

# TR-G8275.1

「ネットワークからフルタイミングサポートでの  
位相/時刻同期に関する高精度タイム・プロトコルの  
テレコムプロファイル」の技術レポート

Technical Report on Precision time protocol telecom profile  
for phase/time synchronization  
with full timing support from the network

第 1 版

2017 年 12 月 5 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

I. ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイルの技術レポート .....	- 4 -
1. はじめに.....	- 4 -
2. 調査報告概要.....	- 4 -
3. 今後の進め方.....	- 4 -
<参考>.....	- 5 -
II. 概要説明 .....	- 6 -
III. 調査対象勧告和訳 .....	- 23 -

# I. ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイルの技術レポート

## 1. はじめに

ITU-Tにおいては、パケットネットワークにおけるネットワーク同期に関連する複数の勧告を発行している。モバイル通信網のバックボーン向けの技術としてパケットネットワークにおける同期技術が注目され、国際標準化や市場へのシステム導入が活発化している。TTCでは、このような背景を考慮し、関連するITU-T勧告の技術概要と翻訳を日本国内に広めることにより、本分野での産業界への貢献を目指している。本技術レポートではITU-T G.8275.1/Y.1369.1 勧告「ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイル Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network」の調査結果を報告する。

## 2. 調査報告概要

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (06/2016) 勧告に相当する本技術レポート TR-G8275.1 では、ITU-T G.8275/Y.1369 勧告に示すアーキテクチャに準拠した方法で IEEE 1588<sup>TM</sup>-2008 標準を利用するテレコムアプリケーションに関するプロファイルを規定している。

G.8275.1/Y.1369.1 (06/2016) 勧告の以下の規定

- PTP プロトコル構成パラメータ
- PTP メッセージの交換に関するハイレベルな設計要求
- オペレーションモード
- PTP プロトコルマッピング
- ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズムのオプション

また、本勧告は IEEE 1588-2008 標準の PTP プロファイルのスコープ外であるテレコム環境での利用を想定した追加の規定も行っている。

付属資料以降は Appendix I-IX が示されているが勧告としての強制力を持たないため、本文では和訳は提供せず ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (06/2016) 勧告の原文のままを示している。

## 3. 今後の進め方

モバイル通信網のバックボーンアプリケーションとしてパケットネットワークでの同期技術が注目され、市場へのシステム導入や活発な国際標準化活動の背景から本勧告の調査を行った。今回調査を行った ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 勧告は ITU-T G.8275/Y.1369 勧告に示すアーキテクチャに準拠した方法で IEEE 1588<sup>TM</sup>-2008 標準を利用するテレコムアプリケーションに関するプロファイルの規定を説明している。しかし、技術的に発展途上であり、今後の 5G の導入、アプリケーションの進展などにより仕様変更の可能性があるため、今回は技術レポート化することにした。

## <参考>

### (1) 国際勧告等との関連

本技術レポートは ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (06/2016) を調査したものである。但し、Appendix I～IX は和訳せず、原文のままとしている。

### (2) 上記国際勧告等に対する追加項目等

なし。

### (3) 上記国際勧告等に対する変更事項

なし。

### (4) 参照した国際勧告との章立て構成の相違

なし。

### (5) 改版の履歴

版数	発行日	改版内容
第1版	2017年12月5日	初版発行

### (6) 工業所有権

本技術レポートに関わる「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。

### (7) その他、利用者に有益な事項

なし。

### (8) 標準作成部門

伝送網・電磁環境専門委員会

## II. 概要説明

説明資料

TTC Telecommunication  
Technology  
Committee

---

TTC技術レポート概要報告

---

TR-G8275.1

「ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する  
高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイル」  
の技術レポート

(Technical Report on Precision time protocol  
telecom profile for phase/time synchronization  
with full timing support from the network)

一般社団法人情報通信技術委員会 (TTC)  
伝送網・電磁環境専門委員会 (WG1300)  
2017/12/05

1

はじめに

TTC Telecommunication  
Technology  
Committee

---

- ITU-Tにおいては、パケットネットワークにおけるネットワーク同期に関する複数の勧告<sup>(\*)</sup>を発行している。これらの勧告で標準化される同期技術はモバイル通信網のバックボーンのアプリケーションとして注目されている
- TTCにおいては、これらの勧告による技術の概要と翻訳を国内に広め、本分野での産業界への貢献を目指している
- これまでにITU-T G.8260、G.8261、G.8262、G.8271、G.8272、G.8275勧告のTTC技術レポートを発行してきている。
- 本技術レポートでは、PTPを用いた位相/時刻同期のテレコムプロファイルに関する勧告であるITU-T G.8275.1/Y.1369.1勧告<sup>(\*\*)</sup>「ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイル」(Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network)の調査結果を報告する

<sup>(\*)</sup> 2016年11月時点での勧告はITU-T G.8260, G.8261/Y.1361, G.8261.1/Y.1361.1, G.8262/Y.1362, G.8263/Y.1363, G.8264/Y.1364, G.8265, G.8265.1, G.8266/Y.1376, G.8271/Y.1366, G.8271.1/Y.1366.1, G.8271.2/Y.1366.2, G.8272/Y.1367, G.8272.1, G.8273/Y.1368, G.8273.2/Y.1368.2, G.8275/Y.1369, G.8275.1/Y.1369.1, G.8275.2/Y.1369.2。詳細は本資料の3頁を参照。

<sup>(\*\*)</sup> 調査対象とした勧告はITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (06/2016)

2

# パケットネットワークでの同期技術関連勧告一覧

定義と用語集 G.8260 パケット網における同期の定義と用語

勧告化済

勧告化作業中

	パケット網における周波数同期	パケット網における時刻・位相同期技術	タイミング全NEサポート	タイミング一部NEサポート
基本	G.8261 タイミングと同期	G.8271 時刻・位相同期		
NW 要求	SyncE シンク・リング (G.8261) G.8261.1 遅延揺らぎNW制限		G.8271.1 NW制限	G.8271.2 NW制限
メカニズム (clk)	G.8272 プライマリ・リファレンス・タイミング・加算(PRTC) タイミング特性 G.8272.1 拡張PRTC タイミング特性 G.8262 SyncE装置ループ追加タイミング特性 G.8262.1 拡張SyncE装置ループ追加タイミング特性 G.8263 ネットワーク装置タイミング特性 G.8266 ネットワークマスタclkタイミング特性	G.8273 フレーム	G.8273.2 マスタリ/スレーブclkタイミング特性 G.8273.3 トランスミッタclkタイミング特性	G.8273.4 スレーブclkタイミング特性
方式	G.8264 タイミング情報分配 G.8265 周波数分配要件	G.8275 時刻・位相分配要件		
プロファイル	G.8265.1 PTPプロファイル		G.8275.1 PTPプロファイル #1	G.8275.2 PTPプロファイル #2

## TR-G8275.1 目次構成

TR-G8275.1目次構成		(参考) ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 Table of contents (06/2016)	
章	タイトル	Clause	Title
1	範囲	1	Scope
2	参照	2	References
3	定義	3	Definitions
4	略語と頭字語	4	Abbreviations and acronyms
5	慣例	5	Conventions
6	位相/時刻分配に対するPTPの利用	6	Use of PTP for phase/time distribution
7	ネットワークからの完全なタイミングサポートを有する位相/時刻分配のためのITU-T PTPプロファイル	7	ITU-T PTP profile for phase/time distribution with full timing support from the network
8	セキュリティ面	8	Security aspects
付属資料A	ネットワークからの完全なタイミングサポートを伴った場合の位相/時刻分配のためのITU-T PTPプロファイル	Annex A	ITU-T PTP profile for phase/time distribution with full timing support from the network
付属資料B	代替BMCAでPTPトポロジを確立するためのオプション	Annex B	Options to establish the PTP topology with the Alternate BMCA
付属資料C	T-BCの外部/時刻入力インタフェースの包含	Annex C	Inclusion of an external phase/time input interface in a T-BC
付属資料D	経路トレース (オプション)	Annex D	Path trace (optional)
付属資料E	同期不確定通知 (オプション)	Annex E	Synchronization uncertain indication (optional)
付属資料F	参照チェーンを制限するためのstepsRemovedの利用 (オプション)	Annex F	Use of stepsRemoved to limit reference chain (optional)
		Appendix I	Considerations on the use of Transparent Clock
		Appendix II	Considerations on the transmission of Delay_Req messages
		Appendix III	Considerations on the choice of PTP Ethernet multicast destination address
		Appendix IV	Considerations on the use of priority2
		Appendix V	Description of PTP clock states and associated contents of Announce messages
		Appendix VI	Operations over link aggregation
		Appendix VII	Relationship between clockClass and holdover specification
		Appendix VIII	Considerations on a T-TSC connected to an end application
		Appendix IX	Calculation of offsetScaledLogVariance for T-GM timed by PRTC or ePRTC

注) ITU-T G.8275.1/Y.1369.1(06/2016)勧告の Appendixは参考情報であり強制力のある勧告とはみなされず、本TRでの報告の対象外とした

## 第1章 Scope - 本勧告が対象とする領域

ITU-T G.8275/Y.1369勧告に示すアーキテクチャに準拠した方法で  
IEEE 1588標準を利用するテレコムアプリケーションに関するプロファイルを規定

G.8275.1/Y.1369.1勧告の2016/06版では下記を規定

- PTPプロトコル構成パラメータ
- PTPメッセージの交換に関するハイレベルな設計要求
- オペレーションモード
- PTPプロトコルマッピング
- ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズムのオプション

また、本勧告はIEEE 1588標準のPTPプロファイルのスコープ外であるテレコム環境での利用を想定した追加の規定も行う

注) 本勧告の初版では、物理レイヤでの周波数サポートが前提となっている

5

## 第5章 慣例

本勧告中では下記の慣例を用いる

- PTP (Precision Time Protocol):  
IEEE 1588で規定されるPTP version 2<sup>(\*)</sup> プロトコルを指す
- T-BC (Telecom Boundary Clock):  
IEEE 1588のBCを元に、G.8275.1勧告で拡張仕様を定義され、G.8273.2勧告に準拠した性能特性を持つバウンダリ・クロックから構成されるデバイス
- T-TC (Telecom Transparent Clock):  
IEEE 1588のTCを元に定義されるトランスペアレント・クロックから構成されるデバイス  
特性は今後の検討課題
- T-GM (Telecom Grandmaster):  
G.8275.1勧告で仕様を定義されたグランドマスター・クロックから構成されるデバイス、  
特性は今後の検討課題
- T-TSC (Telecom Time Slave Clock):  
G.8275.1勧告で定義され、G.8273.2勧告 付属資料C準拠の性能特性を有する  
PTPスレーブのみのオーディナリ・クロックから構成されるデバイス
- PRTC (Primary Reference Time Clock)  
G.8272勧告で定義されるクロックを指す
- ePRTC (enhanced Primary Reference Time Clock)  
PRTCの拡張版であり、仕様は現在検討中

(\*) IEEE 1588-2008版

6

## 第6章 位相/時刻分配に対するPTPの利用

IEEE 1588をベースとして、精度高い位相と時刻同期を実現するテレコムプロファイルについて下記を概説。プロファイルそのものは付属資料Aで規定。

- 第6.1節 ハイレベルな設計要求
- 第6.2節 PTPモードとオプション
- 第6.3節 プロテクションの外観と代替BMCA
- 第6.4節 位相/時刻のトレーサビリティ情報

7

### 第6.1節 ハイレベルな設計要求

IEEE 1588に対してテレコムプロファイル向けのハイレベルな要件を規定

- ITU-T G.8275勧告で定義され、ITU-T G.8273勧告のアーキテクチャに属する様々な位相/時刻クロック間での相互運用を実現するメカニズムを規定すべき
- 前記メカニズムは管理された広域テレコムネットワークにおいて矛盾の無い運用を可能にしなければならない
- パケットベースのメカニズムより、固定配置で設計および構成された同期ネットワークが維持されなければならない
- パケットベースのシステムに用いられるプロテクション機構は標準化されたテレコム運用実行に基づき、かつ、テレコム・タイム・スレーブ・クロック(T-TSC)に複数の地理的に分離されたテレコム・グランドマスター(T-GM)からの位相と時刻を取得する能力を与えなければならない
- 自動的な位相/時刻同期ネットワークポロジの確立と同様に、受信した位相/時刻のトレーサビリティとローカルプライオリティに基づく位相/時刻リファレンス・ソースの選択を可能にすべき

8

## 第6.2節 PTPモードとオプション

### 以下のPTPモードとそのオプションについて概説

- PTPドメイン: PTPプロトコルを用いて互いにクロックを伝達できる論理グループで、1管理エンティティを分割するために用いられる。デフォルトドメイン値は24、その値の範囲は24~43
- 本プロファイルで用いるPTPメッセージ:
  - 利用するメッセージ: *Sync, Follow\_Up, Announce, Delay\_Req, Delay\_Resp.*
  - 利用を検討中のメッセージ: *Signaling, Management*
  - 利用しないメッセージ: *Pdelay\_Req, Pdelay\_Resp, Pdelay\_Resp\_Follow\_Up*
- 本プロファイルでサポートされるPTPクロックタイプ: 2種類のOC、2種類のBC、TC (スライド11参照)
- 片方向対双方向運用: 双方向運用を前提 (双方向での伝送遅延測定が必要であるため)
- 1ステップ対2ステップクロックモード: 送信側は1または2ステップのいずれかをサポート、受信側は1および2ステップクロックの両方をサポート
- PTPメッセージに対するEthernetマルチキャストアドレス:
  - 全PTPメッセージの転送に対してEthernetマルチキャストアドレスを用いる、下記をサポート
  - 非フォワードマルチキャストアドレス: 01-80-C2-00-00-0E
  - フォワードマルチキャストアドレス: 01-1B-19-00-00-00
  - マルチキャストアドレスの選択はポート単位
  - PTPメッセージ送信側: 非フォワード or フォワードマルチキャストアドレスの何れか一方を利用
  - PTPメッセージ受信側: 非フォワード and フォワードマルチキャストアドレスの両方を処理できなければならない

9

## 第6.2節 PTPモードとオプション

### 以下のPTPモードとそのオプションについて概説

- PTPマッピング:
  - IEEE 1588付属資料Fに記載のTransport of PTP over IEEE 802.3 Ethernetで定義されるPTPマッピングに基づく。
  - *transportSpecific*フィールドを"0"に設定しなければならない
  - PTPメッセージを運ぶフレーム中にVLANタグを挿入することは許されない
  - VLANタグを含むPTPメッセージを受信した場合、T-GM, T-BC, T-TSCで廃棄する
  - T-TCの場合は利用に当たり注意が必要である(Appendix I参照)
- メッセージレート (公称レート) :
  - Sync および Follow\_up: 16 パケット/秒  
(平均メッセージ間隔の2倍を超えてはならない)
  - Delay\_Req/Delay\_Resp: 16 パケット/秒  
( $2^{\log \text{MinDelayReqInterval}}$ 秒の $\pm 30\%$ 以内の間隔でDelay\_Reqを発行、  
メッセージ間は $2^{\log \text{MinDelayReqInterval}+1}$ 秒を超えてはならない)
  - Announce: 8 パケット/秒  
(平均メッセージ間隔の2倍を超えてはならない)

10

## (参考)G.8275とPTPクロックタイプの対応関係

[ITU-T G.8275]からの クロックタイプ	説明	[IEEE 1588]からの クロックタイプ
T-GM	マスターのみのオーディナリ・クロック (単一PTPポートを持つマスターは、常にGMであり、 他のPTPクロックのために従属できない)	OC
	マスターのみのバウンダリ・クロック (複数のPTPポートを持つマスターは、常にGMであ り、他のPTPクロックのために従属できない)	BC
T-BC	バウンダリ・クロック (GMになるかもしれない、または、他のPTPクロック のために従属できないかもしれない)	BC
T-TSC	スレーブのみのオーディナリ・クロック (常にスレーブであり、GMになることができない)	OC
T-TC	トランスパレント・クロック	End-to-end TC

T-BC: Telecom Boundary Clock, T-TC: Telecom Transparent Clock, T-GM: Telecom Grandmaster,  
T-TSC: Telecom Time Slave Clock, BC: Boundary Clock, OC: Ordinary Clock

11

## 第6.3節 プロテクションの外観と代替BMCA

### 本勧告で使用される代替BMCAおよびそのパラメータに関して定義

- 本勧告で用いられる代替BMCAは [IEEE 1588]のデフォルトBMCAと以下の点で異なる
  - ✓ 本代替BMCAは各ポートのブーリアン属性であるnotSlaveを考慮している
  - ✓ notSlave属性がTRUEの時であるとき、 $E_{r_{best}}$ が空に設定されなければならない
  - ✓ 本代替BMCAは多数のクロックが同時にアクティブなグラント・マスタとなることを許容する
  - ✓ ポート毎のlocalPriority属性はクロックの各ポートのrに割り当てられ、 $E_{r_{best}}$ と $E_{best}$ を決めるために使われる
  - ✓ localPriority属性はローカルクロックのローカルデータセット(D0)に割り当てる
  - ✓ アルゴリズムを比較するデータセットは本勧告の第6.3.7節の図2および3に従う

