に進むあるいは遅れる。

SONET / SDH ネットワークのこの側面のエミュレーションは、明示的ポインタ調整中継 (EPAR) や適応型ポインタ管理 (APM) を含む種々の技術を用いて達成し得る。

何れの場合でも、CEP パケット生成器による SPE や VT データの扱いは同じである。

負ポインタ調整イベント中は、CEP パケット生成器は、SONET/SDH ストリームの H3 (または V3) バイトを他の SPE (または VT) とともに CEP パケットのペイロード内に順番に組み込まなければならない。

正ポインタ調整イベント中は、CEP パケット生成器は CEP パケットペイロードからスタッフバイトを取り除かななければならない。

負ポインタイベントの送出時には、CEP ペイロード内の該当のバイトは、SONET/SDH ストリームの H3 (または V3) バイトに配置されなければならない。正ポインタイベントの間は、CEP パケット終端器は、SONET/SDH ストリームの適切な位置にスタッフバイトを挿入しなければならない。

正負ポインタ調整時の H3 (及び V3) バイトとスタッフバイトの使用についての詳細は、[SONET]、[GR253]、及び [G.707] を参照すること。

9.1. 明示的ポインタ調整中継 (EPAR)

CEP は、一方の PSN から他方へポインタ調整イベントを明示的に中継するオプションのメカニズムを提供する。本技法は明示的ポインタ調整中継 (EPAR) と呼ばれる。EPAR は、PW の両端が共通のタイミングリファレンスとのアクセスを有する場合のみ効果を発揮する。

以降の記述は、EPAR を実装することを選択した CEP 実装にのみ適用する。EPAR をサポートしないすべての CEP 実装は、N, P ビットに 0 を設定しなければならない。

ポインタ調整イベントは、パケット生成器により 3 つの連続するパケットで送信されなければならない。パケット終端器は、N / P ビットが設定された任意の 1 パケットを受信した時点で、ポインタ調整イベントを遂行しなければならない。CEP パケット終端器は、SONET / SDH ポインタ調整イベントが、対向の CEP パケット生成器より送信された 3 つの CEP パケット毎に 1 回よりも高い頻度で行われないう保証するために、CEP シーケンスナンバーを利用しなければならない。

VT EPAR パケット生成器は、VT ポインタ調整表示を転送するのに加え、SPE レベルで受信したポインタ調整表示も転送しなければならない。VT と SPE のレートの違いにより、VT ポインタ調整の重要性は、SPE 調整のそれよりも極めて大きい。ゆえに、VT EPAR パケット生成器は、複数の SPE ポインタ調整を、N と P の CEP ヘッダビットを用い PSN を介して通知されるより少数の VT ポインタ調整表示に変換しなければならない。本目的のためにアキュムレータ (カウンタ) を用いた簡単なアルゴリズムを用いることができる。

アキュムレータの値は、回線がパケット同期外れ (LOPS) 状態にあるとき、0 にリセットされる。

正ポインタ調整表示はアキュムレータの値を固定の規定数量だけ加算し、一方、負ポインタ調整では同じ規定数量だけアキュムレータから減算する。VT ポインタ調整は、アキュムレータの値を 783 (一つの STS-1 SPE サイズ) 変化させる。SPE ポインタ調整は、VT エミュレーション種類に依存する規定数量によりアキュムレータの値を変化させる。本規定数量は、表 1 に定義された VT サイズの 1/4、例えば VT1.5 エミュレーションでは 26 バイト、VT2 エミュレーションでは 35 バイトとなる。

アキュムレータの値が 783 以上となったとき、CEP ヘッダの P ビットを用いて正ポインタ調整が PSN に向けて通知され、アキュムレータから 783 が減算される。

アキュムレータの値が -783 以下となったとき、CEP ヘッダの N ビットを用いて負ポインタ調整が PSN に

向けて通知され、アキュムレータには 783 が加算される。

同様のアルゴリズムは VC-4 内で伝送される SDH バーチャルコンテナにも適用でき、即ち、VC-4 の正ポインタ調整は VC-12 アキュムレータに 35 を加算し、また VC-12 の正ポインタ調整はアキュムレータに 783 を加算する。

N と P ビットが共にセットされている場合、PW の入口でのポインタ異常イベントが検出され、ポインタは無効となる。パケット終端器は、AIS-P/V 表示を送出しなければならず、またポインタ値をすべて 1 にセットすべきである。

9.2. 適応型ポインタ管理 (APM)

SONET / SDH ポインタ管理のエミュレート機能として用い得る、もう一つのオプションの手法が、適応型ポインタ管理 (APM) である。基本的に、APM では SONET / SDH SPE の再構築の際のポインタ調整を行うために CEP のジッタバッファの深さの情報を用いる。

具体的な APM のアルゴリズムの詳細については、本標準の範疇外と考えられる。

10. CEP 性能監視

[SONET]、[GR253]、[G.707]、および [G.784] で規定される SONET/SDH は、SONET/SDH サービスの性能を監視するために用いられる幾つかのカウンタの定義を含んでいる。

従来の SONET/SDH ネットワーク運用者が CEP を利用できるようにするために、CEP は類似の機能性を提供すべきである。以降の節では、全体として CEP 性能監視と見なされる幾つかのカウンタについて述べる。

10.1. 近端性能監視

以降の性能監視は、CEP パケット終端器により SONET / SDH 信号の再構築の過程で維持されるものである。

本性能監視は、二つのタイプの異常状態に基づく。

タイプ 1: パケットの欠落または廃棄

タイプ 2: バッファアンダラン、バッファオーバーラン、LOPS、事前に定義された可変の閾値を超過するパケット欠落

CEP のために定義された具体的な性能監視は以下の通りである：

ES-CEP - CEP 誤り時間 (秒)

SES-CEP - CEP 重度誤り時間 (秒)

UAS-CEP - CEP 非可用時間 (秒)

少なくとも 1 つのタイプ 1 の異常を含む各秒は、ES-CEP として通知されなければならない。少なくとも 1 つのタイプ 2 の異常を含む各秒は、SES-CEP として通知されなければならない。

UAS-SEP は、設定可能な連続する SES-CEP の後に通知され、設定可能な連続する SES-CEP の無い秒数の後に回復されなければならない。それぞれのデフォルト値は 10 秒である。

一旦非可用状態が通知されると、ES と SES のカウントは、非可用状態が開始した時点から、抑止されなければならない。一旦非可用状態が解消されると、回復期間の内に発生した ES と SES は、ES と SES のカウントに加えられなければならない。

CEP-NE 故障は、2.5 +/- 0.5 秒の CEP-NE タイプ 2 の異常の後に通知され、CEP-NE 異常が解消して 10 秒経過したのちに回復される。CEP-NE 故障の OS への通知は独自のポリシーに準ずる。

10.2. 遠端性能監視

遠端性能監視は、遠端PSNのCEPパケット終端器への評価能力を提供する。

遠端の統計情報は、CEPヘッダのRビットで伝搬されるCEP-RDI通知に基づく。到来するCEPパケット内にCEP-RDIがセットされている場合、CEP-FE異常が通知される。

CEP-FE故障は、2.5 +/- 0.5秒のCEP-FE異常の後に通知され、CEP-FE異常が解消して10秒経過したのちに回復される。CEP-FE故障のOSへの通知は独自のポリシーに準ずる。

11. ペイロード圧縮オプション

純粋なエミュレーションに加え、CEPはエミュレーション回線に必要な合計帯域を低減するために多くのオプションを提供している。これらのオプションは2つのカテゴリ、即ち動的帯域割当 (DBA) とサービス固有ペイロードフォーマットに分類される。

DBAは、AIS-P/V及びSPE/VT が未収容である場合において、CEPペイロードの伝送を完全に抑制する。

DBAの利用はネットワークアーキテクチャ、例えば、タンデム接続の監視、テスト信号 (TEST-P) [SONET]、あるいは監視未収容 [G.806] 信号へのサポートなどに依存する。

サービス固有ペイロードフォーマットは、SPEペイロード固有の情報に基づきSPEの一部の送信を抑制することで帯域を低減する。

これらのペイロード圧縮オプションの詳細は以下の節にて述べられる。

11.1. 動的帯域割当

動的帯域割当は、AIS-P/VまたはSPE/VTが未収容であるという二つのトリガ条件のいずれに合致した時に、断片化されたSPE(またはVT) の送信を抑制するオプションのメカニズムである。

DBAをサポートする場合の実装は、DBAの未サポートの機器との相互接続を考慮し、チャンネル単位のDBA無効化が可能となるメカニズムを含まなければならない。

PWでDBAのトリガが検知された場合、CEPペイロードは抑制される。CEP長フィールドは、CEPヘッダ長とRTPが使用される場合はRTPヘッダ長の合計に設定しなければならない。また、経由するネットワークの最小パケットサイズがペイロード抑制のDBAパケットサイズより大きい場合は、パディングバイトを追加すべきである。

CEPペイロードの抑制以外、DBA動作中のCEPの挙動は、通常時のCEPの挙動と同等になるべきである。特に、DBA動作中のパケット伝送速度は通常時と同等になるべきである。

11.2. サービス固有ペイロードフォーマット

SPEとVT伝送のための標準的なペイロードのカプセル化に加え、SPE内でユーザトラヒックの種類と量に合わせた様々なペイロード圧縮を可能にするために、いくつかのオプションのペイロードフォーマットが定義されている。これらは以下にて述べる。

11.2.1. 部分的 STS-1 (VC-3) カプセル化

部分的STS-1 (VC-3) カプセル化は、STS-1コンテナ内で選択された一部のVTのみを伝送する。このモードは、POH信号ラベルバイトである C2=2 (VT構造のSPE) とC2=3 (ロックVTモード) をもつSTS-1に適用可能である。

部分的STS-1 (VC-3) カプセル化は、1SPE分のペイロード長をサポートしなければならず、1/3SPE分のペイロード長をサポートしてもよい。VTのSTS-1コンテナへの割当はGR253の3.2.4項、VC-3へのマッピングはG.707の7.2.4項で定義されている。CEPの packets 生成器は、全ての固定列バイト (30列と59列) と除去された全VTに含まれる全てのバイトを除去する。

STS-1 POHバイト、および選択されたVTに属するバイトのみペイロードに搭載される。

CEP packets 終端器は固定のスタッフバイトを加え、除去されたVTバイトの代わりに、未収容VTのデータを生成する。

図5は、STS-1 SPEへのVT1.5の割当を示している。

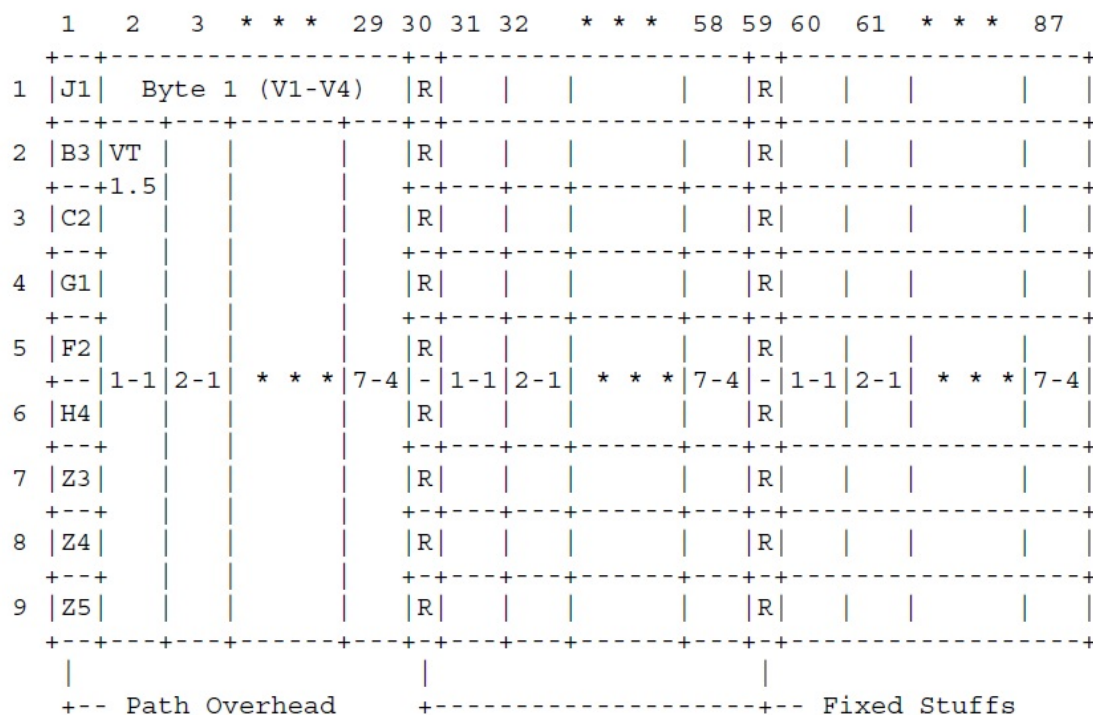


図5 : SONET SPEへのVT1.5の割当

SPEは常に、7つのインタリーブされたVTグループ (VTG) を持っている。各VTGは一種類のVTを含み、SPE内の12列 (108バイト) を占める。VTGは4つのVT1.5 (T1) 、3つのVT2 (E1) 、2つのVT3、一つのVT6のいずれかを持つことができる。全部でSPEは28個のT1、または21個のE1を伝送することができる。

部分的STS-1 (VC-3) カプセル化は、どのVTをSTS-1ペイロードに積み、どのVTを除去するかを特定するビットマスクをオプションとして持つことができる。このオプションのビットマスク設定は、回線エミュレーションの入口ノードで未収容VTを即座に除去して、回線エミュレーションの出口ノードに正しい順序でのVTの再構築に必要な十分な情報を提供する。ビットマスクの使用により、収容中のVT (実データを伝送) のみ送信することで、リアルタイムの圧縮を実現している。

11.2.1.1. 部分的 STA-1 CEP ヘッダ

部分的STS-1 CEPヘッダは、本標準で定義したSTS-1 CEPヘッダのカプセル化を利用している。また、4バイトのヘッダ拡張ワードをオプションとして追加することもできる。