12

## 第6.3節 プロテクションの外観と代替BMCA

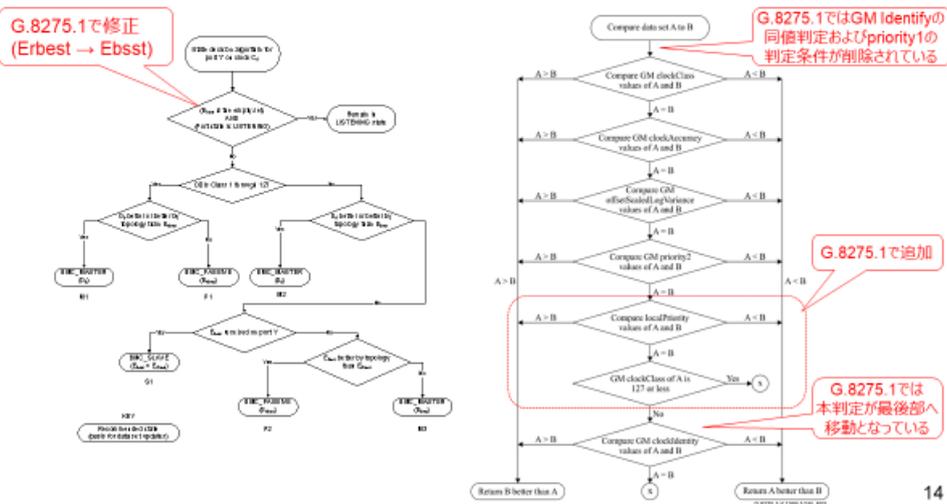
- localPriority属性は柔軟な同期ネットワーク設計をするのに有効
- 本PTPプロファイルでは、プライオリティ1は128の固定で、この値は変更は不可
- 本PTPプロファイルに準拠されているT-GM若しくはT-BCクロックはプライオリティ2の全ての範囲の値をサポートする必要があります
- 他のクロック属性についても、本PTPプロファイルに従う必要があります。
- 本PTPプロファイルで使用されないPTPフィールドに関する扱いについても定義しています。

13

## 第6.3節 プロテクションの外観と代替BMCA

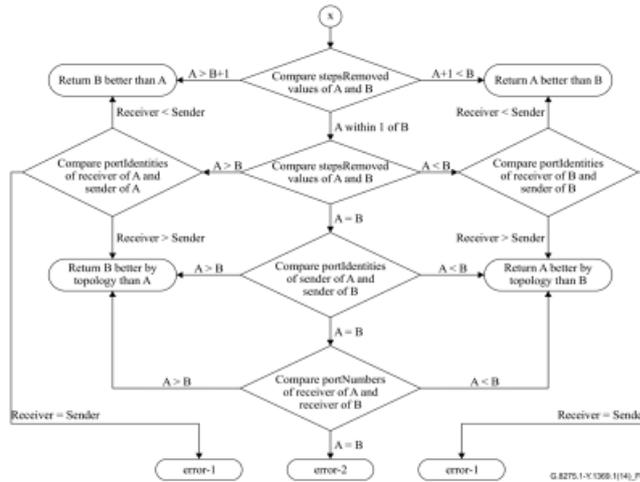
- 本勧告で用いられる状態遷移アルゴリズムおよびデータセット比較アルゴリズム(1/2)

注: 下記、赤字文字はIEEE 1588において規定されたBMCAに対する差分を示す



## 第6.3節 プロテクションの外観と代替BMCA

### □ 本報告で用いられるデータセット比較アルゴリズム 2/2



## 第6.4節 位相/時刻のトレーサビリティ情報

### □ 位相/時間のトレーサビリティ情報を提供するためのclockClass値とfrequencyTraceableフラグについて、T-GM/T-BCの状態およびトレーサビリティに応じた値を提示。

- ✓ 位相/時間のトレーサビリティ情報を提供するために、表のclockClass値が使用される。
- ✓ PTPメッセージのヘッダ内に示されるfrequencyTraceableフラグは、PTPクロックがロックモードにあるPRTC、または、PRCに対しトレーサブルかどうかを示す。

表2 適用可能なclockClass値

位相/時刻トレーサビリティの認識	defaultDS clockClass	frequencyTraceable flag
同期モードのPRTCに接続されたT-GM (例、GNSSにトレーサブルなPRTC)	6	TRUE
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリ1の周波数源に対してトレーサブル(注1)	7	TRUE
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリ1の周波数源に対して非トレーサブル(注1)	7	FALSE
ホールドオーバー状態のT-BC; ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリ1の周波数源に対してトレーサブル(注1)	135	TRUE
ホールドオーバー状態のT-BC; ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリ1の周波数源に対して非トレーサブル(注1)	135	FALSE
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ1の周波数源に対してトレーサブル(注1)	140	TRUE
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ2の周波数源に対してトレーサブル(注1)	150	FALSE
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ3の周波数源に対してトレーサブル(注1)	160	FALSE
ホールドオーバー状態のT-BC; ホールドオーバー仕様の範囲外(注1)	165	注2
起動開始により格別リファレンスを伴わないT-GMまたはT-BC	248	注2
スレーブのみがOXC (アナウンスマッセージを送信しない)	255	注2

注1-T-GMまたはT-BCがPRTCに対するトレーサビリティを失った直後に低下したclockClass値を広告するように、clockClass値7または135の広告することにより、その時間を維持しているホールドオーバー仕様の問題は、ゼロにセットすることができる。このケースでは、最初clockClass値140、150、160または165を広告した後に、クロックはまたホールドオーバー仕様の範囲内であるかもしれない。  
注2-PRCトレーサブルな物理層の周波数入力信号の利用可否に応じて、frequencyTraceableフラグはTRUEまたはFALSEを取りうる。

## 第6.4節 位相／時刻のトレーサビリティ情報

- ClockClassに応じて適用される品質カテゴリと、[ITU-T G.781]で定義されたクロック品質レベルがどのようにマップされているかを説明する。
  - ✓ G.781の品質レベル情報を提供するために、clockClass値を元にしたカテゴリが使用される。

表3 G.781クロック品質レベルのカテゴリ1,2,3周波数源へのマッピング

カテゴリ (表2記載)	G.781 Option I 品質レベル	G.781 Option II 品質レベル
カテゴリ1周波数源	QL-PRC	QL-PRS
カテゴリ2周波数源	QL-SSU-A	QL-ST2
カテゴリ3周波数源	QL-SSU-B	QL-ST3E

## 第6.4節 位相／時刻のトレーサビリティ情報

- 本勧告以前に設計された周波数基準の品質に基づいたclockClass値をサブセットとして提示。
  - ✓ 以前に定義された仕様に基づいた周波数情報を提供する際には、表4のclockClass値が使用される。
  - ✓ 表4の定義と、本勧告で相互運用をする場合には、両方のセットをサポートする必要がある。ただし、完全な相互接続を行うにはその他の考え方が要求されるかもしれない。

表4 適用可能なclockClass値

位相／時刻トレーサビリティの記述	表2に定義された値	本勧告以前の値
同期モードのPRTCに接続されたT-GM (例: GNSSにトレーサブルなPRTC)	6	6
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ1の周波数源に対してトレーサブル(注1)	140	7
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ2の周波数源に対してトレーサブル(注1)	150	注2
ホールドオーバー状態のT-GM; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ3の周波数源に対してトレーサブル(注1)	160	52
ホールドオーバー状態にあるT-BG; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、不特定の周波数源を使用(注1)	165	167
スレーブのみがOC (アナウンスメッセージを送信しない)	255	255

注1—最初に6より大きいclockClass値を通知した後であれば、クロックはまたホールドオーバー仕様を満たしているかもしれない。  
注2—機器に指定された適切な値を参照すること。

(参考) 本規定は中国の強い要求により追加。国内での需要は少ないと考える。

## 第7章 ネットワークからの完全なタイミングサポートを有する 位相／時刻配信のためのITU-T PTPプロファイル

- ネットワークからの完全なタイミングサポートを有する位相／時刻配信を行うための各種パラメータをまとめたPTP Profileについては、付属資料Aにまとめて記載される。

## 第8章 セキュリティ面

- セキュリティに関する規定は今後の検討課題である

クロック分配に関わるプロファイルの一般的説明

- プロファイルの識別子
  - ITU-Tにより本プロファイルの識別子は下記のとおりとなる
  - profileName: ITU-T PTP profile for phase/time distribution with full timing support from the network
  - profileVersion: 1.2
  - profileIdentifier: 00-19-A7-01-02-00
- PTP属性値
  - 本プロファイルに用いられるデフォルト値とPTP属性の範囲を表A.1, A.2, A.3, A.4, A.5に示す
  - 本プロファイルに指定されない属性には[IEEE 1588]で定められる規格を用いる
- PTPオプション
  - 本プロファイルではOC, BCが要求され、TCは禁止される
  - ワンステップ対ツーステップクロックモード: メッセージの送信側はワンステップまたはツーステップクロックモードの何れかをサポート。受信側はワンステップおよびツーステップクロックモードの両方をサポート。
  - 転送方式: [IEEE 1588]付属文章Fに従ったIEEE802.3 Ethernet。非フォワードルチキャスト・アドレス(01-80-C2-00-00-0E)とフォワードルチキャスト・アドレス(01-1B-19-00-00-00)をサポートが要求。
  - ユニキャストメッセージ: 全てのメッセージはマルチキャストで送信。ユニキャストモードは許容されない。
- ベストマスタークロックアルゴリズム(BMCA)オプション: 本勧告の第6.3節に記載した代替BMCAを用いる
- パス遅延測定オプション: 遅延要求/遅延応答方式が用いられる。ピア遅延方式を用いてはならない
- クロック識別子フォーマット: IEEE EUI-64を用いる。非IEEEのフォーマットは許容されない

表A.1 – defaultDSデータセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グラント・マスタ要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
3.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (static)	As per PTP	{FALSE, TRUE}	As per PTP	{FALSE, TRUE}	As per PTP	{FALSE, TRUE}
3.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP
3.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (static)	1 for OC As per PTP for BC	{1} for OC As per PTP for BC	1	{1}	As per PTP	As per PTP
3.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (dynamic)	248	{6, 7, 140, 150, 160, 248}	255	{255}	248	{135, 165, 248}
3.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.ClockAccuracy (dynamic)	0xFE	{0x20, 0x21, 0xFE} (注)	0xFE	{0xFE}	0xFE	{0xFE}
3.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.offsetScale dLogVariance (dynamic)	0xFFFF	{0x4B32, 0x4E5D, 0xFFFF} (注)	0xFFFF	{0xFFFF}	0xFFFF	{0xFFFF}
3.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (configurable)	128	{128}	128	{128}	128	{128}
3.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (configurable)	128	{0-255}	255	{255}	128	{0-255}
3.2.1.4.3	defaultDS.domainNumber (configurable)	24	{24-43}	24	{24-43}	24	{24-43}
3.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (configurable)	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}
New member	defaultDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}

注: 利用可能な値は第6.3.5節に示される。

表A.2 – currentDSデータセットメンバの仕様

IEEE 1588の項	データセットメンバ	テレコム・グランド・マスター要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
3.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.2.3	currentDS.offsetFromMaster (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP

表A.3 – parentDSデータセットメンバの仕様

IEEE 1588の項	データセットメンバ	テレコム・グランド・マスター要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
3.2.3.2	parentDS.parentPortIdentity (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.3.3	parentDS.parentStats (dynamic)	注1	注1	注1	注1	注1	注1
3.2.3.4	parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance (dynamic)	注1	注1	注1	注1	注1	注1
3.2.3.5	parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate (dynamic)	注1	注1	注1	注1	注1	注1
3.2.3.6	parentDS.grandmasterIdentity (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.3.7	parentDS.grandmasterClockQuality (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP

注1-PTPにより、本プロファイルには適用不可

表A.4 – timePropertiesDSデータセットメンバの仕様

IEEE 1588の項	データセットメンバ	テレコム・グランド・マスター要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
3.2.4.2	timePropertiesDS.currentUtcOffset (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.4.3	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
3.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
3.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
3.2.4.6	timePropertiesDS.timeTraceable (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
3.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE} 注1	FALSE	{FALSE, TRUE} 注1	FALSE	{FALSE, TRUE} 注1
3.2.4.8	timePropertiesDS.ptpTimescale (dynamic)	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}
3.2.4.9	timePropertiesDS.timeSource (dynamic)	0xA0	As per PTP	0xA0	As per PTP	0xA0	As per PTP

注1-クロックがロックされたモードでありPRTCに追従可能な場合はPRC (例えばPRCが追従可能な物理層の周波数入力を使う) に追従可能な場合は、このパラメータはTRUEに設定されなければならない。さもなければ、それはFALSEでなければならない

表A.5 – portDSデータセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グラント・マスター要求	テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求	テレコム・バウンタリ・クロック要求	
3.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (static)	デフォルト初期値 As per PTP, based on EUI-64 format	範囲 As per PTP	デフォルト初期値 As per PTP, based on EUI-64 format	範囲 As per PTP
3.2.5.2.1	portDS.portIdentity.portNumber (static)	1 for OC As per PTP for BC	{1} for OC As per PTP for BC	1	{1}
3.2.5.3.1	portDS.portState (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
3.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (dynamic)	-4	{-4}	-4	{-4}
3.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (dynamic)	注1	注1	注1	注1
3.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (configurable)	-3	{-3}	-3 注2	{-3} 注2
3.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (configurable)	3	{3-z} z is FFS	3	{3-z} z is FFS
3.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (configurable)	-4	{-4}	-4 注2	{-4} 注2
3.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}	01	{01}
3.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (configurable)	注1	注1	注1	注1
3.2.5.4.6	portDS.versionNumber (configurable)	2	{2}	2	{2}
New member	portDS.Slave (configurable)	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}
New member	portDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}

注1 - PTPにより、本プロファイルには適用不可  
注2 - メッセージのタイプは、slave-only OCに対して送信されない

表A.6 – transparentClockDefaultDSのデータセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・トランスパレント・スレーブ・クロック要求
		デフォルト初期値 範囲
8.3.2.2.1	transparentClockDefaultDS.clockIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format As per PTP
8.3.2.2.2	transparentClockDefaultDS.numberPorts (static)	As per PTP for TC As per PTP for TC
8.3.2.3.1	transparentClockDefaultDS.delayMechanism (configurable)	01 {01}
8.3.2.3.2	transparentClockDefaultDS.primaryDomain (configurable)	24 {24-43}

表A.7 – transparentClockPortDSのデータセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・トランスパレント・スレーブ・クロック要求
		デフォルト初期値 範囲
8.3.3.2.1	transparentClockPortDS.portIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format As per PTP
8.3.3.3.1	transparentClockPortDS.logMinPdelayReqInterval (dynamic)	{注1}
8.3.3.3.2	transparentClockPortDS.faultyFlag (dynamic)	FALSE {FALSE, TRUE}
8.3.3.3.3	transparentClockPortDS.peerMeanPathDelay (dynamic)	{注1}

注1 - PTPにより、本プロファイルには適用不可

- 設定管理オプション: 今後の検討課題
- セキュリティに関して: 今後の検討課題
- IEEE 1588TM-2008の他のオプション機能: 下記を含む他のIEEE 1588のオプションは用いない
  - ユニキャストメッセージ交渉 (IEEE 1588] の16.1)
  - 経路追跡(16.2)
  - 代替タイムスケール(16.3)
  - グランド・マスタ・クラスタ(17.3)
  - 代替マスタ(17.4)
  - ユニキャスト探索(17.5)
  - アクセプタブルマスタテーブル(17.6)
  - 実験的累積周波数スケールファクターオフセット (付属文書L)
- PTP共通ヘッダフラグ: 表A.8に示される

表A.8 – PTPフラグ

フラグ	送られる値	受信ノードに対する振る舞い
alternateMasterFlag	FALSE	Flag is ignored
twoStepFlag	As per PTP	Used
unicastFlag	FALSE	Flag is ignored
PTP profile Specific1	FALSE	Flag is ignored
PTP profile Specific2	FALSE	Flag is ignored
Reserved	FALSE	Reserved by PTP and flag is ignored
leap61	As per PTP	Used
leap59	As per PTP	Used
currentUtcOffsetValid	As per PTP	Used
ptpTimescale	TRUE	Used
timeTraceable	See Table2	Used
frequencyTraceable	See Table2	Used
Octet 1, Bit 6	(注1)	(注1)

注1-付加的なフラグ "synchronizationUncertain"は付属文書Eで定義されている;フラグ"synchronizationUncertain"の仕様利用は任意である。

- 位相/時刻同期ネットワークのトポロジをセットアップするために定義されている代替BMCA (Alternative Best Master Clock Algorithm)<sup>(\*)</sup>には、二つのアプローチがある
  - ✓ 自動トポロジ確立：
 