その拡張ヘッダは次のフォーマットをなしている。

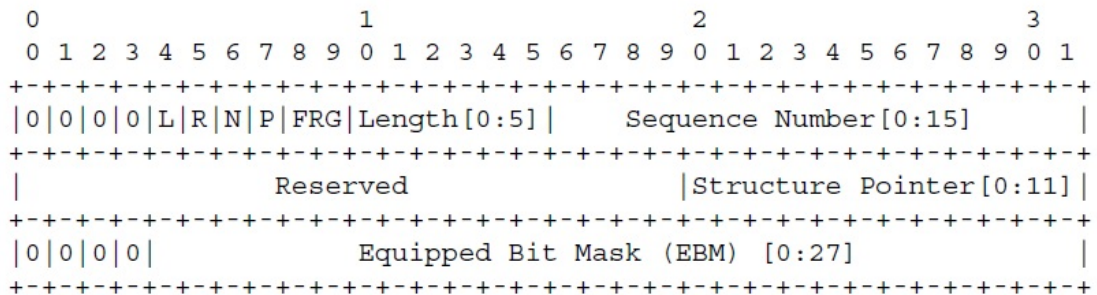


図6：部分的STS-1拡張ヘッダ

L、R、N、P、FRG、Length、Sequence Number、及び Structured Pointerフィールドの使い方は、本標準でSTS-1のカプセル化向けに定義したものと同等である。

Equipped Bit Mask (EBM) フィールド内の各ビットは、STS-1コンテナ内の各VTを表している。1にセットしたビットはそのビットが表すVTが収容済みであり、その部分的STS-1ペイロードに含まれることを意味する。

そのSTS-1 EBMは次のフォーマットを有する。

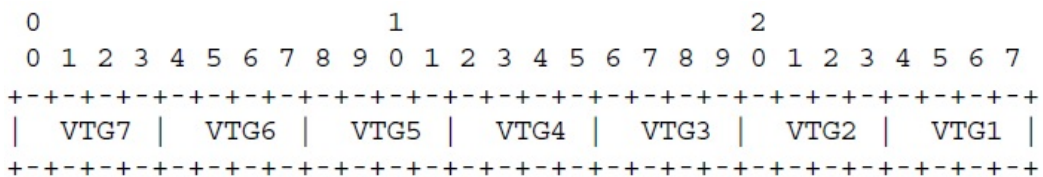


図7：部分的STS-1のEquipped Bit Mask (EBM)

28ビットのEBMは、4ビットのグループに分けられ、各グループはSTSコンテナ内の各VTGを表している。全4ビットを使って、VTGがVT1.5 (T1) トリビュタリを運んでいるかどうかを示す。

右から左へ最初の3ビットを使って、VTGがVT2 (E1) を運んでいるかどうかを示す。最初の2ビットを使って、VTGがVT3 (DS1C) を運んでいるかどうかを示す。

最右のビットを使って、VTGがVT6 (DS2) を運んでいるかどうかを示す。VTG内で、最右のビットを最初のVTとし、右から左へVTに通番を付与する。

例えば、全てVT1.5からなるSTS-1は、全ビット1を持ち、全てVT2からなるSTS-1は次のバイナリ値を持つ。

0111011101110111011101110111.

11.2.1.2. B3 補償

部分的STS-1カプセル化はライン終端装置 (LTE) あるいは、パス終端装置 (PTE) に実装可能である。

PTE実装は入口PEでパズレイヤを終端し、出口PEで新たなパズレイヤを生成する。

LTE実装はパズレイヤを終端しないため、PSN内においてPOHバイトの内容と整合性を維持する必要がある。LTE実装では、POHバイトのB3に対するビットパリティの維持に特別な注意及び対処がされなければならない。B3補償のアルゴリズムは以下のように定義されている。

あるフレームのBIP-8値は前フレームのパリティチェックの結果を表すため、現フレームのBIP-8補償には、前フレームのBIP-8ビットの変更を考慮されなければならない。よって、次の等式がBIP-8の各ビットに対する補償に用いられる。

ここで、

$B3[i]$ = 入力信号における既存の $B3[i]$ 値

$B3[i]'$ = 新しい (補償済) $B3[i]$ 値

$B3*[i]$ = 入力信号における未収容VTの $B3[i]$ 値

\parallel = 「排他的論理和」演算子

t = 現フレームの時刻

$t-1$ = 前フレームの時刻

とする。

出口PEは、追加VTを収容できるように、未収容VTの再構築及びB3パリティ値の変更を同様の手法により行わなければならない。このようにして、エンド・ツー・エンドのBIPは補償される。

11.2.1.3. 実際のペイロードサイズ

実際のCEPペイロードサイズは、SPE分割構造のバーチャルトリビュタリの数に依存する。部分的STS-1ペイロードサイズに対する各トリビュタリの寄与及びパスオーバーヘッドの寄与は次のようになる。

各VT1.5は27バイトを寄与する。

各VT2は36バイトを寄与する。

各VT3は54バイトを寄与する。

各VT6は108バイトを寄与する。

STS-1 POHは9バイトを寄与する。

例えば、7個の完全SPEカプセル化されたVT2回線を持つ部分的STS-1の実際のサイズは $261=36*7+9$ バイトになる。それを3で割れば 1/3 SPEカプセル化の実際のペイロードサイズになる。

11.2.2. 非同期 T3 / E3 STS-1 (VC-3) カプセル化

非同期 T3/E3 STS-1 (VC-3) カプセル化は、POH信号ラベルバイトである C2=4を持ち、非同期に割り当てられたT3あるいはE3信号を伝送する信号に適用可能である。

非同期 T3/E3 STS-1 (VC-3) カプセル化は、一つのSPEペイロード長をサポートしなければならず、1/3のSPEペイロード長をサポートしてもよい。

11.2.2.1. T3 ペイロード圧縮

T3信号は、[GR253] の第3.4.2.1項で定義されたフォーマットを用いてSTS-1 SPEへ非同期にカプセル化される。STS-1 SPEがさらに本標準で定義した方法でカプセル化される。

オプションとして、STS-1 SPEは固定列を除去してデータ列のみ残置する方法で圧縮することが可能である。STS-1列は1から87まで通番を付与されており、1番目のPOH列から開始する。次の列は固定値を持っているため除去される：2、3、30、31、59、及び60。

帯域削減率は約7% (87列中に6列分) である。固定列のパリティ値は0であるため、B3パリティバイトの変更は不要である。実際のペイロードサイズは、完全SPEカプセル化が729バイトで、1/3 SPEカプセル化が243バイトになる。

T3信号は、[G.707] の第10.1.2.1項で規定された方法でVC-3コンテナに非同期カプセル化される。VC-3コンテナは85個のデータ列のみ持っており、STS-1コンテナから固定スタッフ列である30列目と59列目を除いたものと同等になる。それ以外は、割当は同一である。

11.2.2.2. E3 ペイロード圧縮

E3信号は、[G.707] の第10.1.2.2項で規定された方法でVC-3 SPEに非同期カプセル化される。VC-3 SPEがさらに本標準で定義した方法でカプセル化される。

オプションとして、VC-3 SPE は固定列を除去してデータ列のみ残置する方法で圧縮することが可能である。VC-3 列は 1 から 85 (87 ではない) まで通番を付与されており、1 番目の POH 列から開始する。次の列は固定値を持っているため除去される：2、6、10、14、18、19、23、27、31、35、39、44、48、52、56、60、61、65、69、73、77、及び 81。