PTPトポロジは、PTPクロックによって交換されたアナウンスメッセージに基づいて、自動的に確立。その後、T-GMへの最短経路を有する同期ツリーを構築。  
障害イベント時とトポロジ再構成中は、BMCAが再度実行され、その結果新しい同期ツリーが構築される。  
ネットワークに対する設定および事前調査なしで、タイミングループを回避。
  - ✓ 手動ネットワーク計画：
 

手動で同期ネットワークトポロジの構築が可能。  
障害イベント時とトポロジ再構成時に、設定されたローカルプライオリティに基づき、動作を完全に制御することが可能。  
タイミングループ回避のために、ネットワーク設計が必要。

<sup>(\*)</sup>代替BMCAはテレコムプロファイル向けに本勧告で規定されるアルゴリズム IEEE 1588-2008に規定のBMCAとは異なる点に注意

- 外部ポートがソース選択可能とするための、T-BCの外部位相／時刻入力インタフェースを包含したモデルについて説明。
- この外部インタフェースがPTPプロトコルに関与可能とするために、仮想PTPポートと仮想ErbestはT-BCの外部からの位相／時刻入力（例、PRTCから受信）に関連付けられる。
- 以下の属性が、仮想PTPポートに関連付けられる。
  - ✓ clockClass
  - ✓ clockAccuracy
  - ✓ offsetScaledLogVariance
  - ✓ localPriority
- PRTCが外部からの位相／時刻インタフェースに接続されている場合には、stepsRemoved属性は0に設定。
- 仮想PTPポートに割り当てられるgrandmasterIdentityは、T-BCのclockIdentity自身。仮想PTPポートに割り当てられるportNumberは、すでにT-BC PTPポートに割り当てられたportNumber値と異なる値に設定。
- 外部位相/時刻入出力インタフェースの物理特性に関してはITU-T G.703、TTC JT-G703を参照

- IEEE 1588 第16.2節にはネットワークにおいてPTP同期リファレンスの実際の経路をトレースする機能をオプションとしてサポートしている。  
本プロファイルにおいても、本機能はオプションとしてサポートする。
- 以下の記載をサポートする必要がある
  - ネットワークで障害が発生した場合のトラブルシューティングを行うために利用できる
  - 経路トレースのTLVがそのクロックからさらに転送されないようにPTPクロックを設定できるべきである  
(例えば、ネットワーク管理インタフェースでこれが必要であるかもしれない)

注1 - ネットワーク中の全PTPクロックが経路トレースTLVをサポートしない場合、予期される動作は、受信するアナウンスメッセージに経路トレースTLVが転送されているとき、TLVがこれらのノードにより破棄されることである。

注2 - 経路内のT-TCは、経路トレースTLVに独自のclockIdentityを加えることができる。

- PTPクロックが同期時刻源として新しい親を選択するとき、その新しい親が UNCALIBRATED状態にいることに関連付けられる。
- 更新された親の情報はトポロジの確立を可能とするため下流に伝達されることが望まれる一方で、下流のPTPクロックにおいて、そのタイミング情報を使うことは望ましくないかもしれない。したがって、UNCALIBRATED状態について下流のPTPクロックと通信することは有益であるだろう。
- 出力ポートから伝達されるAnnounceメッセージを用いたローカル synchronizationUncertainブーリアンはTRUEに該当する次の条件を除いて FALSEである。
  - ✓ 親クロックから受信されたAnnounceメッセージのsynchronizationUncertainフラグがTRUEである。または
  - ✓ 入力ポートがUNCALIBRATED状態にある。または、
  - ✓ 実装次第の基準のもの。
- synchronizationUncertain条件が透過したAnnounceメッセージにおいて TRUEであるとき、フラグフィールドはオクテット1、ビット6が1にセットされる。さもなければ、synchronizationUncertain条件はFALSEであり、そのビットは0にセットされる。

- stepsRemovedメッセージ: IEEE1588で定義。クロックとGM間の距離を示す。本来は、PTPシステム中で起こり得る循環経路を検出するツールとして利用。  
初期設定では下記の動作:  
AnnounceメッセージのstepsRemoved値  $\geq$  255  $\Rightarrow$  不良フレームとして処理  
AnnounceメッセージのstepsRemoved値  $<$  255  $\Rightarrow$  正常フレームとして処理
- maxStepsRemoved: 本プロファイルで定義。本値が設定された場合、PTPドメイン内の全クロックが同一の値となり、下記の動作となる  
AnnounceメッセージのstepsRemoved値  $\geq$  maxStepsRemoved  $\Rightarrow$  不良フレームとして処理  
AnnounceメッセージのstepsRemoved値  $<$  maxStepsRemoved  $\Rightarrow$  正常フレームとして処理
- maxStepRemovedの利用に関するユースケース  
[ユースケース #1]  
ITU-T G.8271.1およびG.8275勧告では「ネットワーク性能が維持されるのは、グランドマスタとスレーブ間の転送が上限20クロックまでである」という解析結果が示されている  
上記を保証するため、運用者がmaxStepRemovedを例えば20 or 21に設定して運用  
[ユースケース #2]  
運用者がリングトポロジにおいてPTPを導入する場合、PTPドメイン中のクロックがより早く不良フレームを特定/廃棄し、また、トポロジをアップデートできる様にしたい  
そのため、運用者はmaxStepsRemoved値をより小さな値に設定して運用

- ITU-T G.8275.1/Y.1369.1勧告に示すアーキテクチャに準拠した方法でIEEE 1588標準のPTP version 2を利用するテレコムアプリケーションに関するプロファイルを規定
  - ✓ PTPプロトコル構成パラメータ
  - ✓ PTPメッセージの交換に関するハイレベルな設計要求
  - ✓ オペレーションモード
  - ✓ PTPプロトコルマッピング
  - ✓ ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズムのオプション
  
- 本報告で調査を行った技術はパケットネットワークにおいて、IEEE 1588を用いた時刻および位相の分配をテレコム領域が要求する精度を満足するために必要となる要件および仕様を規定しており、装置の実装のために重要な技術である。しかし、技術的に発展途上であり、今後の5Gの導入、アプリケーションの進展などにより仕様変更の可能性があるため、今回は技術レポート化することにした。

### Ⅲ. 調査対象勧告和訳

#### ITU-T G.8275.1/Y.1369.1勧告

## ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する 高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイル

#### 概要

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 勧告はネットワークからのフルタイミングサポートでの位相と時刻の分配に関する ITU-T PTP プロファイルを包含している。ITU-T G.8275/Y.1369 勧告において説明されているアーキテクチャに準拠した作法で IEEE 1588 を利用するために必要となる詳細を提供する。

#### 改版履歴

Edition	Recommendation	Approval	Study Group	Unique ID*
1.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2014-07-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12197">11.1002/1000/12197</a>
1.1	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (2014) Cor. 1	2015-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12397">11.1002/1000/12397</a>
2.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2016-06-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12815">11.1002/1000/12815</a>

#### キーワード

フルタイミングサポート、IEEE 1588, 位相と時刻の同期, PTP, テレコムプロファイル

---

\* To access the Recommendation, type the URL <http://handle.itu.int/> in the address field of your web browser, followed by the Recommendation's unique ID. For example, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## 目次

1	範囲	- 26 -
2	参照	- 26 -
3	定義	- 27 -
3.1	他の勧告で定義されている用語	- 27 -
3.2	本勧告で定義されている用語	- 27 -
4	略語および頭字語	- 27 -
5	慣例	- 28 -
6	位相/時刻分配に対する PTP の利用	- 29 -
6.1	ハイレベルな設計要求	- 29 -
6.2	PTP モードとオプション	- 30 -
6.2.1	PTP ドメイン	- 30 -
6.2.2	本プロファイルで用いられる PTP メッセージ	- 30 -
6.2.3	本プロファイルでサポートされる PTP クロックのタイプ	- 30 -
6.2.4	片方向対双方向運用	- 31 -
6.2.5	1 ステップ対 2 ステップクロックモード	- 31 -
6.2.6	PTP メッセージに対するイーサネットマルチキャストアドレス	- 31 -
6.2.7	PTP マッピング	- 32 -
6.2.8	メッセージレート	- 32 -
6.3	プロテクションの外観と代替 BMCA	- 33 -
6.3.1	代替 BMCA	- 33 -
6.3.2	localPriority 属性の使用に関する考察	- 34 -
6.3.3	クロック属性優先 1	- 34 -
6.3.4	クロック属性優先 2	- 34 -
6.3.5	他のクロック属性	- 34 -
6.3.6	状態決定アルゴリズム	- 35 -
6.3.7	データセット比較のアルゴリズム	- 35 -
6.3.8	使用されない PTP フィールド	- 38 -
6.4	位相/時刻のトレーサビリティ情報	- 39 -
7	ネットワークからの完全なタイミングサポートを有する位相/時刻配信のための ITU-T PTP プロファイル	- 42 -
8	セキュリティ面	- 42 -
	付属資料 A	- 43 -
A.1	プロファイルの識別	- 43 -
A.2	PTP 属性値	- 43 -
A.3	PTP オプション	- 48 -
A.3.1	要求、許容、或いは禁止されるノードタイプ	- 48 -
A.3.2	ワンステップに対するツーステップクロックモード	- 48 -
A.3.3	要求、許容、或いは禁止される転送メカニズム	- 48 -
A.3.4	ユニキャストメッセージ	- 49 -

A.4	ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズムオプション .....	- 49 -
A.5	パス遅延測定オプション (遅延要求/遅延応答).....	- 49 -
A.6	クロック識別子フォーマット .....	- 49 -
A.7	設定管理オプション.....	- 49 -
A.8	セキュリティに関して.....	- 49 -
A.9	IEEE 1588™の他のオプション機能.....	- 49 -
A.10	PTP 共通ヘッダフラグ .....	- 49 -
付属資料 B .....		- 51 -
付属資料 C .....		- 52 -
付属資料 D.....		- 53 -
付属資料 E .....		- 54 -
付属資料 F.....		- 55 -
APPENDIX I CONSIDERATIONS ON THE USE OF TRANSPARENT CLOCK.....		- 56 -
APPENDIX II CONSIDERATIONS ON THE TRANSMISSION OF DELAY_REQ MESSAGES.....		- 57 -
APPENDIX III CONSIDERATIONS ON THE CHOICE OF THE PTP ETHERNET MULTICAST DESTINATION ADDRESS.....		- 58 -
APPENDIX IV CONSIDERATIONS ON THE USE OF PRIORITY2 .....		- 59 -
APPENDIX V DESCRIPTION OF PTP CLOCK STATES AND ASSOCIATED CONTENTS OF ANNOUNCE MESSAGES...-		- 60 -
V.1	PURPOSE OF THE APPENDIX .....	- 60 -
V.2	DESCRIPTION OF THE STATES .....	- 60 -
V.3	EXAMPLE OF MAPPING BETWEEN PTP PORT STATES AND PTP CLOCK STATES FOR A 3-PORT T-BC .....	- 61 -
V.4	T-GM ANNOUNCE MESSAGE CONTENTS BASED ON THE INTERNAL PTP CLOCK STATES .....	- 62 -
V.5	T-BC ANNOUNCE MESSAGE CONTENTS BASED ON THE INTERNAL PTP CLOCK STATES .....	- 63 -
APPENDIX VI OPERATIONS OVER LINK AGGREGATION.....		- 64 -
APPENDIX VII RELATIONSHIP BETWEEN CLOCKCLASS AND HOLDOVER SPECIFICATION.....		- 65 -
APPENDIX VIII CONSIDERATIONS ON A T-TSC CONNECTED TO AN END APPLICATION .....		- 67 -
APPENDIX IX CALCULATION OF OFFSETSCALEDLOGVARIANCE FOR T-GM TIMED BY PRTC OR EPRTC .....		- 68 -
IX.1	OBSERVATION INTERVAL AND TDEV NOISE GENERATION .....	- 68 -
IX.2	COMPUTATION OF PTP VARIANCE FROM TDEV.....	- 68 -
IX.3	COMPUTATION OF OFFSETSCALEDLOGVARIANCE FROM PTP VARIANCE .....	- 69 -
IX.3.1	Computation of offsetScaledLogVariance for a T-GM timed by a PRTC .....	- 70 -
IX.3.2	Computation of offsetScaledLogVariance for a T-GM timed by an ePRTC.....	- 70 -
BIBLIOGRAPHY .....		- 71 -

## ネットワークからフルタイミングサポートでの位相/時刻同期に関する 高精度タイム・プロトコルのテレコムプロファイル

### 1 範囲

本勧告は IEEE 1588 高精度タイム・プロトコル (PTP) をベースとしたテレコムアプリケーションに関するプロファイルを規定する。本プロファイルは正確な位相/時刻同期配信に関するネットワーク機器の相互接続性を保証するために必要となる IEEE 1588 機能を規定する。本プロファイルは [ITU-T G.8275 勧告] で説明されるネットワークアーキテクチャおよび [ITU-T G.8260 勧告] で説明される定義の中よりフルタイミングサポートに基づいている。

本版のプロファイルは、PTP プロトコル構成パラメータと共に、PTP メッセージの交換に関するハイレベルな設計要求、オペレーションモード、PTP プロトコルマッピング、ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズム (BMCA) のオプションについて規定する。

注 - 本プロファイルの初版で定義されるパラメータは物理レイヤでの周波数サポートが提供される場所での場合に基づいて選択されている。

本勧告は PTP プロファイルのスコープ外であるテレコム環境における利用で必要となる幾つかの観点での規定も行い、また、PTP プロファイルを補足するものである。

### 2 参照

以下の ITU-T 勧告と参考文献は本文中での参照を通して、本勧告の規定を構成する規定を含む。出版時においては、以下に示された版が有効である。全勧告と他の参考文献は改訂される。従って、本勧告の読者は以下の勧告と参考文献の最新版の適用の可能性を調査することを推奨する。現在有効な ITU-T 勧告の一覧は正規に発行されている。

本勧告内の文章での参照は独立した文章としてその勧告に地位を与えるものではない。

- |                  |   |
|------------------|---|
| [ITU-T G.781]    | Recommendation ITU-T G.781 (2008), Synchronization layer functions.   |
| [ITU-T G.810]    | Recommendation ITU-T G.810 (1996), Definitions and terminology for synchronization networks.                                    |
| [ITU-T G.8260]   | Recommendation ITU-T G.8260 (2015), Definitions and terminology for synchronization in packet networks.                         |
| [ITU-T G.8265.1] | Recommendation ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014), Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization.           |
| [ITU-T G.8271.1] | Recommendation ITU-T G.8271.1/Y.1366.1 (2013), Network limits for time synchronization in packet networks.                      |
| [ITU-T G.8272]   | Recommendation ITU-T G.8272/Y.1367 (2012), Timing characteristics of primary reference time clocks.                             |
| [ITU-T G.8273]   | Recommendation ITU-T G.8273/Y.1368 (2013), Framework of phase and time clocks.  |
| [ITU-T G.8273.2] | Recommendation ITU-T G.8273.2/Y.1368.2 (2014), Timing characteristics of telecom boundary clocks and telecom time slave clocks. |
| [ITU-T G.8275]   | Recommendation ITU-T G.8275/Y.1369 (2013), Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution.          |
| [IEEE 1588]      | IEEE 1588-2008, IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.     |

### 3 定義

#### 3.1 他の勧告で定義されている用語

本勧告は、他の勧告で定義された以下の用語を用いる。

本勧告で用いられる用語と定義は [ITU-T G.810] および [ITU-T G.8260] に含まれる。

#### 3.2 本勧告で定義されている用語

なし。

### 4 略語および頭字語

本勧告は下記の略語および頭字語を用いる。

AVAR	Allan Variance アラン分散
BC	Boundary Clock バウンダリ・クロック
BMCA	Best Master Clock Algorithm ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズム
EEC	synchronous Ethernet Equipment Clock 同期イーサネット機器クロック
ePRTC	Enhanced Primary Reference Time Clock 拡張プライマリ・リファレンス・タイム・クロック
EUI	Extended Unique Identifier 拡張識別子
FPM	Flicker Phase Modulation フリッカー位相変調
GM	Grandmaster グランド・マスタ
GNSS	Global Navigation Satellite System 全地球的航法衛星システム
LAG	Link Aggregation リンクアグリゲーション
MVAR	Modified Allan Variance モディファイド・アラン分散
OC	Ordinary Clock オーディナリ・クロック
PRC	Primary Reference Clock プライマリ・リファレンス・クロック
PRS	Primary Reference Source プライマリ・リファレンス・ソース
PRTC	Primary Reference Time Clock プライマリ・リファレンス・タイム・クロック
PSD	Power Spectral Density 電力スペクトル密度
PTP	Precision Time Protocol