帯域削減率は約28% (85列中に24列分) である。固定列のパリティ値は0であるため、B3パリティバイトの変更は不要である。実際のペイロードサイズは、完全SPEカプセル化が567バイトで、1/3 SPEカプセル化が189バイトになる。

11.2.3. 部分的 VC-4 のカプセル化

SDHはVC-11、VC-12、VC-2及びVC-3のVC-4への直収の割当を定義している。この割当はSONETの階層構造には存在しない。SDHの実装では本VC-4割当は一般的である。

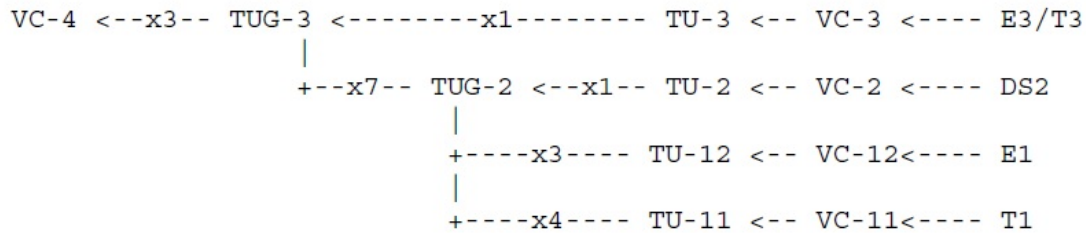


図8：VC-4へのVC割当

図8はVC-4への各VCの割当方法を示している。VC-4は3つのTUG-3を含む。各TUG-3は1つのTU-3あるいは7つのTUG-2からなる。TU-3は1つのVC-3を含む。TUG-2は4つのVC-11 (T1)、3つのVC-12 (E1)、あるいは1つのVC-2を含む。

従って、VC-4は3個のVC-3、1個のVC-3と42個のVC-12、63個のVC-12などを含めることができる。部分的VC-4カプセル化は、VC-4コンテナ内の特定のVCセットのみ伝送する。このモードはPOH信号ラベルバイトであるC2=2 (TUG構造) とC2=3 (ロック TU-n) を持つVC-4に適用できる。

VC-4コンテナへのVCの割当方法は [G.707] の第7.2節で規定されている。CEPのパケット生成器は、全ての固定列バイトと除去されたVCに含まれる全てのバイトを除去する。VC-4 POHバイトおよび選択されたVCに所属するバイトのみペイロードに積まれる。CEPのパケット終端器は固定のスタッフバイトを加え、除去されたVCバイトの代わりに、未収容のVCデータを生成する。

部分的VC-4カプセル化は、どのVCをVC-4ペイロードに積み、どのVCを除去したかを示すビットマスクをオプションとして持つことができる。このオプションのビットマスク設定は、回線エミュレーションの入口ノードで未収容VCを即座に除去し、回線エミュレーションの出口ノードに正しい順序でのVCの再構築に必要な十分な情報を提供する。ビットマスクの使用により、実装中のVC (実データを伝送) のみ送信することで、リアルタイムの圧縮を実現している。

VC-4コンテナ内で非同期のT3 / E3信号を持つVC-3は、第11.2.2項で規定した固定列バイトの除去による圧縮手法を使って更に帯域を節約することもオプションとして可能である。部分的VC-4カプセル化は、1/3のSPEペイロード長をサポートしなければならず、4/9、5/9、6/9、7/9、8/9及び完全SPEのペイロード長をサポートしてもよい。部分的VC-4の実際のペイロードサイズは、ペイロード内のVC数に依存する。

11.2.3.1. 部分的 VC-4 割当

[G.707] は第7.2.1項でVC-4へのTUG-3の割当を定義している。各TUG-3は86列を持つ。TUG-3#1、TUG-3#2、及びTUG-3#3は、4列目を先頭にバイト多重されている。1列目はVC-4 POHで、2列目と3列目は固

定であるため部分的VC-4カプセル化から除去される。

TUG-3へのTU-3の割当は [G.707] の第7.2.2項に定義されている。TU-3は、9バイトのVC-3 POHを持つVC-3とTU-3ポインタを含む。9行x86列からなるTUG-3の1列目はTU-3ポインタ (H1、H2、H3バイト) と固定スタッフに割り当てられる。TUG-3に対するVC-3の位相情報はTU-3ポインタに持たせている。

TUG-3へのTUG-2の割当は [G.707] の第7.2.3項に定義されている。TUG-3の最初の2列は固定であるため部分的VC-4カプセル化から除去される。各12列幅を持つ7個のTUG-2は3列目を先頭にバイト多重されている。これは、SONETの場合において、固定列の位置の違い以外は、7個のVTGをSTS-1コンテナに多重することに相当する。

静的な部分的VC-4割当は、部分的VC-4カプセル化で伝送される収容済VCが入口ノードと出口ノードとで事前に設定されていることを前提としている。入口側のエミュレーション端は、固定列と両端で取り決められたVC列を除去してVC-4のB3バイトを更新する。出口側は、固定列と未収容VCを追加してB3バイトを更新する。

11.2.3.2. 部分的 VC-4 CEP ヘッダ

部分的VC-4 CEPヘッダは本標準で定義したVC-4 CEPヘッダを利用する。オプションとして、12バイトのヘッダ拡張ワードを追加することが可能である。拡張ヘッダは以下のフォーマットを有する：

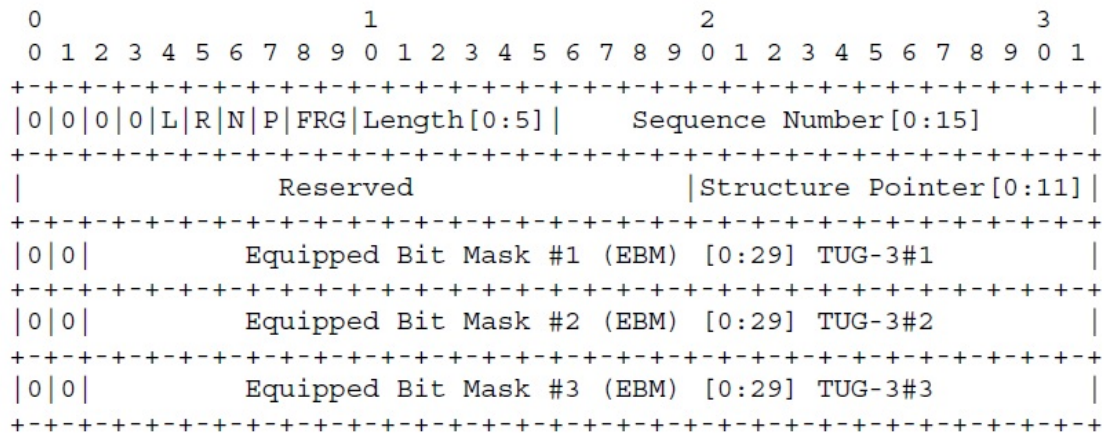


図9：拡張部分的VC-4ヘッダ

L、R、N、P、FRG、Length、Sequence Number、及び Structured Pointerフィールドの使い方は、本標準でSTS-1のカプセル化向けに定義したものと同等である。