	高精度タイム・プロトコル
QL	Quality Level 品質レベル
SDH	Synchronous Digital Hierarchy 同期デジタル・ハイアラーキ
SSM	Synchronization Status Message 同期状態メッセージ
SSU	Synchronization Supply Unit 同期供給ユニット
SSU-A	primary level SSU プライマリ・レベル SSU
SSU-B	secondary level SSU セカンダリ・レベル SSU
ST2	Stratum 2 ストラタム 2
ST3E	Stratum 3 Enhanced 拡張ストラタム 3
T-BC	Telecom Boundary Clock テレコム・バウンダリ・クロック
TC	Transparent Clock トランスペアレント・クロック
T-GM	Telecom Grandmaster テレコム・グランドマスタ
T-TC	Telecom Transparent Clock テレコム・トランスペアレント・クロック
T-TSC	Telecom Time Slave Clock テレコム・タイム・スレーブ・クロック
TLV	Type Length Value タイプ・長さ・値
TVAR	Time Variance 時刻変動
VLAN	Virtual Local Area Network 仮想ローカルエリアネットワーク
WPM	White Phase Modulation 白色位相変調

## 5 慣例

本勧告中で、次の慣例が用いられる。用語 PTP は [IEEE 1588] で規定される PTP version 2 プロトコルの事を指す。本勧告中で用いられる PTP メッセージは [IEEE 1588] で定義され、かつ、斜体のテキストを用いて見分けられる。

用語テレコム・バウンダリ・クロック (T-BC) は [IEEE 1588] および本勧告において定義され、[ITU-T G.8273.2] で定義される追加の性能特性を持つバウンダリ・クロックから構成されるデバイスの事を指す。

用語テレコム・トランスペアレント・クロック (T-TC) は [IEEE 1588] で定義されるトランスペアレント・クロックから構成されるデバイスの事を指す。ただし、その追加の性能特性は今後の検討課題である。

用語テレコム・グランドマスタ (T-GM) は [IEEE 1588] および本勧告において定義されるグランドマスター・クロック

から構成されるデバイスの事を指す。ただし、その追加の性能特性は今後の検討課題である。

用語テレコム・タイム・スレーブ・クロック (T-TSC) は [IEEE 1588] および本勧告において定義され、 [ITU-T G.8273.2] の付属資料 C で定義される追加の性能特性を持つ PTP スレーブのみのオーディナリ・クロックから構成されるデバイスの事を指す。

用語プライマリ・リファレンス・タイム・クロック (PRTC) は [ITU-T G.8272] において定義されるクロックの事を指す。用語、拡張プライマリ・リファレンス・タイム・クロック (ePRTC) は現在検討中の PRTC の拡張版の事を指す。

## 6 位相/時刻分配に対する PTP の利用

IEEE 1588の2002年版は、当初、工業オートメーションのタイミング要求をサポートするためにIEEEにより開発され、また、この背景において、正確な時刻転送を実現するために設計された高精度タイム・プロトコルを定義した。

IEEE 1588の2008年版 ([IEEE 1588] として定義される) は広域ネットワークに渡りプロトコルを転送するために有用な特徴を包含している。また、プロトコルの見地から、元来意図していた工業オートメーション以外の特定用途に対する選択と規定をする”プロファイル”というコンセプトを導入している。

PTPプロファイルは周波数同期のみを要求するアプリケーションを扱うために [ITU-T G.8265.1] で定義されている。本勧告は、精度高い位相と時刻同期を要求するテレコムアプリケーションに対する別のPTPプロファイルを定義する。それは、フルタイミングサポートでの位相/時刻分配を可能にするために [ITU-T G.8275] において説明されている特定のアーキテクチャをサポートし、また、 [IEEE 1588] において定義されている2008年版のPTPに基づいている。

テレコムプロファイルの準拠を獲得するために、付属資料Aで参照される、本勧告の要求および [IEEE 1588] の関連する要求は満足されなければならない。

テレコムプロファイルに関する詳細な見地は以下の章で説明されるが、プロファイルそのものは付属資料Aに含まれている。それは、 [IEEE 1588] で開発されたプロファイル仕様に関する一般的なルールに従っている。

本PTPテレコムプロファイルは、構成可能な属性のデフォルト値やサポートされるべき機能といったオプションの特性に関して実装と規定の間でのプロトコル相互接続性を保証するために、 [IEEE 1588] の中より用いるパラメータを定義する。しかしながら、それは与えられたアプリケーションの性能要件を満足するかどうかは保証しない。これらの性能の観点は他のITU-T勧告において定義され、そして、PTPプロファイル自身の内容を越えた追加の構成部分の必要性を暗示する。

### 6.1 ハイレベルな設計要求

[IEEE 1588] の第 19.3.1.1 節において以下の様に述べている：

“PTP プロファイルの目的は組織に対して属性値の特定の選択と PTP のオプションの特性を規定することを可能にすることであり、同一のトランスポートプロトコルが用いられる時、特定のアプリケーションの要件を満足する相互運用と性能を実現する。”

テレコムネットワークにおける運用に対して、いくつかの追加の基準もまた標準化されたテレコム同期実行に準拠するために要求される。これを考慮に入れて、時刻と位相の分配に関する PTP プロファイルは下記のハイレベルな要件を満足する必要がある。

1. [ITU-T G.8275] において定義され、そして、 [ITU-T G.8273] において説明されるアーキテクチャに属する様々な位相/時刻クロック間での相互運用を可能にするメカニズムが規定されるべきこと
2. メカニズムは管理された広域テレコムネットワークに渡り矛盾の無い運用を可能にしなければならない
3. パケットベースのメカニズムにより、固定配置で設計され構成された同期ネットワークが維持されなければならない
4. パケットベースのシステムに用いられるプロテクション機構は標準化されたテレコム運用実行に基づき、かつ、テレコム・タイム・スレーブ・クロック (T-TSC) に複数の地理的に分離されたテレコム・グランドマスタ (T-GM) からの位相と時刻を取得する能力を与えなければならない
5. 自動的な位相/時刻同期ネットワークトポロジの確立と同様に、受信した位相/時刻の追跡可能性と局所的な優先順

序に基づく位相/時刻リファレンス・ソースの選択を可能にすべきである

## 6.2 PTP モードとオプション

### 6.2.1 PTP ドメイン

ある一つのドメインは PTP プロトコルを用いてお互いにクロックを伝達できる論理グループから構成される。

PTP ドメインは 1 管理エンティティ内のネットワークを分割するために用いられる。PTP メッセージとデータの組はドメインと関係付けられ、それ故、PTP プロトコルは異なるドメインに対して独立している。

本 PTP テレコムプロファイルにおいて、デフォルトの PTP ドメイン数は 24 であり、そして、適用可能な PTP ドメイン数の範囲は {24-43} である。

注 - この範囲は [IEEE 1588] において定義されたユーザ定義の PTP ドメイン数範囲から選択されている。プロファイル間の相互影響を防止するために、異なる PTP テレコムプロファイルに対して重複しない範囲が考慮されているが、非テレコムの PTP プロファイルが定義された時、別の産業分野において同一のユーザ定義 PTP ドメイン数範囲を用いることを排除するものではない。もし故意でない PTP プロファイル間の相互影響のリスクが存在かどうかを判別し、かつ、その様な振る舞いを防止するための必要なアクションを取ることは、関連するネットワーク運用者の責務である。

### 6.2.2 本プロファイルで用いられる PTP メッセージ

本 PTP プロファイルは次のメッセージを用いる: Sync, Follow\_Up, Announce, Delay\_Req, および Delay\_Resp.

Signaling および Management メッセージの利用は今後の検討課題である。

Pdelay\_Req, Pdelay\_Resp および Pdelay\_Resp\_Follow\_Up メッセージは用いない。

### 6.2.3 本プロファイルでサポートされる PTP クロックのタイプ

[IEEE 1588] に準じたオーディナリ・クロック (OC)、バウンダリ・クロック (BC)、およびトランスペアレント・クロック (TC) は本プロファイルにおいて用いられる。

下記の 2 タイプの OC が存在する:

- 1) グランド・マスタ ([ITU-T G.8275] において定義されるアーキテクチャに準じた T-GM であり、また、[ITU-T G.8272] に含まれている) としてのみ機能する OC
- 2) 例えばスレーブ・オンリー OC ([ITU-T G.8275] において定義されるアーキテクチャに準じ、[ITU-T G.8273.2] 付属資料 C に準拠している) などのスレーブとしてのみ機能する OC

下記の 2 タイプの BC が存在する:

- 1) グランド・マスタ ([ITU-T G.8275] において定義されるアーキテクチャに準じた T-GM であり、また、[ITU-T G.8272] に含まれている) としてのみ機能する BC
- 2) グランド・マスタになり得る、また、他の PTP クロックに従属することも可能な BC ([ITU-T G.8275] で定義されるアーキテクチャに準じ、また、[ITU-T G.8273.2] に準拠している T-BC)

注 - T-GM と グランド・マスタ は異なる意味を持つ。 グランド・マスタ (GM) は [IEEE 1588] において定義された状態を示すものであり、それは、もし、ある一つの PTP クロックが BMCA で勝利した場合、PTP クロックが獲得する状態のことである。一方、T-GM は [ITU-T G.8275] 中のアーキテクチャにおいて定義されるクロックのタイプである。

これら PTP クロックタイプと [ITU-T G.8275] において定義される位相/時刻クロックの間のマッピングは表 1 で説明される。

本プロファイルで用いられるトランスペアレント・クロック ([ITU-T G.8275]において定義されるアーキテクチャおよび [ITU-T G.8273]の位相と時刻クロックのフレームワークに従った T-TC) は [IEEE 1588]において定義される end-to-end のトランスペアレント・クロックである。本プロファイルにおいて、peer-to-peer のトランスペアレント・クロックの利用は許容されない。

表1 – G.8275とPTPクロックタイプ間のマッピング

[ITU-T G.8275]からのクロックタイプ	説明	[IEEE 1588]からのクロックタイプ
T-GM	マスタのみのオーディナリ・クロック (単一PTPポート持つマスタは、常にGMであり、他のPTPクロックのために従属できない)	OC
	マスタのみのバウンダリ・クロック (複数のPTPポートを持つマスタは、常にGMであり、他のPTPクロックのために従属できない)	BC
T-BC	バウンダリ・クロック (GMになるかもしれない、または、他のPTPクロックのために従属できないかもしれない)	BC
T-TSC	スレーブのみのオーディナリ・クロック (常にスレーブであり、GMになることができない)	OC
T-TC	トランスペアレント・クロック	End-to-end TC

#### 6.2.4 片方向対双方向運用

PTP の運用は位相/時刻同期を転送できるようにするため、本プロファイルでは双方でなければならない。これは、伝送遅延が測定されなければいけないからである。従って、双方向モードのみが本プロファイルでは許可される。

#### 6.2.5 1ステップ対2ステップクロックモード

1ステップまた2ステップクロックの両方が本プロファイルではサポートされる。プロファイルに準拠するクロックは1ステップあるいは2ステップのクロックどちらか一方を用いるかもしれない。

[IEEE 1588] に準拠するため、スレーブポートはあらゆる特定の構成の追加無しで、1ステップクロックおよび2ステップクロックの両方からのメッセージを受信して処理する能力が必要である。

#### 6.2.6 PTPメッセージに対するイーサネットマルチキャストアドレス

本 PTP テレコムプロファイルは全ての PTP メッセージの転送に対して Ethernet マルチキャストアドレスを用いる。

本勧告において規定される PTP プロファイルに対して、 [IEEE 1588] 付属資料 F に定義される PTP マッピングを用いる時、非フォワードマルチキャストアドレス 01-80-C2-00-00-0E およびフォワードマルチキャストアドレス 01-1B-19-00-00-00 の両方がサポートされる。

本プロファイルに準拠した T-GM、T-BC、T-TSC あるいは T-TC クロックは全ての PTP 対応ポートにおいて非フォワードマルチキャストアドレス 01-80-C2-00-00-0E およびフォワードマルチキャストアドレス 01-1B-19-00-00-00 の両方を取り扱うことができる能力を持たなければならない。

T-GM、T-BC および T-TSC クロックに対して、マルチキャストアドレスの選択はポート単位で構成されることによって行われる。あるポートの全 PTP メッセージはリモート PTP ポートへ転送する PTP メッセージに対して構成された非フォワードマルチキャストアドレス、或いは、フォワードマルチキャストアドレスの何れかを用いなければならない。リモート PTP ポートが他のアドレスで構成された場合、ローカル PTP ポートは受信したメッセージを非フォワードマルチキャストアドレス、或いは、フォワードマルチキャストアドレスに関わらず受け入れて処理しなければならない。

デフォルトアドレスは通信事業者のポリシーに依存する。付録 III の情報を参照のこと。

転送において、T-TC に対するデフォルト・モードはあらゆる設定を必要としない。T-TC によって再転送される PTP メッセージは受信 PTP メッセージと同じマルチキャスト宛先アドレスを用いなければならない。転送において本デフォルト・モードへの対応は必須である。

注 - 本プロファイルは [IEEE 1588] Annex F, Transport of PTP over IEEE802.3/Ethernet をトランスポートレイヤに対して用いる。特に、関連する Ethernet ブリッジモデルに従って、本プロファイルで定義されるあらゆる PTP クロックによって送信される PTP パケットを含んでいる Ethernet フレームのヘッダのソースアドレスには転送する Ethernet ポートの MAC アドレスが配置される。

本プロファイルは Ethernet マルチキャストでカプセル化された PTP メッセージを処理する。他でカプセル化された PTP メッセージは各トランスポートプロトコルのフォワーディングルールに基づいて転送されるべきである。

## 6.2.7 PTP マッピング

本 PTP テレコムプロファイルは [IEEE 1588] 付属資料 F の Transport of PTP over IEEE 802.3Ethernet で定義される PTP マッピングに基づいている。

従って、本勧告で説明されるプロファイルに準拠した PTP クロックは [IEEE 1588] 付属資料 F に準拠しなければならない。

transportSpecific フィールドが本プロファイルでは用いられ、かつ、” 0” に設定されなければならない。

例えば T-BC および T-TC のフルタイミングサポートに基づくといった現在考慮されるシナリオにおいて、T-GM、T-BC および T-TSC に対して PTP メッセージを運ぶフレーム中の VLAN タグの挿入は許されない。この場合、VLAN タグを含むフレーム中で PTP メッセージを受信した時、T-GM、T-BC および T-TSC によってこのフレームは廃棄されるべきである。

いくつかの設定に基づく T-TC の規定は付録 I で議論される。

他のシナリオにおける VLAN タグの利用については今後の検討課題である。

## 6.2.8 メッセージレート

本プロファイルの範囲内において、以下のメッセージが用いられ得る。また、対応する指示された公称レートが尊重されなければならない。

- Sync メッセージ (もし用いられるなら、Follow\_up メッセージは同一レートになるだろう) - 公称レート: 16 パケット/秒
- Delay\_Req/Delay\_Resp メッセージ - 公称レート: 16 パケット/秒
- Announce メッセージ - 公称レート: 8 パケット/秒

[IEEE 1588] の 7.7.2.1 節における要求は Sync および Announce メッセージの転送に対しても尊重されなければならない。加えて、連続する Sync メッセージ間の時間は上記で規定した平均 Sync 間隔の 2 倍を超えてはならない。そして、連続する Announce メッセージ間の時間は上記で規定した平均 Announce 間隔の 2 倍を超えてはならない。

Delay\_Req メッセージの転送は [IEEE 1588] の第 9.5.11.2 節で規定される。

第 9.5.11.2 節の小項目 1 と小項目 2 に加えて、本プロファイルに準拠するクロックは下記のオプションの一つに従わなければならない。

- 実装に基づいた分布を用いた [IEEE 1588]v の第 9.5.11.2 節の小項目 3 に従った転送時間要求。この場合、PTP ノードは 90% の信頼性で  $2\log\text{MinDelayReqInterval}$  秒の  $\pm 30\%$  以内でのメッセージ間隔で Delay\_Req を発行しなければならない。
- [IEEE 1588] の第 9.5.11.2 節の小項目 4 で規定される転送時間要求。

更に加えて、連続する Delay\_Req メッセージ間の時間は  $2\log\text{MinDelayReqInterval}+1$  秒を超えてはならない。

[IEEE 1588] の第 9.5.11.2 節で規定される Delay\_Req メッセージの転送に関する追加の背景となる情報は付録 II に含まれる。

Signaling および Management メッセージの利用は今後の検討課題である。

## 6.3 プロテクションの外観と代替 BMCA

### 6.3.1 代替 BMCA

この勧告で明記されている PTP プロファイルは代替 BMCA (IEEE1588 の 9.3.1 節で) を使用している。この代替 BMCA は [IEEE1588] のデフォルト BMCA とは異なり、下記に記されている。