Equipped Bit Mask (EBM) フィールド内の各ビットは、VC-4コンテナ内の各トリビュタリを表している。1にセットしたビットはそのビットが表すトリビュタリが収容済であり、その部分的VC-4ペイロードに含められることを意味する。

3つのEBMフィールドが用いられる。各EBMフィールドはVC-4内の別々のTUG-3に対応する。EBMは各TUG-2に対して4ビット一組として7組を含める。1にセットしたビットはそのビットが表すVCが収容済

であり、ゆえに部分的VC-4ペイロードに含まれることを意味する。EBM内の追加の2ビットは、TUG-3内のVC-3が収容済かどうか、そのVC-3がAISモードになっているかどうか、を表す。

そのVC-4 EBMは次のフォーマットを有する：

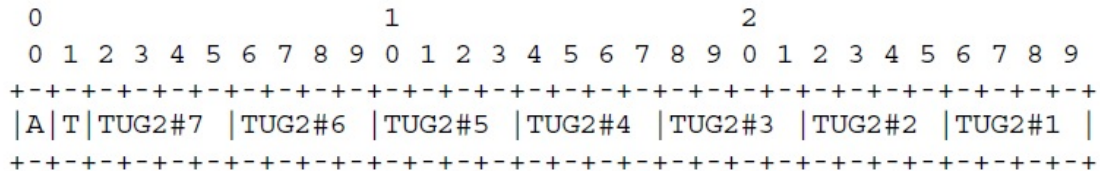


図10：部分的VC-4のEquipped Bit Mask (EBM)

30ビットのEBMは、TUG-3内のVC-3を制御する2ビットと、TUG-3コンテナ内の各TUG-2に対応する7つの4ビットグループに分けられる。TUG-2を持つTUG-3の場合は、最初のAとTの2ビットは 0 に設定しなければならない。このTUG-2ビットはTUG-2内のVCが収容済かどうかを表す。

全4ビットは、TUG-2内にVC-11 (T1) の有無を示す。右から左方向の最初の3ビットは、TUG-2内にVC-12 (E1) の有無を示す。最初のビットはTUG-2内にVC-2の有無を示す。

TUG-2内のVCは右から左へ通番を付与されており、最右ビットを最初のVCとして開始する。例えば、全てVC-11からなるTUG-3は、全28ビットが1を持つ。また、全てVC-12からなるTUG-3は次のバイナリ値を持つ、000111011101110111011101110111。

VC-3を含むTUG-3の場合は、全てのTUG-2ビットを0に設定されなければならない。

AとTビットは次のように定義される。

T： TUG-3 搭載ビット。1にセットされた場合、TUG-3コンテナにはVC-3ペイロードが積まれている。0にセットされた場合、部分的VC-4カプセル内の全てのTUG-3列が存在していないことを表す。これらのTUG-3はVC-3未収容かAISモードにあるため除去されることになる。

A： VC-3 AISビット。Tビットが1(即ち、部分的VC-4カプセル化にTUG-3列存在している) のときAビットは0にセットされなければならない。AビットはTUG-3列の除去の原因を示している。0にセットされた場合、VC-3が未収容であるためにTUG-3列が除去されたことになる。1にセットされた場合、VC-3がAISモードにあるためTUG-3列が除去されることになる。

11.2.3.3. B3 補償

部分的VC-4カプセル化はライン終端装置 (LTE) あるいは、パス終端装置 (PTE) 内に実装可能である。

PTEでの実装は入口PEでパスレイヤを終端し、出口PEで新たなパスレイヤを生成する。

LTEでの実装はパスレイヤを終端しないため、PSN内においてPOHバイトの内容と整合性を維持する必要がある。

LTEでの実装では、POHバイトのB3に対するビットパリティの維持に特別に注意されなければならない。第11.2.1.2項で述べた部分的STS-1カプセル化に対するB3補償と同様の手法が用いられる。

11.2.3.4. 実際のペイロードサイズ

実際の CEP ペイロードサイズは、部分的 SPE 内のバーチャルトリビュタリの数に依存する。部分的 VC-4 ペイロード長に対するトリビュタリの寄与及びパスオーバーヘッドの寄与は次のようになる。

各 VC-11 は 27 バイトを寄与する。

各 VC-12 は 36 バイトを寄与する。

各 VC-2 は 108 バイトを寄与する。

各 VC-3 (T3) は 738 バイトを寄与する。

各 VC-3 (E3) は 576 バイトを寄与する。

各 VC-3 (未圧縮) は 774 バイトを寄与する。

VC-4 POH は 9 バイトを寄与する。

VC-3 の寄与は AU-3 ポインタを含む。例えば、1 つの圧縮 T3 VC-3 と 6 つの VC-12 を持つ部分的 VC-4 の 1/3SPE カプセル化の場合、各パケットのペイロードサイズは $321=(9+6*36+738)/3$ バイトになる。

12. CEP 擬似回線のシグナリング

[PWE3-CONTROL] は擬似回線の設定や維持に対するプロトコルとして MPLS ラベル配布プロトコル、LDP を使うことを明記している。特に、LDP はデマルチプレクサフィールド値を擬似回線に対応させる方法を提供し、擬似回線の状態変化をレポートする手順を示すとともに結びつきを解放する手順を示している。[PWE3-CONTROL] では、擬似回線のデマルチプレクサ値は MPLS ラベルであることが想定されているが、PSN トンネルそのものは IP にも MPLS PSN にもなり得る。

CEP 擬似回線の設定や維持に LDP を使うことは、オプションである。この章は CEP 特有のフィールドとエラーコードの利用について記述している。

PWid FEC と PW 汎用 ID FEC エlementにある PW タイプフィールドは、SONET / SDH Circuit Emulation over Packet (CEP) [PWE3-IANA] に設定されなければならない。

CEP 擬似回線ではコントロールワードは必須である。それゆえ PWid FEC と PW 汎用 ID FEC Elementにある C ビットがセットされなければならない。もし C ビットがセットされていない場合、擬似回線は確立されてはならず、ラベル解放が非正規 C ビット状態コードで送信されなければならない[PWE3-IANA]。

PWid FEC と PW 汎用 ID FEC Elementは、一つ以上のインタフェースパラメータフィールドを含んでいる。インタフェースパラメータフィールドは、擬似回線の二つの端点が互いに相互運用するために必要な機能を有するというを確認するために用いられる。CEP 特有のインタフェースパラメータフィールドは CEP / TDM ペイロードバイト、CEP / TDM ビットレート、CEP オプションパラメータである。

12.1. CEP / TDM ペイロードバイト

このパラメータは期待される CEP ペイロードサイズをバイト単位で持たなければならない。ペイロードサイズはネットワークヘッダ、CEP ヘッダ、またパディングを含まない。もしペイロード圧縮が使われて

いるなら、CEP/TDM ペイロードパラメータは、ペイロード圧縮が無効であるかのように非圧縮のペイロードサイズにセットされなければならない。特に、部分的 SPE (STS-1/VC-3 or VC-4) ペイロード圧縮が使われているとき、ペイロードバイトパラメータは未収容 VT コンテナと固定値列を取り除く前のペイロードサイズにセットされなければならない。それゆえ、部分的 SPE モードが使われるとき、実際の (すなわち回線上の) パケット長は、通常広告されるものより短く、動的な部分的 SPE では接続がアクティブである間、変化さえする。同様に、DBA ペイロード圧縮が使われているとき、CEP/TDM ペイロードバイトパラメータは、圧縮前のペイロードサイズにセットされなければならない。