- a) 代替 BMCA は各ポートのブーリアン属性である `masterOnly` を考慮している。`masterOnly` が TRUE の場合、ポートは SLAVE 状態にならず、MASTER 状態へ常に移行するだろう。`masterOnly` が FALSE の場合、ポートは SLAVE 状態に遷移可能である。`masterOnly` の属性は設定可能なポートデータセットメンバーである `portDSmasterOnly` からセットされる。
- GM のみとなり得る BC または OC (すなわち T-GM) のポートに対して、この属性のデフォルト値と値の範囲は TRUE と {TRUE} である。
- スレーブのみになる OC (すなわち T-TSC) のポートに対して、この属性のデフォルト値と値の範囲は FALSE と {FALSE} である。
- GM になるかもしれない、或いは、ならないかもしれない BC (すなわち T-BC) のポートに対して、この属性のデフォルト値と値の範囲は TRUE と {TRUE, FALSE} である。
- 注 T-BC において、T-BC が他のクロックと同期するために、少なくとも 1 つのポートに対して `masterOnly` 属性を FALSE にする必要があります。
- b) `Erbest` の計算は、如何なる理由に関わりなくポート `r` の `Erbest` が空に設定されなければならないのは前記ポート `r` の `masterOnly` 属性が TRUE の時であるという例外はあるが、[IEEE 1588] 第 9.3.2.3 節で提供される説明に従う。これは、`Ebest` の計算は `masterOnly` 属性が TRUE に設定されたポート `r` で受信した全てのアナウンスメッセージを含む情報を用いない為である。
- c) 代替の BMCA は多数のクロックが同時にアクティブなグラウンド・マスタとなることを許容する。(clockClass が 128 未満であるクロックはマスタになれる) 多数のアクティブなグラウンド・マスタがある場合、全てのグラウンド・マスタではないクロックは PTP ドメイン内の一つのグラウンド・マスタに同期する。
- d) ポート毎の `localPriority` 属性はクロックの各ポートの `r` に割り当てられ、`Erbest` と `Ebest` を決めるために使われる。図 2 と図 3 で定義されているデータセットの比較が実施される前に、アナウンス情報がポート `r` で受信され、各々の親クロック若しくは従属中ではないマスタ・クロックのポートデータセットにローカルポート `r` の `localPriority` 属性が付加される。`localPriority` 属性はアナウンスメッセージでは送付されない。データセット比較アルゴリズム上でこれ以前の全ての属性が比較され、等しいとなった時、この属性はデータセット比較アルゴリズム上で同値解決手段として使用される。`localPriority` 属性は設定可能で、符号なし整数となるポートデータセットメンバーである `portDS.localPriority` に設定する。この属性のデータタイプは `UInteger8` である。この属性の値の範囲は {1-255} である。この属性に対する初期値は 128 である。この PTP プロファイルに準拠したクロックは前述の範囲で定義された値のサブセットをサポートする。
- e) `localPriority` 属性はローカルクロックのローカルデータセット (D0) に割り当てる。ローカルクロックに関するそのデータセット D0 はアナウンスメッセージを介して受信される他のグラウンド・マスタとなり得るデータセットと比較される時に用いられる。ローカルクロックの `localPriority` 属性は設定可能で、符号なし整数となるポートデータセットメンバーである `DS.localPriority` に設定する。この属性のデータタイプは `UInteger8` である。この属性の値の範囲は {1-255} である。この属性の初期値は 128 である。PTP プロファイルに準拠したクロックは前述の範囲内で定義された値のサブセットをサポートすることを許容される。
- f) アルゴリズムを比較するデータセットは本勧告の第 6.3.7 節の図 2 および 3 に従って変更される。
- 注 1 - `masterOnly` 属性の値はそれぞれの定義において T-GM の全ての PTP ポート上で常に TRUE のため、実際には `localPriority` 属性は T-GM では使用されない。
- 注 2 - T-GM の全ての PTP ポートが `masterOnly` 属性= TRUE となるため、T-GM において、代替 BMCA 出力は実

際には固定状態であり、recommended state = BMC\_MASTER である。T-GM の状態 (T-GM の clockClass 値など) に依存し、結果的に決定されたコードは M1 若しくは M2 となる。

注 3 - T-BC において、masterOnly 属性が FLASE となるポートは同期ネットワーク設計に基づいて選択されるべきである。パラメータを TRUE として維持する典型的なユースケースとしては、ネットワークのアクセス側からコア側にタイミングが伝搬するのを防ぐことである。

注 4 - masterOnly の使用は、主に 2 つのシナリオで使用されることを意図しています。

1. T-GM の PTP ポート

2. T-BC の PTP ポートで、ツリートポロジにおける下流側のアクセス側に接続される箇所

例えばリングトポロジを構成する PTP ポートなどの他のシナリオにおいて、masterOnly 属性の利用は、特に再構成やトポロジの変更中に意図しない動作を結果として引き起こす可能性があります。

### 6.3.2 localPriority 属性の使用に関する考察

localPriority 属性は同期ネットワーク設計を定義するにあたり、強力なツールとなる。

代替 BMCA により定義されるこれらの属性のデフォルト値を使用することにより、タイミングループが生じない同期ネットワークとなる。

デフォルト値と異なる値を設定する場合は、適切な設計がタイミングループを避けるために必須となる。

### 6.3.3 クロック属性優先 1

本 PTP プロファイルでは、クロック属性優先 1 は固定である。値の範囲の中間値 128 と等しいデフォルト値に初期化され、この値は変更してはならない。

優先 1 のパラメータは PTP テレコムプロファイルのこのバージョンでは使われない。この属性を考慮した将来のバージョンは今後の検討課題である。

### 6.3.4 クロック属性優先 2

本 PTP プロファイルではクロック属性優先 2 は設定可能である。

T-GM と T-BC クロックにおいて、中間値 128 と等しい値としてデフォルト値が初期化され、値の範囲は {0-255} となる。T-TSC のデフォルト値は 255 となり、範囲は {255} である。

本 PTP プロファイルに準拠されている T-GM 若しくは T-BC は優先 2 の全ての範囲の値をサポートしなければならない。本 PTP プロファイルに準拠されている T-TSC は IEEE1588 で定義される優先 2 の全ての範囲の値 {つまり 0 から 255} をサポートしなければならない。

付録 IV は優先 2 の属性において取りうるユースケースを記述している。他のケースは今後の検討課題である。

### 6.3.5 他のクロック属性

本 PTP プロファイルに準拠されている PTP クロックは、クロック属性である clockClass、clockAccuracy と offsetScaleLogVariance は IEEE1588 のすべての範囲を廃棄せずに受信しサポートする必要があります。

クロック属性 clockClass の適用可能な値は、6.4 で規定されている。

注 - 表 2 に規定されていない clockClass 値の受信時の動作は、今後の検討です。

クロック属性 clockAccuracy の値は、次の状況に適用されます。

- ロックモードの ePRTC に接続されている T-GM (すなわち、GNSS に追従している ePRTC) の場合は 0x20 ロックモードの PRTC に接続されている
- T-GM (すなわち、GNSS に追従している PRTC) の場合は 0x21
- ロックモードの ePRTC、またはロックモードの PRTC に接続されていない T-GM では 0xFE
- T-BC では常に 0xFE

clock 属性 offsetScaledLogVariance の値は、次の状況に適用されます。

- ロックモードの ePRTC に接続されている T-GM (すなわち、GNSS に追従している ePRTC) の場合は 0x4B32  
これは、10000s の観測間隔で 10ns の TDEV に相当する。 PTP 分散 (PTPVAR) の対応する値は  $1.271 \times 10^{-16} \text{ s}^2$  です (付録 IX を参照)。
- ロックモードの PRTC に接続されている T-GM (すなわち、GNSS に追従している PRTC) の場合は 0x4E5D  
これは、10000s の観測間隔で 30ns の TDEV に相当する。 PTP 分散 (PTPVAR) の対応する値は  $1.144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$  です (付録 IX を参照)。
- ロックモードの ePRTC、または、ロックモードの PRTC に接続されていない T-GM では 0xFFFF
- T-BC では常に 0xFFFF

### 6.3.6 状態決定アルゴリズム

この勧告で規定された PTP プロファイルの代替 BMCA に適用される状態決定アルゴリズムは 6.3.7 節の図 1 で示される。このアルゴリズムを使用することにより決定づけられた後、ローカルクロックのデータセットは [IEEE 1588] の 9.3.5 節で規定されたように更新される。アルゴリズムの使用の詳細は [IEEE 1588] の 9.3.3 節に記載されている。

### 6.3.7 データセット比較のアルゴリズム

この勧告で規定された PTP プロファイルの代替 BMCA におけるデータセット比較アルゴリズムは図 2 と図 3 に記述されている。このアルゴリズムでは、localPriority 属性が追加されたそれぞれのクロックを表しているデータセットを用いて、一つのクロックは他のクロックと比較される。アルゴリズムの使用方法の詳細は [IEEE 1588] の 9.3.4 節に記載されている。

図 2 と図 3 内のデータセット A 若しくは B が親クロック若しくは外部のマスタ・クロックのデータを含んでいる場合、データセットに対する付随する localPriority は親クロック若しくは外部マスタ・クロックから情報を受信したローカルポート r の localPriority となる。(この勧告の 6.3.1 節の項目 (c) を参照)

図 2 と図 3 のデータセット A 若しくは B はローカルクロックのデータ D0 を含んでいる場合、データセットに対して付随する localPriority はローカルクロックの localPriority となる。(この勧告の 6.3.1 節の項目 (d) を参照)

注 1 - この勧告の将来の版で使用されるかもしれないため、パラメータの中に現状固定のものがあるが、図 2 と図 3 では全部のデータセットの比較アルゴリズムが記載されている。

注 2 - 図 2 「A の GM クロッククラスが 127 以下」のブロックは、複数の T-GM が配備されている場合、異なる T-GM によってネットワーク内の異なる T-BC が同期されることを可能にする。

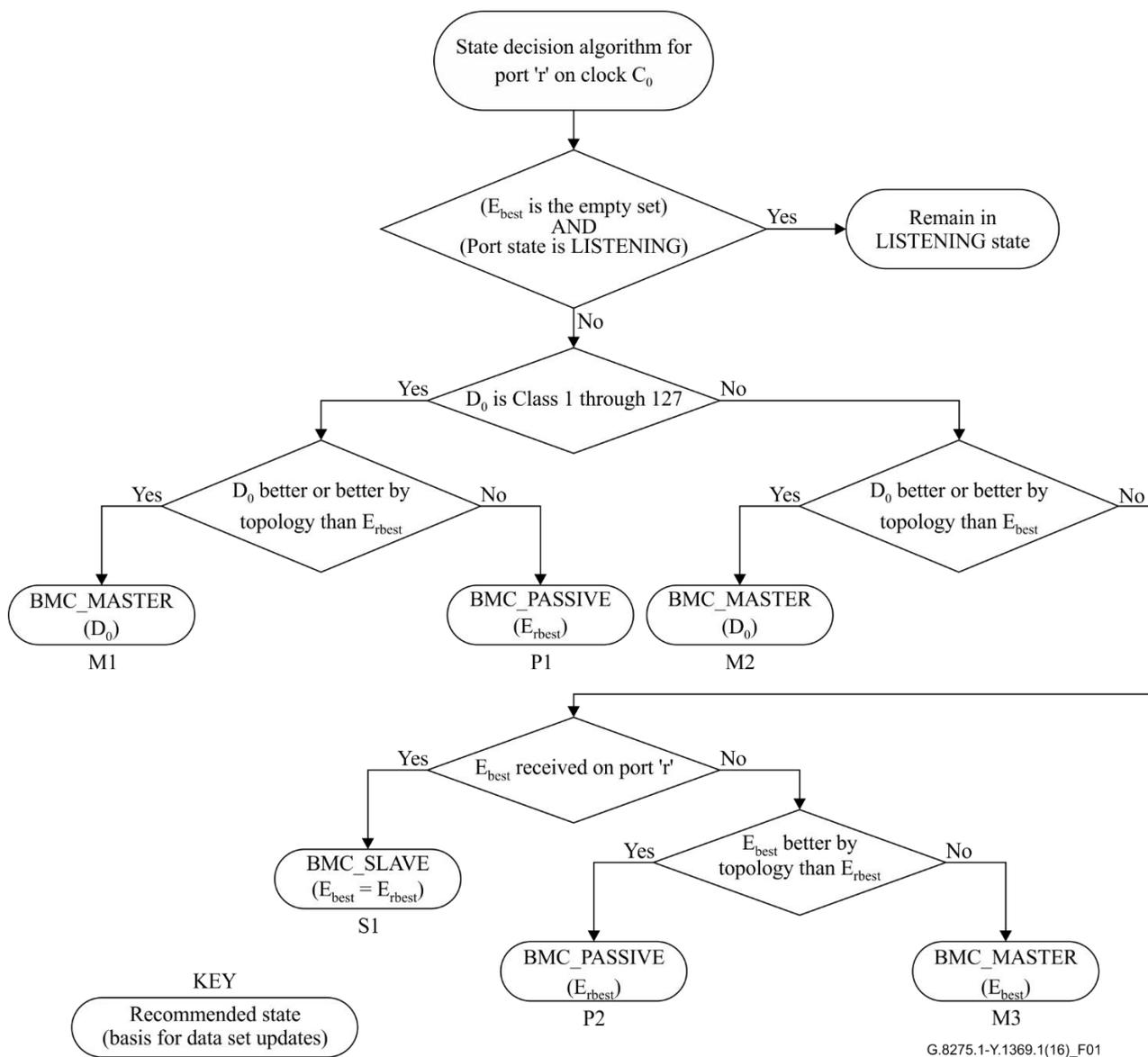


図 1 - 代替 BMCA における状態決定アルゴリズム

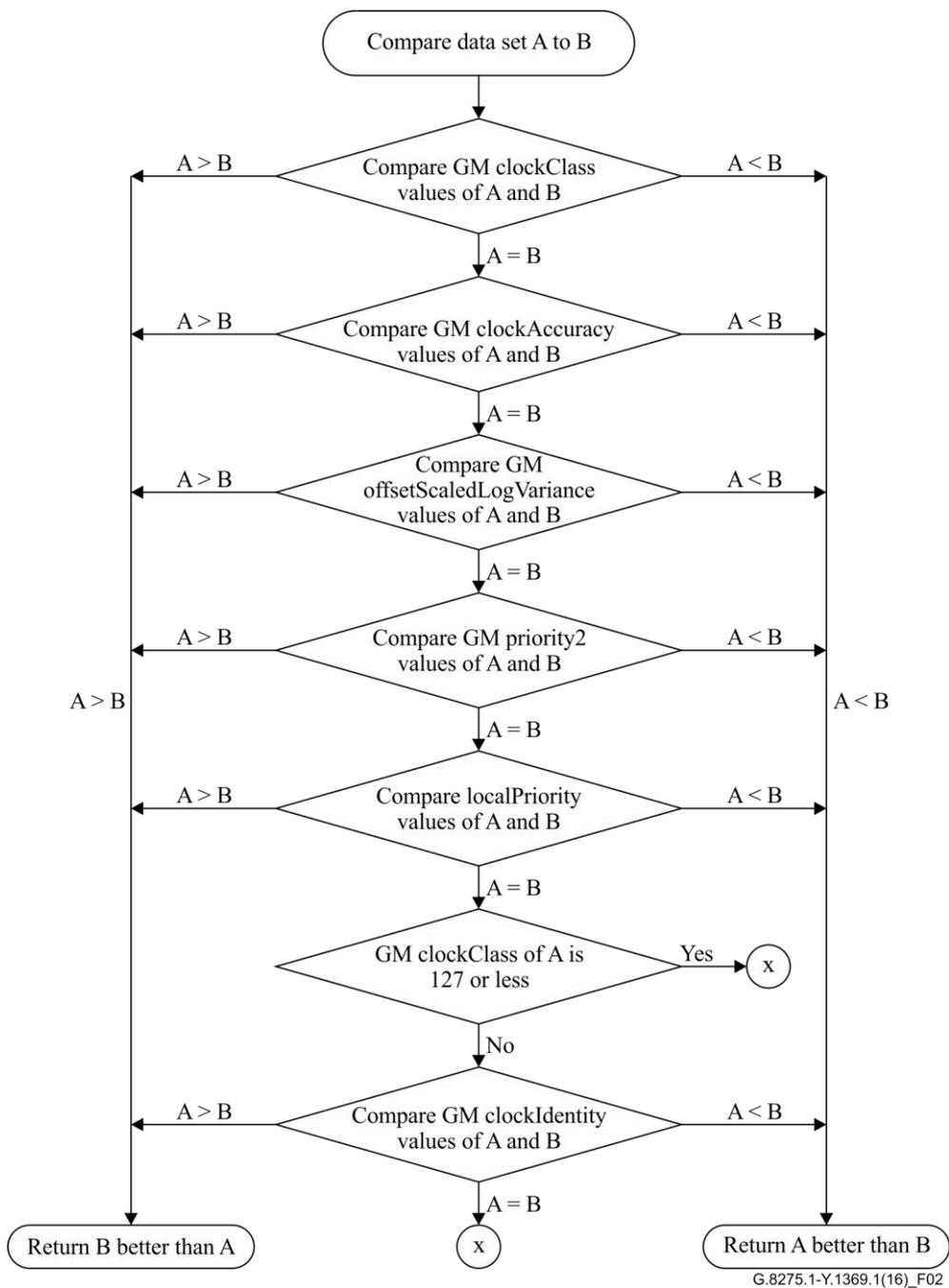
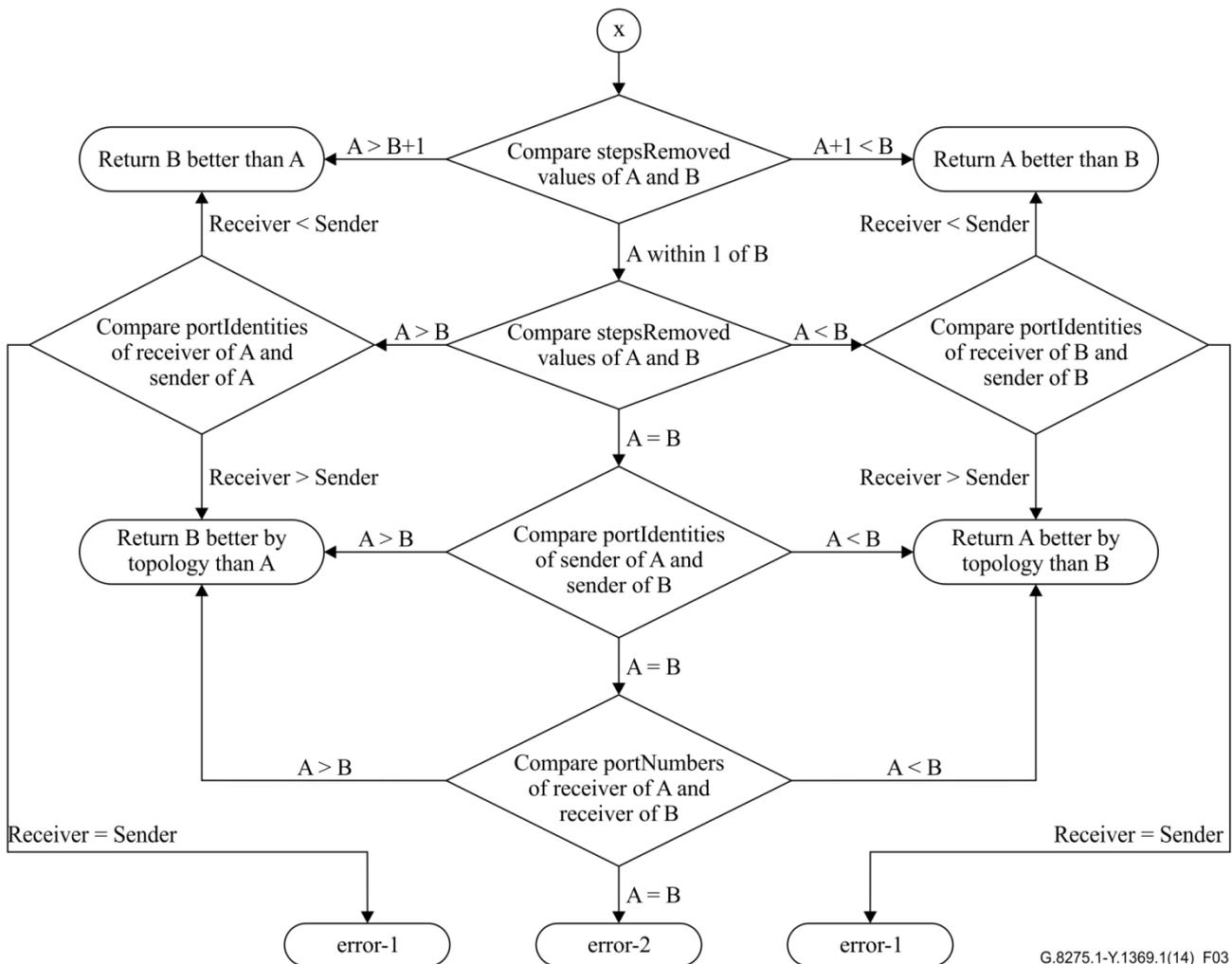