CEP/TDM ペイロードバイトパラメータはオプションである。この CEP/TDM ペイロードバイトパラメータがインタフェースパラメータフィールドの一部として含まれないなら、デフォルトペイロードサイズとみなされる。VT のデフォルトペイロードサイズは一つのスーパーフレームである。SPE のデフォルトパラメータサイズは 783 バイトである。

ローカルでサポートされない CEP/TDM ペイロードバイト値に対するラベル割当要求を受けた PE は CEP/TDM 誤設定状態エラーコードを返さなければならない [PWE3-IANA]。

12.2. CEP/TDM ビットレート

CEP/TDM ビットレートパラメータは CEP ペイロードの 64Kbps 単位のデータレートにセットされなければならない。もしペイロード圧縮が使われているなら、CEP/TDM ビットレートパラメータは、あたかもペイロード圧縮が無効であるかのように、非圧縮ペイロードデータレートに設定されなければならない。表 3 は擬似回路のそれぞれに対してセットされなければならない CEP/TDM ビットレートパラメータを示す。

Circuit	Bit Rate Parameter
VT1.5/VC-11	26
VT2/VC-12	35
VT3	53
VT6/VC-2	107
STS-Nc	783*N N=1, 3, 12, 48, 192

表 3 : CEP/TDM ビットレート

CEP/TDM ビットレートパラメータは必須である。異なるビットレートの二つのペア間の擬似回線を確立することは、矛盾ビットレート状態エラーコードで拒絶されなければならない [PWE3-IANA]、その擬似回線は確立されてはならない。

12.3. CEP オプション

CEP オプションパラメータは必須である。CEP オプションパラメータのフォーマットは以下に示される。

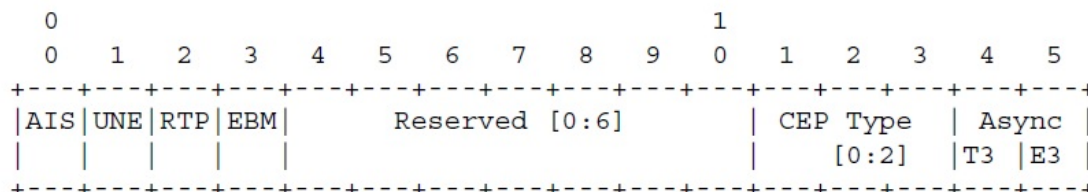


図 11 : CEP オプション

AIS : これがセットされたときは、AIS 通知が検出されているときに、ラベル割当要求を送っている PE は DBA パケットを送るように設定されていることを示す。

UNE : これがセットされたときは、未収用回線通知が検出されているときに、ラベル割当要求を送っている PE は DBA パケットを送るように設定されていることを示す。

RTP : これがセットされたときは、ラベル割当要求を送っている PE は RTP ヘッダをもったパケットを送るように設定されていることを示す。

EBM : これがセットされたときは、ラベル割当要求を送っている PE は EBM 拡張ヘッダをもったパケットを送るように設定されていることを示す。

CEP タイプ : CEP 接続タイプを示す。

0x0 SPE モード (STS-1 / STS-Mc)

0x1 VT モード (VT1.5 / VT2 / VT3 / VT6)

0x2 部分的 SPE (STS-1 / VC-3 / VC-4)

AsyncType : これは Async E3 / T3 帯域削減設定を示す。CEP タイプが部分的 SPE にセットされたときのみ関連し、部分的 SPE は非同期 T3 / E3 ペイロードを運ぶことを期待される。

T3 : これがセットされたときは、ラベル割当要求を送っている PE は T3 帯域減少をもった部分的 SPE パケットを送るように設定されていることを示す。

E3 : これがセットされたときは、ラベル割当要求を送っている PE は、E3 帯域減少をもった部分的 SPE パケットを送るように設定されていることを示す。

リザーブドフィールド : ラベル割当要求を送っている PE によって 0 にセットされていなければならない、受信側によって無視される。

ラベル割当要求にセットされた CEP オプションの一つをサポートしない PE は、CEP / TDM 誤設定の状態コードをもつラベル解放メッセージを送信しなければならない [PWE3-IANA]、運用者に通知し、新しく整合の取れたラベル割当を待つ。PE は、一度再設定されるか、整合の取れた設定をもつ対向からのラベル割当要求を受けたときに、新しいラベル割当要求を送らなければならない。

擬似回線は非対称に設定されることがある。一つの PE が帯域減少モードを用いるように設定され、一方で、他の PE が回線全体を変更せずに送るように設定されることがある。PE はラベル割当要求で受け取った CEP オプションの設定を自身の設定と比較し、対称の擬似回線設定を検出する。非対称設定を認識した PE はオペレータに報告してもよい。

13. 輻輳制御

CEP PW を運んでいる PSN は輻輳しうる。PW の輻輳問題は [PWE3-ARCH] の 6.5 節に記述されている。CEP PW は、弾力性のない固定ビットレート (CBR) フローを表して、[CONG] によって定められた TCP に親和性がある方法で輻輳に応じることができない。CEP PW は、帯域確保やアドミッションコントロール、転送優先度付け、境界トラヒックコンディショニングメカニズムを提供するトラヒックエンジニアリングされた PSN を越えて運ばれるべきである。帯域保証サービス [GS] をサポートするイントサーブが可能なドメイン [INTSERV] と最優先転送 [EF] をサポートするディフサーブが可能なドメイン [DIFFSERV] は、そのような PSN の例である。高レートの SONET STS-Nc や SDH 仮想回線をエミュレートする PW はトラヒックエンジニアリングされた MPLS PSN 上でトンネルされると期待される。

CEP PWs は、重度の輻輳を検出するためにパケット損失を監視すべきである。そのような状態が検出されるなら、CEP PW は双方向で閉じるべきである。本書は、適当な遅れの後に、CEP パケット損失率と当然あるべき再開の評価基準を用いて「重度の輻輳」を検出する正確な評価基準を定義しない。これは今後の課題である。

PWE3 制御プロトコルを用いて CEP PW があるのなら [PWE3-CONTROL]、決まった PW 解放手順が、重度な輻輳が検出されたときには用いられるべきである。

CEP PW の一時的な切断が判断されたときに、CEP PWs によってエミュレートされた SONET / SDH サービスは考慮されなければならない高可用性がある。CEP 性能監視は CEP PW の利用不可能な状態 (UAS-CEP) の開始と終了の評価基準を提供する。“重度な輻輳”の検出は CEP PW の使用不能評価基準に基づくものであってもよい。

14. セキュリティ問題

CEP カプセル化は、[PWE3-ARCH] で議論した一般的なセキュリティ問題のすべてを対象とすることがある。さらに、本標準では、PSN の向こう側にカプセル化されたパケットを運ぶのに使用されるプロトコルではなく、カプセル化だけを示す。そのような各プロトコルには、それ自身のセキュリティ問題があるかもしれないが、それらの問題はここに指定されたカプセル化によって影響を受けない。転送された CEP サービスの安全性が単に PSN のセキュリティと同様に良いことに注意すべきである。この安全性のレベルは、回線交換とパケット交換公衆網との本来の違いにより、ネイティブ TDM サービスが提供する安全性のレベルよりも、嚴重でないかもしれない。