図 2 - 代替 BMCA におけるデータセット比較アルゴリズム、その 1



G.8275.1-Y.1369.1(14)\_F03

図 3 - 代替 BMCA におけるデータセット比較アルゴリズム、その 2

### 6.3.8 使用されない PTP フィールド

PTP のフィールドの中には本 PTP プロファイルでは使用されないものもある。この節ではこれらの未使用の PTP フィールドを適用することができる動作を定義する。

本勧告の A.10 節中の表 A.8 は PTP の共通のヘッダフラグ値を定義し、各々のフラグがこのプロファイル上で使用できるか否かを示している。

加えて、下記フィールドはこのプロファイルでは使用されない。

- PTP メッセージの共通ヘッダ内の “controlField” は本プロファイルでは使用されない。このフィールドは PTP メッセージのすべてのタイプにおいて受信器により無視される。
- アナウンスメッセージ内の “priority1” は使用されない。6.3.3 節で規定された固定値にしなければならない。

PTP クロックが PTP プロファイル上で規定されないフィールドの PTP メッセージを受信し、許容範囲外の値を含んでいる場合、PTP メッセージを捨て去るのではなく、PTP メッセージのこのフィールドを無視しなければならない。

例えば、本 PTP プロファイルに準拠した PTP クロックは下記フィールドでの値を受信時に無視しなければならない。本 PTP プロファイルに準拠したクロックはローカルデータをこれらフィールドにおいて入力値に更新してはならない。

- flagField – alternateMasterFlag;
- flagField – unicastFlag;
- flagField – PTP profile Specific 1;
- flagField – PTP profile Specific 2.

PTP クロックが本 PTP プロファイル上で規定されているフィールドの PTP メッセージを受信し、受信に対するそのフィールドが許容範囲外の値を含んでいる場合、その入力された PTP メッセージは捨て去らなければならない。clockClass,

clockAccuracy, offsetScaledLogVariance, and priority2 の属性を除いて (第 6.3.4、6.3.5 節参照)、受け付けられる範囲と defaultDS メンバーの範囲は同じである。

例えば、下記のいずれかのフィールドがプロファイルに対して許容範囲外となっている場合、準拠したクロックは入力パケットを受信時に削除しなければならない。

- domainNumber;
- versionPTP.

クロックのローカルデータセットは入力値で更新してはならない。

注 1 - クロックが “priority1” フィールドにて 128 以外のアナウンスメッセージを受信し、この値を通知するクロックが GM として選択された場合、128 はクロックにより再通知されなければならない。未使用の priority1 は代替 BMCA のために受信クロックにより無視される。

注 2 - クロック属性 priority2、clockClass、clockAccuracy、および offsetScaledLogVariance に対する受信の許容範囲はそれぞれ、[IEEE1588] のすべての範囲である (6.3.4 節および 6.3.5 節参照)。

#### 6.4 位相/時刻のトレーサビリティ情報

位相/時間のトレーサビリティ情報を提供するために、この PTP テレコムプロファイル内では以下の表 2 に記載の clockClass の値を使用しなければならない。相互運用の目的のための追加情報は、表 4 に提供されている。

PTP メッセージのヘッダ内に示される frequencyTraceable フラグは、本プロファイルに定義されている：もし、PTP クロックがロックモードにある PRTC、または、PRC に対し辿ることができるのであれば (例えば、PRC-トレーサブルな (PRC に辿ることができる) 物理層の周波数入力を使用している)、その場合このパラメータは TRUE に設定される必要があり、それ以外では FALSE に設定しなければならない。このフラグは、6.3 節で定義された代替 BMCA では使用されない；このフラグに対して用意された表 2 中の値は、ネットワークオペレータによって監視目的または AppendixIII で述べられるような末端アプリケーションの行動決定に使用することができる。

T-GM が最初にホールドオーバー状態に入るとき、clockClass 値をダウングレードし、7 を使用する。そして、出力における時刻エラーがホールドオーバー仕様を超過するかどうかを T-GM は計算する。T-GM は出力における時刻エラーがホールドオーバー仕様を超過すると決定した時には、周波数基準 (内部発振器または外部インタフェースで受信した物理層の周波数信号) の品質に依存して使用する clockClass 値を 140、150 または 160 にダウングレードする。

T-BC が最初にホールドオーバー状態に入るとき、clockClass 値を 135 にダウングレードする。それから、出力における時刻エラーがまだホールドオーバー仕様の範囲内にあるかどうかを、T-BC は計算する。T-BC は出力における時刻エラーがホールドオーバー仕様を超過すると決定する時には、clockClass 値を 165 にダウングレードする (内部発振器または外部インタフェースで受信した物理層の周波数信号)。

注 - 適用できるホールドオーバー仕様は、同期ネットワークの設計やバジェットに依存する。ネットワークのバジェットの例については、[ITU-T G.8271.1] の付録 V を参照すること。[ITU-T G.8271.1] の表 V.1 の障害シナリオ (b) に示されているように、トータル時間誤差 1.5us を満たしている時には T-GM または T-BC の典型的な Holdover バジェットは 400ns である。

表2 - 適用するclockClass値

位相/時刻トレーサビリティの記述	defaultDS. clockQuality. clockClass	frequencyTraceable flag	timeTraceable flag
同期モードにあるPRTCに接続されたT-GM (例、GNSSに追従するPRTC)	6	TRUE	TRUE
ホールドオーバー状態にあるT-GM；ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリー1の周波数源に対して辿ることができる (注1)	7	TRUE	TRUE
ホールドオーバー状態にあるT-GM；ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリー1の周波数源に対して辿ることができない (注1)	7	FALSE	TRUE
ホールドオーバー状態にあるT-BC；ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリー1の周波数源に対して辿ることができる (注1)	135	TRUE	TRUE
ホールドオーバー状態にあるT-BC；ホールドオーバー仕様の範囲内であり、カテゴリー1の周波数源に対して辿ることができない (注1)	135	FALSE	TRUE
ホールドオーバー状態にあるT-GM；ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリー1の周波数源に対して辿ることができる (注1)	140	TRUE	FALSE
ホールドオーバー状態にあるT-GM；ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリー2の周波数源に対して辿ることができる (注1)	150	FALSE	FALSE
ホールドオーバー状態にあるT-GM；ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリー3の周波数源に対して辿ることができる (注1)	160	FALSE	FALSE
ホールドオーバー状態にあるT-BC；ホールドオーバー仕様の範囲外 (注1)	165	(Note 2)	FALSE
起動開始時から時刻リファレンスを伴わないT-GMまたはT-BC	248	(Note 2)	FALSE
スレーブのみのOC (アナウンスメッセージを送信しない)	255	(Note 2)	As per PTP
<p>注1 - T-GMまたはT-BCがPRTCに対するトレーサビリティを失った後に低下したclockClass値を直接通知することができるように、clockClass値7または135を通知するまでに掛かる時間を制御するホールドオーバー仕様の (時間に対する) 閾値は0にセットされ得る。このケースでは、最初にclockClass値140、150、160または165を通知した後でも、クロックはホールドオーバー仕様の範囲内を維持するかもしれない。</p> <p>注2 - frequencyTraceableフラグはPRCに辿ることができる物理層の周波数入力信号の利用状況に応じて、TRUEまたはFALSEを取りうる。</p>			

注3 - オプションとして、いくつかのケースではT-BCのclockClass範囲を(135, 165, 248) to (135, 140, 150, 160, 165, 248)に拡張することができ、(a)140, 150, 160, and 165が周波数基準の品質に準じている、(b) T-GMに対して同様に140, 150, and 160が適用出来る、(c)165が同期Ethernetに対応していることである。もし、このオプションを使用するならば、単一のPTPドメインで全てのPTPクロックはこのオプションを実装すべきである (このオプションが実装されないならば、それぞれのクロックを混在させるべきでない)。詳細は将来検討である。

注4—この表における用語”holdover”は”time holdover”である。

表3は [ITU-T G.781] で規定されているクロック品質レベル (QLs) の表2で使用されているカテゴリ1,2,3の周波数減へのマッピングを示している。

表3 - G.781クロック品質レベルのカテゴリ1,2,3周波数源へのマッピング

カテゴリ (表2における)	ITU-T G.781 option I QLs	ITU-T G.781 option II QLs
カテゴリ1周波数源	QL-PRC	QL-PRS
カテゴリ2周波数源	QL-SSU-A	QL-ST2
カテゴリ3周波数源	QL-SSU-B	QL-ST3E

注2 - PRTC から来る外部の位相/時刻の入力を伴う GM 相当の動作をしている T-BC のケースでは仮想 PTP ポートを介して付属資料 C に記載される E<sub>rbest</sub> 属性を取り扱う。PRTC とは異なる位相/時刻外部同期入力を持つ T-BC の一般的なケースは今後の検討課題である。

表4は、周波数基準の品質に基づいた表2のclockClass値のサブセットを示すとともに、本勧告以前に設計された機器で用いられる値のマッピングを示す。

注3 - 本勧告以前に構築された機器との相互運用性が必要な場合は、clockClass値の両方のセットがサポートされる必要があるだろう。完全な相互運用性のためには、他の考え方が要求されるかもしれない。

表4 本勧告以前に構築設計された機器のためのclockClass値

位相/時刻トレーサビリティの記述	表2で定義された値	本勧告以前の値
同期モードにあるPRTCに接続されたT-GM (例、GNSSにトレーサブルなPRTC)	6	6
ホールドオーバー状態にあるT-GM ; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ1の周波数源に対して迎えることができる (注1)	140	7
ホールドオーバー状態にあるT-GM ; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ2の周波数源に対して迎えることができる (注1)	150	(Note 2)
ホールドオーバー状態にあるT-GM ; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、カテゴリ3の周波数源に対して迎えることができる (注1)	160	52
ホールドオーバー状態にあるT-BC ; ホールドオーバー仕様の範囲外であり、不特定の周波数源を使用 (注1)	165	187
スレーブのみのOC (アナウンスメッセージを送信しない)	255	255

注1 - 最初に6より大きいclockClass値を通知した後であれば、クロックはまだホールドオーバー仕様を満たしているかもしれない。

注2 - 機器に指定された適切な値を参照すること。

## **7 ネットワークからの完全なタイミングサポートを有する位相/時刻配信のための ITU-T PTP プロファイル**

ネットワークからの完全なタイミングサポートを有する位相/時刻配信のための ITU-T PTP プロファイルは、付属資料 A に含まれている。

## **8 セキュリティ面**

今後の検討課題である。

## 付属資料 A

### ネットワークからの完全なタイミングサポートを伴った場合の位相/時刻分配のための ITU-T PTP プロファイル

(本付属資料は、本勧告と不可分である)

[IEEE 1588] により要求されるように、本付属資料はネットワークからの完全なタイミングサポートを伴う場合における位相/時刻分配のための PTP テレコミュニケーション・プロファイルを含む。この PTP テレコミュニケーション・プロファイルに準拠するために、本付属資料、及び本勧告の本文における要求が双方ともに満たされなければならない。

#### A.1 プロファイルの識別

profileName: ネットワークからの完全なタイミングサポートを伴った場合の位相/時刻分配のための ITU-T PTP プロファイル

profileVersion: 2.0

profileIdentifier: 00-19-A7-01-02-00

本プロファイルは、ITU-T によって規定される。

コピーは、www.itu.int から取得できる。

注 - 本プロファイルのバージョン 1 は、clockClass、clockAccuracy、offsetScaledLogVariance、及び T-TSC、priority2 に関する許容値に関する限定された範囲を規定する。許容範囲外の値の受信は、Announce メッセージが破棄される原因となる。プロファイルのバージョン 2 は、許容可能な値を PTP の最大範囲まで拡張する。複数の ePRTC (バージョン 1 の範囲外である clockAccuracy と offsetScaledLogVariance の新しい値を用いる) を配備しているネットワークでは、すべてのクロックは、プロファイルのバージョン 2 を使う必要がある。複数の ePRTC がネットワークに配備されないならば、ネットワークはバージョン 1 とバージョン 2 のクロックの混成で作動可能である。

#### A.2 PTP 属性値

このプロファイルに用いられるデフォルト値と PTP 属性の範囲は、表 A.1、A.2、A.3、A.4、A.5、A.6 と A.7 に含まれる。属性 clockClass、clockAccuracy、offsetScaledLogVariance、及び priority2 に対して示される範囲は、defaultDS に対するものである。

注 - バウンダリ・クロックは、ペアレントクロックの選択、ペアレント DS の更新、Announce メッセージの送信は[IEEE 1588]の規則に従うため、defaultDS 値と異なる値を送信することがある。

本プロファイルで指定されない属性には、[IEEE 1588] で定められるデフォルト初期値と範囲が使用されなければならない。

これらの表はそれぞれのデータシートの内容に対してデフォルト初期値、及び範囲を提供する：

- テレコム・グランドマスタ: GM になることのみが可能なオーディナリ・クロック、或いはバウンダリ・クロック ([ITU-T G.8275] による T-GM - チェーンの初段の PTP クロック)
- テレコム・タイム・スレーブ・クロック: クロッククラス =255 のオーディナリ・クロック ([ITU-T G.8275] による T-TSC - チェーンの最終段の PTP クロック)
- テレコム・バウンダリ・クロック: バウンダリ・クロック は GM であったり、そうでない可能性もある。ネットワークにおいて最良のクロックであれば、そのようなクロックは GM になり得る。 ([ITU-T G.8275] による T-BC - チェーンの中間の PTP クロック)
- テレコム・トランスペアレント・クロック: エンドツーエンドのトランスペアレント・クロック ([ITU-T G.8275] による T-TC - チェーンの中間の PTP クロック)。

これらの PTP クロックタイプと [ITU-T G.8275] アーキテクチャで定義された位相/時刻クロックとの間のマッピングは 6.2.3 節における表 1 に記載されている。

トランスペアレント・クロックに対して表 A.6 および A.7 で定義される属性はオプションである。

表A.1 - defaultDSデータセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グランドマスタ要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (static)	As per PTP	{FALSE, TRUE}	As per PTP	{FALSE, TRUE}	As per PTP	{FALSE, TRUE}
8.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (static)	1 for OC As per PTP for BC	{1} for OC As per PTP for BC	1	{1}	As per PTP	As per PTP
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (dynamic)	248	{6, 7, 140, 150, 160, 248}	255	{255}	248	{135, 165, 248}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.ClockAccuracy (dynamic)	0xFE	{0x20, 0x21, 0xFE} (注)	0xFE	{0xFE}	0xFE	{0xFE}
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance (dynamic)	0xFFFF	{0x4B32, 0x4E5D, 0xFFFF} (注)	0xFFFF	{0xFFFF}	0xFFFF	{0xFFFF}
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (configurable)	128	{128}	128	{128}	128	{128}
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (configurable)	128	{0-255}	255	{255}	128	{0-255}
8.2.1.4.3	defaultDS.domainNumber (configurable)	24	{24-43}	24	{24-43}	24	{24-43}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (configurable)	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}
New member	defaultDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
New member	defaultDS.maxStepsRemoved (configurable)			255	{1-255}	255	{1-255}

注 - 利用可能な値は第6.3.5節に示される。

表 A.2 - currentDS データセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グランドマスタ要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
8.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.2.3	currentDS.offsetFromMaster (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP

表 A.3 - parentDS データセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グランドマスタ要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
8.2.3.2	parentDS.parentPortIdentity (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.3.3	parentDS.parentStats (dynamic)	注	注	注	注	注	注
8.2.3.4	parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance (dynamic)	注	注	注	注	注	注
8.2.3.5	parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate (dynamic)	注	注	注	注	注	注
8.2.3.6	parentDS.grandmasterIdentity (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.3.7	parentDS.grandmasterClockQuality (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
注 - PTPにより、本プロファイルには適用不可							

表 A.4 - timePropertiesDS データセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グランドマスタ要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
8.2.4.2	timePropertiesDS.currentUtcOffset (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.4.3	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.6	timePropertiesDS.timeTraceable (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE} 注	FALSE	{FALSE, TRUE} 注	FALSE	{FALSE, TRUE} 注
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptpTimescale (dynamic)	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}
8.2.4.9	timePropertiesDS.timeSource (dynamic)	0xA0	As per PTP	0xA0	As per PTP	0xA0	As per PTP

注 - クロックがロックされたモードであるPRTCに追従可能またはPRC (例えばPRCが追従可能な物理層の周波数入力を使う) に追従可能ならば、このパラメータはTRUEに設定されなければならない、さもなければ、それはFALSEでなければならない

表 A.5 - portDS データセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の項	データセットメンバ	テレコム・グランドマスタ要求		テレコム・タイム・スレーブ・クロック要求		テレコム・バウンダリ・クロック要求	
		デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲	デフォルト初期値	範囲
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.portNumber (static)	1 for OC As per PTP for BC	{1} for OC As per PTP for BC	1	{1}	As per PTP	As per PTP
8.2.5.3.1	portDS.portState (dynamic)	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP	As per PTP
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (dynamic)	-4	{-4}	-4	{-4}	-4	{-4}
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (dynamic)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (configurable)	-3	{-3}	-3 (注2)	{-3} (注2)	-3	{-3}
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (configurable)	3	{3 - z} z is FFS	3	{3 - z} z is FFS	3	{3 - z} z is FFS
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (configurable)	-4	{-4}	-4 (注2)	{-4} (注2)	-4	{-4}
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}	01	{01}	01	{01}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (configurable)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (configurable)	2	{2}	2	{2}	2	{2}
New member	portDS.masterOnly (configurable)	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE, FALSE}
New member	portDS.localPriority (configurable)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
注1 - PTPにより、本プロファイルには適用不可							
注2 - 本メッセージのタイプは、slave-only OCに対して送信されない。							

表 A.6 - transparentClockDefaultDS のデータセットメンバの仕様

[IEEE 1588]の 項	データセットメンバ	テレコム・トランスペアレント・スレーブ・ク ロック要求	
		デフォルト初期値	範囲
8.3.2.2.1	transparentClockDefaultDS.clockIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP
8.3.2.2.2	transparentClockDefaultDS.numberPorts (static)	As per PTP for TC	As per PTP for TC
8.3.2.3.1	transparentClockDefaultDS.delayMechanism (configurable)	01	{01}
8.3.2.3.2	transparentClockDefaultDS.primaryDomain (configurable)	24	{24-43}

表 A.7 - transparentClockPortDS のデータセットメンバの仕様

Clause from [IEEE 1588]	データセットメンバ	テレコム・トランスペアレント・スレーブ・ク ロック要求	
		デフォルト初期値	範囲
8.3.3.2.1	transparentClockPortDS.portIdentity (static)	As per PTP, based on EUI-64 format	As per PTP
8.3.3.3.1	transparentClockPortDS.logMinPdelayReqInterval (dynamic)	(注1)	(注1)
8.3.3.3.2	transparentClockPortDS.faultyFlag (dynamic)	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.3.3.3.3	transparentClockPortDS.peerMeanPathDelay (dynamic)	(注1)	(注1)
注1 - PTPにより、本プロファイルには適用不可			

### A.3 PTP オプション

#### A.3.1 要求、許容、或いは禁止されるノードタイプ

本プロファイルでは、許容されるノードのタイプは以下の通りである： オーディナリ・クロックとバウンダリ・クロック、及びエンドツーエンドのトランスペアレント・クロック

本プロファイルのこのバージョンにおいて、禁止されたノードのタイプは以下の通りである： ピアツーピアトランスペアレント・クロック

#### A.3.2 ワンステップに対するツーステップクロックモード

ワンステップ、及びツーステップクロックの両方は許容される。クロックは、ワンステップ、及びツーステップクロックの両方から送られるメッセージを受け、処理可能でなければならない。クロックは、メッセージを送るためにワンステップとツーステップ・モードの両方をサポートすることは要求されない。

#### A.3.3 要求、許容、或いは禁止される転送メカニズム

本プロファイルで必須の転送メカニズムは、[IEEE 1588] の付属資料 F により、IEEE 802.3/Ethernet である。フォワード不可能なマルチキャストアドレス (01-80-C2-00-00-0E) とフォワード可能なマルチキャストアドレス (01-1B-19-00-00-00) の両方は、本プロファイルに準拠するためにサポートされることが要求される。

他の全ての転送メカニズムは、本プロファイルの範囲内で今後の検討課題である。

#### **A.3.4 ユニキャストメッセージ**

すべてのメッセージは、A.3.3 節での 2 つのマルチキャストアドレスのうちの 1 つを用いて、マルチキャストで送られる。ユニキャスト・モードは、本プロファイルの本バージョンでは許容されない。

#### **A.4 ベスト・マスタ・クロック・アルゴリズムオプション**

本プロファイルは、本勧告 6.3 節で記述される代替 BMCA を用いる。

#### **A.5 パス遅延測定オプション (遅延要求/遅延応答)**

遅延要求/遅延応答メカニズムが本プロファイルで用いられる。ピア遅延メカニズムは本プロファイルで用いられてはならない。

#### **A.6 クロック識別子フォーマット**

[IEEE 1588] の 7.5.2.2.2 項において示されるように、クロック識別子を生成するために IEEE EUI-64 の使用がサポートされなければならない。非 IEEE の clockIdentity のフォーマットはサポートされない。

#### **A.7 設定管理オプション**

管理面は今後の検討課題であり、本プロファイルの将来のバージョンで規定されるだろう。

#### **A.8 セキュリティに関して**

セキュリティ面は今後の検討課題である。[IEEE 1588] の付属資料 K の実験的セキュリティプロトコルは用いられない。

#### **A.9 IEEE 1588™の他のオプション機能**

[IEEE 1588] の他のオプション機能は本プロファイルの本バージョンでは用いられない。これらはユニキャストメッセージ交渉 ([IEEE 1588] の 16.1 項、代替タイムスケール ([IEEE 1588] の 16.3 項) 、グランド・マスタ・クラスタ ([IEEE 1588] の 17.3 項)、代替マスタ ([IEEE 1588] の 17.4 項)、ユニキャスト探索 ([IEEE 1588] の 17.5 項)、アクセプタブルマスタテーブル ([IEEE 1588] の 17.6 項) と実験的累積周波数スケールファクターオフセット ([IEEE 1588] の付属資料 L) を含む。

#### **A.10 PTP 共通ヘッダフラグ**

PTP 共通ヘッダフラグ値は、それぞれのフラグが本プロファイルで使われるか否かを問わず、表 A.8 で与えられる。

注 - これらのフラグの一部は、すべての PTP メッセージにおいてではなく特定の PTP メッセージにおいてだけ使われる。

[IEEE 1588] の 13.3.2.6 項を参照せよ。[IEEE 1588] の 13.3.2.6 項で定義される以下の規則は、順守されなければならない：「ビットが表 20 で定められないメッセージ・タイプに対して、値は FALSE である。」

表 A.8 - PTP フラグ

フラグ	送られる値	受信ノードに対する振る舞い
alternateMasterFlag	FALSE	Flag is ignored
twoStepFlag	As per PTP	Used
unicastFlag	FALSE	Flag is ignored
PTP profile Specific1	FALSE	Flag is ignored
PTP profile Specific2	FALSE	Flag is ignored
Reserved	FALSE	Reserved by PTP and flag is ignored
leap61	As per PTP	Used
leap59	As per PTP	Used
currentUtcOffsetValid	As per PTP	Used
ptpTimescale	TRUE	Used
timeTraceable	See Table 2	Used
frequencyTraceable	See Table 2	Used
Octet 1, Bit 6	(注1)	(注1)
注1 - 追加的なフラグ "synchronizationUncertain" は付属文書Eで定義されている ; フラグ "synchronizationUncertain" の利用は任意である。		

## 付属資料 B

### 代替 BMCA で PTP トポロジを確立するためのオプション

(本付属資料は、本勧告と不可分である)

この PTP テレコムプロファイルは、位相/時刻同期ネットワークのトポロジをセットアップするために二つの主要なアプローチを使用可能にする代替 BMCA を定義する。

- 自動トポロジの確立：本勧告内で定義された `localPriority` 属性をそのデフォルト値に設定する際に、PTP トポロジは PTP クロックによって交換されたアナウンスメッセージに基づいた代替 BMCA によって自動的に確立される。T-GM への最短経路を有する同期ツリーは、この操作の後に構築される。このモードでは、障害イベントとトポロジ再構成中に、代替 BMCA が再度実行され、その結果新しい同期ツリーになる。この代替 BMCA のオペレーションは、ネットワークに対する手動操作の介入や事前の分析が必要なしで、タイミングループが作成されないことを保証する。新しい PTP トポロジへの収束時間は、ネットワークのサイズと PTP パラメータの具体的な構成に依存する。
- 手動でのネットワーク計画：`localPriority` 属性 (デフォルト値と異なる値を持つものとしてこの勧告で定義されている) の使用は、手動で同期ネットワークトポロジの構築を可能にする。その方法は、SDH ネットワークが一般的に SSM に基づいてオペレーションされるのと同様である。このオプションは、システムに設定されたローカルプライオリティに基づいて、障害イベントとトポロジ再構成中において、動作を完全に制御可能とする。しかしながら、タイミングループを回避するために、展開に先立った慎重なネットワーク計画が要請される。

## 付属資料 C

### T-BC の外部位相／時刻入力インタフェースの包含

(本付属資料は、本勧告と不可分である)

この付属資料は、外部ポートがソース選択に参加可能とするための、T-BC の外部位相／時刻入力インタフェースを包含するためのモデルについて説明する。高度な原理がこの付属資料に紹介されている。

仮想 PTP ポートと仮想 Erbest は、この外部インタフェースが PTP プロトコルに関与可能にするために、T-BC の外部からの位相／時刻入力 (例、PRTC から受信) に関連付けられる。

以下の属性が、仮想 PTP ポートに関連付けられる。

- clockClass
- clockAccuracy
- offsetScaledLogVariance
- localPriority

PRTC が外部からの位相／時刻インタフェースに接続されている場合には、stepsRemoved 属性はゼロに設定されなければならない。

仮想 PTP ポートに割り当てられる grandmasterIdentity は、T-BC の clockIdentity 自身である。仮想 PTP ポートに割り当てられる portNumber は、すでに T-BC PTP ポートに割り当てられた portNumber 値と異なる値に設定される。

データセット比較アルゴリズムにて使用される他のパラメータのために仮想 PTP ポートに割り当てられる値については、今後の検討課題である。

注 1 - PRTC 以外からの位相／時刻外部同期入力を有する T-BC の一般的な場合については、今後の検討課題である。

注 2 - 外部からの位相／時刻インタフェースに時刻および関連情報を送信するための Time-of-Day のデータチャネルが含まれている場合、仮想 PTP ポートの関連した PTP 属性の値を導出する際にこの情報は考慮されるべきである。送信される時刻情報の詳細は今後の検討課題である。最初の説明は、[ITU-T G.8272] の付録 III に見つけることができる。

## 付属資料 D

### 経路トレース (オプション)

(本付属資料は、本勧告と不可分である)

ネットワークにおいて PTP 同期リファレンスの実際の経路をトレースするために、[IEEE 1588] の 16.2 節によると経路トレースオプションは、このプロファイルに準拠する PTP クロックによってオプションとしてサポートされている。

この機能はオプションである。

しかし、もしそれがサポートされるならば、以下の記載がサポートされていることが必要である。

例として、このオプションは、ネットワークで障害が発生した場合のトラブルシューティング分析をサポートするために使用できる。

経路トレースのタイプ長さ値 (TLV) がそのクロックからさらに転送されないように PTP クロックを設定することが可能であるべきである (例えば、ネットワーク管理インタフェースでこれが必要であるかもしれない)

注 1 - ネットワークのすべての PTP クロックが経路トレース TLV をサポートしないケースがあるかもしれない。予期される動作は、受信するアナウンスメッセージに経路トレース TLV が転送されている場合、TLV がこれらのノードにより破棄されることである。

注 2 - 経路内の T-TC は、経路トレース TLV に独自の clockIdentity を加えることができる。

## 付属資料 E

### 同期不確定通知 (オプション)

(本付属資料は、本勧告と不可分である)

この付属書はオプションであるが、もし実装されるならば、装置に対してここに含まれる要求を確認するために必要とされる。PTP クロックが同期時刻源として新しい親を選択するとき、その新しい親が UNCALIBRATED 状態にいることに関連付けられる。この PTP ポート状態は PTP クロックがその時刻源に同期する過程であることを示している。この状態の期間と機能性は実装次第である。

この期間の間、PTP クロックは周波数と位相において大きくまたは急速な変化があるかもしれない。そして、更新された親の情報はトポロジの確立を可能とするため下流に伝達されることが望まれる一方で、下流の PTP クロックにおいて、そのタイミング情報を使うことは望ましくないかもしれない。したがって、UNCALIBRATED 状態について下流の PTP クロックと通信することは有益であるだろう。

出力ポートから伝達される Announce メッセージを用いたローカル `synchronizationUncertain` ブーリアンは TRUE に該当する次の条件を除いて FALSE である。

- 親クロックから受信された Announce メッセージの `synchronizationUncertain` フラグが TRUE である。または
- 入力ポートが UNCALIBRATED 状態にある。または、
- 実装次第の基準のもの。

`synchronizationUncertain` 条件が透過した Announce メッセージにおいて TRUE であるとき、フラグフィールドはオクテット 1、ビット 6 が 1 にセットされる。さもなければ、`synchronizationUncertain` 条件は FALSE であり、そのビットは 0 にセットされる。

## 付属資料 F

### 参照チェーンを制限するための stepsRemoved の利用 (オプション)

(本付属資料は、本勧告と不可分である)

[IEEE1588] において定義されているパラメータ `stepsRemoved` はネットワーク中のクロックとグランドマスター・クロックの間の距離を示すために用いられる。本パラメータは PTP システム中で発生するかもしれない循環経路を検出するために有効なツールとして用いることが本来の意図であった。初期設定で、`stepsRemoved` フィールドが 255 に一致、あるいは、255 よりも大きな値となった `Announce` メッセージを不良フレームとして確実に廃棄することが要求される。本プロファイルは初期設定のデータセットメンバである `maxStepsRemoved` を含んでおり、運用者が 255 よりも小さな値を設定することを許容している。この設定された値は、PTP ドメインの全てのクロックにおいて、同一の典型値となる。この値が設定された時、クロック精度が得られない受信 `Announce` メッセージは、入力ヘッダの `stepsRemoved` フィールドが `maxStepsRemoved` フィールドの値に一致する、または、それを超えた場合である。設定可能であることに対する 2 つの主要なユースケースが存在する。

1 つ目は、[ITU-T G.8271.1] および [ITU-T G.8275] を参照し、適切なネットワーク性能が維持されるのは、グランド・マスターとスレーブの間を転送するのが上限 20 クロックまでであるという解析結果が示されている。もし、運用者がネットワーク性能限界を超えていない、もしくは、その(クロックの)接続の長さが超過していないことを保証するために、運用者はその値をより小さな値(例えば 20 または 21)に設定するかもしれない。

2 つ目は、もし運用者がリングトポロジにおいて PTP を導入する場合、クロックがより早く不良フレームを特定し、そして、それらを廃棄するための矯正動作を取り、また、トポロジをアップデートできる様にするため、運用者は `maxStepsRemoved` パラメータの値をより小さな値に設定するかもしれない。

## Appendix I

### Considerations on the use of transparent clock

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

The integration of the transparent clock in this profile is considered of particular interest for applications such as 2-port type of devices.