CEP はタイミング情報の明示的な転送が要求される時 RTP ヘッダを使用してもよいが、SRTP [RFC3711] のメカニズムは、PW や下層の MPLS 網のセキュリティを確保することの代用にはならない。

15. IANA 問題

擬似回線の IANA 問題は、[PWE3-IANA] でカバーされる。CEP は IANA からの追加の要件を導入しない。

16. 謝辭

省略

17. 共著

省略

付録 A SONET / SDH レートとフォーマット

簡単にするために、この章での議論は SONET 用語を使用するが、それは等しく SDH に適用される。SDH と同等な用語はテーブルに示される。

基本 SONET モジューラ信号は同期輸送がレベル 1 (STS-1) となる。多くの STS-1s は、STS-N として示され N 同期ペイロード (SPEs) の高次の信号の中に多重される。光の場合は、STS-N に相当するものは Optical Carrier レベル N、または OC-N である。表 4 は、本標準で議論した標準 SONET 回線レートを記載する。

OC Level	OC-1	OC-3	OC-12	OC-48	OC-192
SDH Term	-	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
Line Rate (Mb/s)	51.840	155.520	622.080	2,488.320	9,953.280

表 4 : 標準 SONET 回線レート

それぞれの SONET フレームは 125us で 9 つの行からなる。STS-N フレームは 9 つの行と N*90 の列がある。N*90 のコラムでは、最初の N*3 つの列が伝送オーバーヘッドであり、そして、他の N*87 の列が SPEs である。また、多くの STS-1s が、一つの SPE だけでスーパーレート信号を形成するために結びつけられるかもしれない。光スーパーレート信号は OC-Nc として示され、OC-N より高いペイロード容量を持っている。

それぞれの SPE の最初の 9 バイトのコラムは、パスオーバーヘッド (POH) で、そして、残っている列は固定もの (STS-Nc 専用) でペイロード容量を形成する。固定スタッフは、純粋にオーバーヘッドになり、STS-Nc のための N/3-1 の列である。従って、STS-1 と STS-3c にまったく固定スタッフがなく、STS-12c には 3 つの列の固定スタッフなどがある。

STS-1 か STS-Nc の POH は 9 つの行にある 9 バイトである。STS-1 のペイロード容量はフレームあたり 86 列 (774 バイト) である。STS-Nc のペイロード容量は 1 フレームあたり (N*87)-(N/3) 列である。したがって、STS-3c のペイロード容量は 1 フレームあたり 92,340 バイト、(3*87-1)*9 である。別の例として、STS-192c のペイロード容量は 14 万 9760 バイトであり、STS-3c の容量の 64 倍である。

1 秒あたり 8,000 個の SONET フレームがある。従って、STS-1 の SPE サイズ (POH とペイロード容量) は $783 * 8 * 8,000 = 50.112 \text{ Mb/s}$ である。または連結された STS-3c の SPE サイズが 1 フレームあたり 2,349 バイト、 150.336 Mb/s である。STS-192c のペイロード容量は 1 フレームあたり 149,760 バイトであり、 $9,584.640 \text{ Mb/s}$ となる。表 5 はサポートされる SPE とペイロードレートを示す。

SONET STS Level	STS-1	STS-3c	OC-12c	OC-48c	OC-192c
SDH VC Level	VC-3	VC-4	VC-4-4c	VC-4-16c	VC-4-64c
Payload Size (Bytes)	774	2,340	9,360	37,440	149,760
Payload Rate (Mb/s)	49.536	149.760	599.040	2,396.160	9,584.640
SPE Size (Bytes)	783	2,349	9,396	37,584	150,336
SPE Rate (Mb/s)	50.112	150.336	601.344	2,405.376	9,621.504

表 5 : ペイロードサイズとレート

回線エミュレーションをサポートするために、SONET STS、SDH VC レベルのすべての SPE はパケット交換網を伝播するために 5 章で定義されたカプセル化を用いて、パケットにカプセル化される。

VT は、4 つの SONET SPE が連続した SONET スーパーフレームで形成される。SPE パスオーバーヘッドバイト H4 はスーパーフレームの中にある SPE の数を示す。VT データは SPE の位置に関連して流動的になる。オーバーヘッドバイト V1, V2, V3 は、H1, H2, H3 TOH バイトと同様に、ポインタ・スタッフバイトとして使われる。

付録 B ネットワークダイアグラム例

下の図 12 は SONET 内部接続の例を示す。サイト A と B は、SONET インフラストラクチャによってハブサイト、サイト C に接続される。サイト A からの OC-12 とサイト B からの OC-12 は部分的に收容されている。そのそれぞれは SONET ネットワークによってハブサイト C に伝送される。收容済 SPE (もしくは VT) はサイト C に向かって OC-12 に束ねられる。

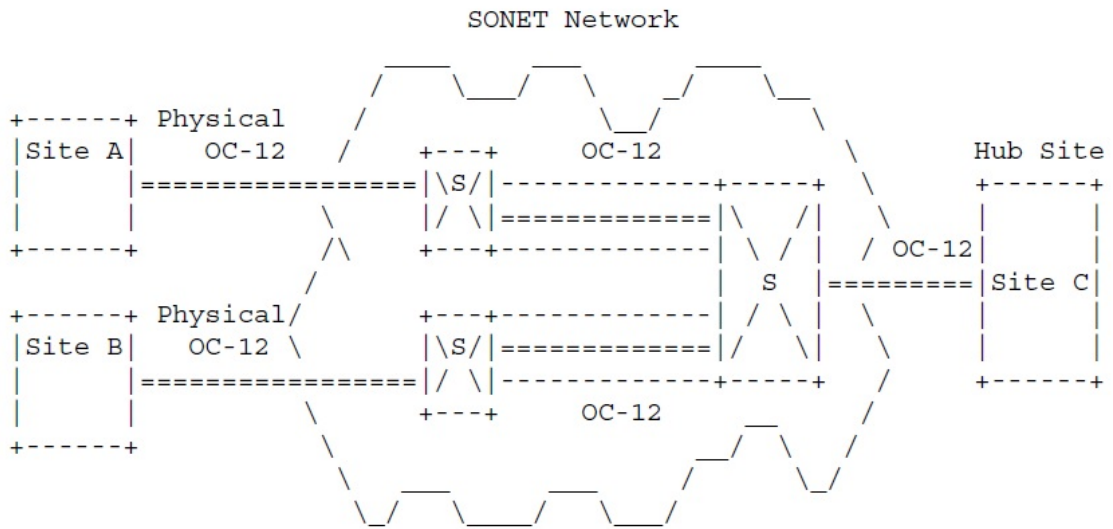


図 12 : SONET 相互接続例の図

以下の図 13 では、PSN の上にエミュレートされている OC-12 の同じ組を示す。この構成は、SPEs (または、VTs) だけが PSN を通して送られるので、多重ネットワークに帯域を作る。11 章で説明された様々なペイロード圧縮オプションを利用することによって、帯域幅の節約を追加できる。

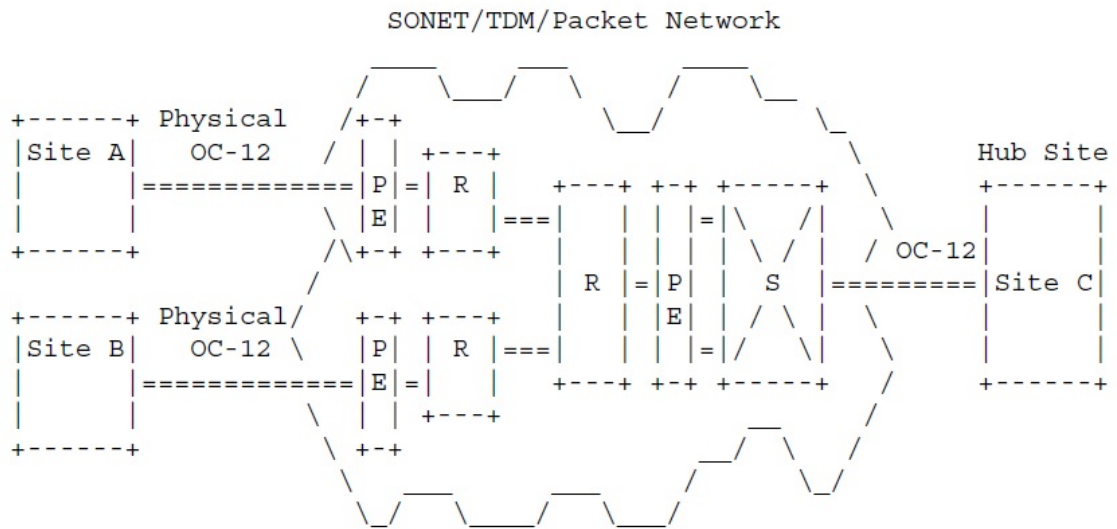


図 13 : SONET 相互接続エミュレーション例の図

下の図 14 は、アクセス網で OC-12 に束ねられている T1 の例を示す。VT カプセル化はハブサイトから SONET / SDH OAM (Operations and Management) を維持しているカスタマサイトに T1 を伝送するために使われる。

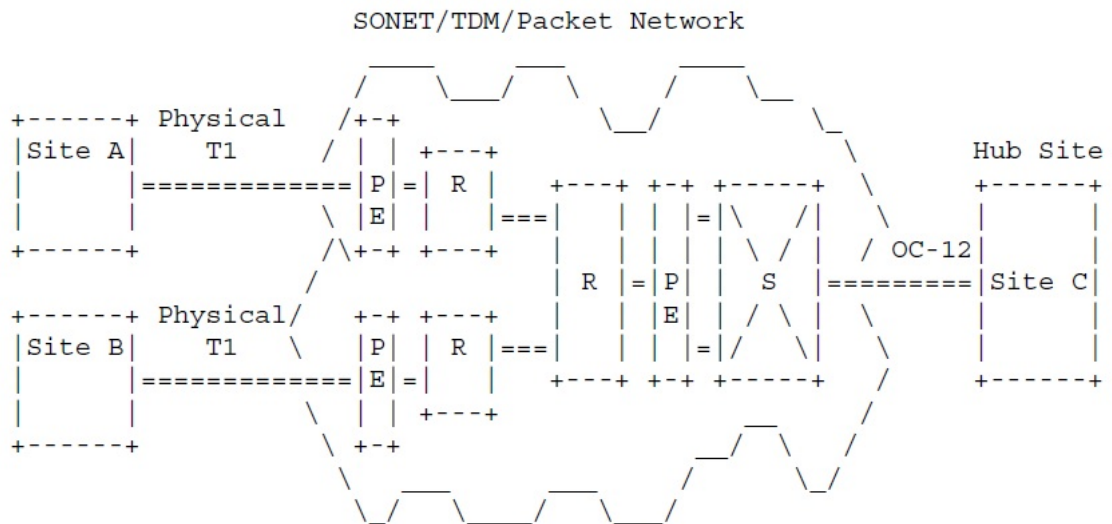


図 14 : T1 から OC-12 へのグルーミングエミュレーション例の図

18. 参照

18.1. 参照規格

- [G.707] "Network Node Interface For The Synchronous Digital Hierarchy", ITU-T Recommendation G.707, December 2003.
- [G.783] "Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks", ITU-T Recommendation G.783, February 2004.
- [G.784] "Synchronous Digital Hierarchy (SDH) management", ITU-T Recommendation G.784, July 1999.
- [G.806] "Characteristics of transport equipment-Description methodology and generic functionality", ITU-T Recommendation G.806, February 2004.
- [G.825] "The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)", ITU-T Recommendation G.825, March 2000.
- [GR253] "Synchronous Optical Network (SONET) Transport Systems: Common Generic Criteria", Telcordia GR-253-CORE Issue 3, September 2000.
- [MPLS] Rosen, E., Tappan, D., Fedorkow, G., Rekhter, Y., Farinacci, D., Li, T., and A. Conta, "MPLS Label Stack Encoding", RFC 3032, January 2001.
- [PWE3-CONTROL] Martini, L., Rosen, E., El-Aawar, N., Smith, T., and G. Heron, "Pseudowire Setup and Maintenance Using the Label Distribution Protocol (LDP)", RFC 4447, April 2006.
- [PWE3-IANA] Martini, L., "IANA Allocations for Pseudowire Edge to Edge Emulation (PWE3)", BCP 116, RFC 4446, April 2006.
- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, March 1997.
- [RTP] Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", STD 64, RFC 3005, July 2003.

[SONET] "Synchronous Optical Network (SONET) - Basic Description including Multiplex Structure, Rates and Formats", ANSI T1.105-2001, October 2001.

18.2. 参考規格

[CONG] Floyd, S., "Congestion Control Principles", RFC 2914, September 2000.

[DIFFSERV] Blake, S., Black, D., Carlson, M., Davies, E., Wang, Z., and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, December 1998.

[EF] Davie, B., Charny, A., Bennett, J., Benson, K., Le Boudec, J., Courtney, W., Davari, S., Firoiu, V., and D. Stiliadis, "An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior)", RFC 3246, March 2002.

[GS] Shenker, S., Partridge, C., and R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service", RFC 2212, September 1997.

[INTSERV] Braden, R., Clark, D., and S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633, June 1994.

[PWE3-ARCH] Bryant, S. and P. Pate, "PWE3 Architecture", RFC 3985, March 2005.

[PWE3-MPLSCW] Bryant, S., Swallow, G., and D. McPherson, "Control Word for Use over an MPLS PSN", RFC 4385, February 2006.

[PWE3-REQ] Xiao, X., McPherson, D., and P. Pate, "Requirements for Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge (PWE3)", RFC 3916, September 2004.

[PWE3-TDM-REQ] Riegel, M., "Requirements for Edge-to-Edge Emulation of TDM Circuits over Packet Switching Networks (PSN)", RFC 4197, October 2005.

[RFC3711] Baugher, M., McGrew, D., Naslund, N., Carrara, E., and K. Norrman, "The Secure Real-time Transport Protocol (SRTP)", RFC 3711, March 2004.