For more complex topologies and multiport devices some careful analysis is recommended. In particular, some specific node configuration may be required if the operator wants to prevent multicast packets flooding the network.

Some options could be considered, e.g., by configuration of the T-TCs with insertion of a VLAN tag in the frames carrying PTP. In this case all T-TCs in the PTP communication path where this option is used should support this option. The last T-TC node would need to remove the VLAN tag. By using this option to connect the physical ports of the T-GM, T-BC, and T-TSCs through VLAN virtual connections across the T-TCs, the multicast flooding can be avoided. In this way the PTP port of a T-GM, T-BC or T-TSC would never process a VLAN tagged frame.

The related operational implications would need to be carefully considered.

## Appendix II

### Considerations on the transmission of Delay\_Req messages

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

This appendix discusses the requirements defined in [IEEE 1588] for the transmission of *Delay\_Req* messages when using the default uniform distribution defined in bullet 3 of clause 9.5.11.2 of [IEEE 1588]. This uniform distribution is not used in the PTP telecom profile defined in this Recommendation; a profile-specific distribution has been defined in clause 6.2.8.

The second dashed item of the requirements defined in clause 9.5.11.2 of [IEEE 1588] controls the variability of the times between successive *Delay\_Req* messages. It is analogous to the corresponding requirement for the sending of *Sync* and *Announce* messages, given in clause 7.7.2.1 of [IEEE 1588]. However, a key difference is that, while the requirement for *Sync* messages applies to the population of inter-message intervals, the requirement for *Delay\_Req* messages applies only to the mean of the population.

To be more precise, assume that a population of  $N$  inter-message intervals has been measured, and let  $T_j$  be the measured values,  $j = 1, 2, \dots, N$ . The sample mean,  $m$ , is just the numerical average, i.e.,

$$m = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j \quad (\text{II.1})$$

Let  $T_{min}$  be the minimum *Delay Request* interval; it is equal to  $2^{\text{portDS.logMinDelayReqInterval}}$  s. The second dashed item above states that the mean of the distribution must be greater than or equal to  $T_{min}$  with 90% or greater statistical confidence.

The statistical test for this is well-known, and is based on the fact that the distribution of  $m$  approaches a normal distribution as  $N$  becomes large (i.e., it is based on the central limit theorem). Let  $\sigma$  be the standard deviation of the distribution of the inter-message times, i.e., the distribution of the  $T_j$ . Let  $z_{0.90}$  be the 90th percentile of the standard normal distribution; it is given by  $z_{0.90} = 1.281$ . Then, the probability that the true mean of the distribution exceeds the quantity

$$q_{0.1} = m - z_{0.90} \sqrt{\frac{\sigma}{N}} \quad (\text{II.2})$$

is 0.9, i.e., 90%. The probability that the mean of the distribution is less than this value is 0.1. In addition, if  $\sigma$  is not known, the sample standard deviation,  $s$ , may be used in equation (II.2) and the Normal distribution is replaced by the Student- $t$  distribution with  $N - 1$  degrees of freedom. The sample standard deviation is given by:

$$s = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (T_j - m)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{II.3})$$

To meet the requirement, the quantity  $q_{0.1}$  must exceed  $T_{min}$ . It is seen from equation (II.2) that  $q_{0.1}$  approaches  $m$  as  $N$  approaches infinity. Since  $m$  converges to the mean of the distribution of inter-message times as  $N$  approaches infinity, the requirement can be met for sufficiently large  $N$  as long as the mean of the distribution exceeds  $T_{min}$ . The mean of the distribution must exceed  $T_{min}$ ; the requirement cannot be met if the mean of the distribution is exactly equal to  $T_{min}$  or less than  $T_{min}$ .

If it is chosen to comply with the requirement of the third dashed item of clause 9.5.11.2 of [IEEE 1588], one way of meeting this requirement is to increase the upper end of the probability distribution by 10%. If this is done, the transmission times are selected such that the interval between successive *Delay\_Req* messages is taken from a uniform distribution over the interval between 0 and  $2.2T_{min}$ . A new random value for the transmission interval is computed for each message transmitted. When computing the mean *Delay\_Req* interval from measured samples to check if it exceeds  $T_{min}$  with 90% or greater statistical confidence (if the third dashed item is used), the number of measured samples  $N$  must be at least 1000. The granularity of the distribution must be less than or equal to  $1/16$  *Sync* interval.

If it is chosen to meet the requirement of the fourth dashed item of clause 9.5.11.2 of [IEEE 1588], a *Delay\_Req* message is transmitted as soon as possible after receipt of a *Sync* message, subject to not violating the second dashed item.

## Appendix III

### **Considerations on the choice of the PTP Ethernet multicast destination address**

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

This PTP profile supports both the non-forwardable multicast address 01-80-C2-00-00-0E and forwardable multicast address 01-1B-19-00-00-00 when the PTP mapping defined in Annex F of [IEEE 1588] is used.

The Ethernet multicast address to be used depends on the operator policy; further considerations are provided hereafter.

Layer 2 bridging function associated with the PTP port of a T-BC or T-TC should not forward any frame with destination MAC address 01-1B-19-00-00-00; this could be done by properly provisioning this multicast address in the filtering database.

#### **Option 1 – Use of the non-forwardable multicast address 01-80-C2-00-00-0E**

Some network operators consider that the PTP messages must never be forwarded through PTP-unaware network equipment.

The use of the non-forwardable multicast address 01-80-C2-00-00-0E guarantees this property most of the time (exceptions exist for some older Ethernet equipment).

Therefore, in the case of network equipment misconfiguration (e.g., if the PTP functions are not enabled in PTP-aware network equipment), the use of this multicast address prevents incorrect distribution of synchronization, since the PTP messages will be blocked by the PTP-unaware network equipment.

#### **Option 2 – Use of the forwardable multicast address 01-1B-19-00-00-00**

Some network operators consider that using a forwardable multicast address is more flexible and that it is preferable to forward the PTP messages to keep the synchronization link running in case some equipment is misconfigured as non PTP nodes, although there are potentially risks of performance degradation. The network management system (NMS) will easily find the misconfiguration and will send alarms.

However, it is possible to block the PTP messages by properly provisioning this multicast address in the filtering database of each Ethernet equipment.

## Appendix IV

### Considerations on the use of priority2

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

The PTP attribute priority2 is configurable in this profile. In some special circumstances, the use of the priority2 attribute can simplify the network management. This appendix describes two use cases; other possible cases are for further study.

#### Case 1

Operators can configure the PTP attribute priority2 to make all of the T-BCs either traceable to one T-GM, or traceable to two different T-GMs at the same time.

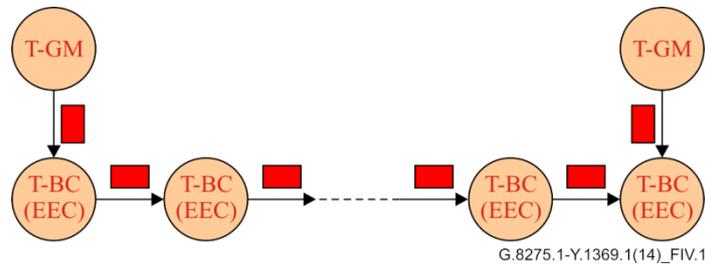


Figure IV.1 – Use of priority2 with two T-GMs in the network

For example, in Figure IV.1, if all other PTP attributes of the two T-GMs are the same, and the two T-GMs are configured with the same priority2 value, each T-BC will select the T-GM with the shortest path. If the two T-GMs are configured with different priority2 values, all of the T-BCs will synchronize to the T-GM with the smallest priority2 value.

#### Case 2

Operators can configure the PTP attribute priority2 to prevent the T-BCs of an upstream network from synchronizing with the T-BCs of a downstream network when the T-GM is in failure.

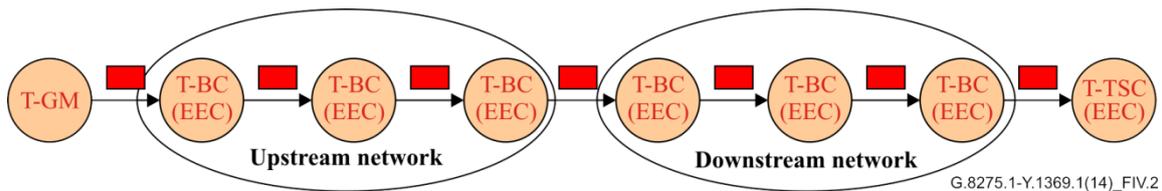


Figure IV.2 – Use of priority2 with T-BCs of different network layers

For example, in Figure IV.2, if all other PTP attributes of all of the T-BCs are the same, and the PTP attribute priority2 of all of T-BCs are configured with the same value, then when the T-GM is in failure, the T-BCs in the upstream network can synchronize with the T-BCs in the downstream network, depending on the clockIdentity values of all of the T-BCs. If the T-BCs in the upstream network are configured with a smaller priority2 value than the T-BCs in the downstream network then, when the T-GM is in failure, the T-BCs in the downstream network will synchronize to the T-BCs in the upstream network.

## Appendix V

### Description of PTP clock states and associated contents of Announce messages

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

#### V.1 Purpose of the appendix

This appendix provides information related to possible T-GM and T-BC clock states. The intention of the clock state information is to provide a high-level indication of the operational status of the entire clock as opposed to just individual PTP ports. It provides a mapping between the clock states and PTP port states as defined in [IEEE 1588]. In addition, it provides a table showing the content of the *Announce* message fields that will occur in the various clock states.

The Acquiring clock state, if included in an implementation, allows a T-GM or a T-BC to delay the distribution of GM information transmitted by the clock. The purpose of this Acquiring clock state is to allow a T-GM or a T-BC some time to establish a timescale with acceptable accuracy before using it for the clock's node time.

NOTE – The procedures defined within this appendix for the Acquiring clock state are not compliant to the procedures of [IEEE 1588] and the delay introduced by this state can impact the overall settling time during PTP topology rearrangements.

Network deployments including clocks using the procedures of this Appendix are under operator responsibility.

#### V.2 Description of the states

– Free-Run state

The PTP clock has never been synchronized to a time source and is not in the process of synchronizing to a time source.

As it relates to the PTP port state defined in [IEEE 1588], a clock is in Free-Run state if there are no PTP ports in: MASTER, PRE-MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED or SLAVE states.

– Acquiring state

The PTP clock is in process of synchronizing to a time source. The duration and functionality of this state is implementation specific. This state is not required in an implementation.

As it relates to the PTP port state defined in [IEEE 1588], a clock is in Acquiring state if there is a PTP port in UNCALIBRATED state.

– Locked state

The PTP clock is synchronized to a time source and is within some internal acceptable accuracy.

As it relates to the PTP port state defined in [IEEE 1588], a clock is in Locked state if there is a PTP port in SLAVE state.

– Holdover-In-Specification state

The PTP clock is no longer synchronized to a time source and is using information obtained while it was previously synchronized or other information sources were still available, to maintain performance within desired specification. The node may be relying solely on its own facilities for holdover or may use something like a frequency input from the network to achieve a holdover of time and/or phase.

As it relates to the PTP port state defined in [IEEE 1588], a clock is in Holdover-In-Specification state if there are no PTP ports in: INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED or SLAVE states, and performance is within desired specification.

– Holdover-Out-Of-Specification state

The PTP clock is no longer synchronized to a time source and, while it may be using information obtained while it was previously synchronized or other information sources were still available, it is unable to maintain performance within desired specification.

As it relates to the PTP port state defined in [IEEE 1588], a clock is in Holdover-Out-Of-Specification state if there are no PTP ports in: INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED or SLAVE states, and performance is not within desired specification.

### V.3 Example of mapping between PTP port states and PTP clock states for a 3-port T-BC

1 Table V.1 – PTP port state vs clock state mapping

Telecom boundary clock					
Trigger event	Port state			Clock state	Notes
	Port 1	Port 2	Port 3		
Power up of PTP	INITIALIZING	INITIALIZING	INITIALIZING	Free-Run	No port in MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED, or SLAVE
Clock completes initialization	LISTENING	LISTENING	LISTENING	Free-Run	No port in MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED, or SLAVE
Qualified <i>Announce</i> received from foreign master on port P1	UNCALIBRATED	LISTENING	LISTENING	Acquiring	A port is in UNCALIBRATED state
ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES event on ports P2 and P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Acquiring	A port is in UNCALIBRATED state
Calibration finished on port P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Locked	A Slave port exists on the node
ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES event on port P1	MASTER	MASTER	MASTER	Holdover-In-Specification	Start holdover timer No port in SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING, or INITIALIZING
Holdover timer expires	MASTER	MASTER	MASTER	Holdover-Out-Of-Specification	Holdover timer expired and no port in SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING, or INITIALIZING
Port P3 receives qualified <i>Announce</i> with clockClass = 7	MASTER	MASTER	UNCALIBRATED	Acquiring	A port is in UNCALIBRATED state
Calibration finished on port P3	MASTER	MASTER	SLAVE	Locked	A Slave port exists on the node
Port P1 receives qualified <i>Announce</i> with clockClass = 6	UNCALIBRATED	MASTER	PRE_MASTER	Acquiring	A port is in UNCALIBRATED state
QUALIFICATION_TIMEOUT_EXPIRES event on port P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Acquiring	A port is in UNCALIBRATED state
Calibration finished on port P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Locked	A Slave port exists on the node

#### V.4 T-GM Announce message contents based on the internal PTP clock states

2 Table V.2 – T-GM Announce message contents

Announce message fields	Free-Run state	Acquiring state	Locked state	Holdover-In-Specification state	Holdover-Out-Of-Specification State
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	Local clockId of the T-GM + Port Number	Local clockId of the T-GM + Port Number	Local clockId of the T-GM + Port Number	Local clockId of the T-GM + Port Number	Local clockId of the T-GM + Port Number
leap61 (header.flagField)	FALSE	From Time Source	From Time Source	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	From Time Source	From Time Source	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE [Implementation Specific]	TRUE	TRUE	TRUE/FALSE [Implementation Specific]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE based on Frequency Source lock	TRUE	TRUE/FALSE based on Frequency Source lock	TRUE/FALSE based on Frequency Source lock
currentUtcOffset	35	Based on input reference UTC offset	Based on input reference UTC offset	Last known UTC offset	Last known UTC offset
grandmasterPriority1	128 (default)	128 (default)	128 (default)	128 (default)	128 (default)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Implementation specific, generally previous state 7/140/150/160/248	6	7	140/150/160
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Unknown (0xFE)	Unknown (0xFE)	Time is accurate within 100 ns (0x21)	Unknown (0xFE)	Unknown (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (default)	0xFFFF (default)	0x4E5D	0xFFFF (default)	0xFFFF (default)
grandmasterPriority2	Configured priority2 of the T-GM	Configured priority2 of the T-GM	Configured priority2 of the T-GM	Configured priority2 of the T-GM	Configured priority2 of the T-GM
grandmasterIdentity	Local clockId of the T-GM	Local clockId of the T-GM	Local clockId of the T-GM	Local clockId of the T-GM	Local clockId of the T-GM
stepsRemoved	0	0	0	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	As per PTP	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

V.5 T-BC Announce message contents based on the internal PTP clock states

3 Table V.3 – T-BC Announce message contents

Announce message fields	Free-Run state	Acquiring state	Locked state	Holdover-In-Specification state	Holdover-Out-Of-Specification state
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	Local clockId of the T-BC + Port Number	Local clockId of the T-BC + Port Number	Local clockId of the T-BC + Port Number	Local clockId of the T-BC + Port Number	Local clockId of the T-BC + Port Number
leap61 (header.flagField)	FALSE	(Note)	(Note)	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	(Note)	(Note)	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE	(Note)	TRUE	TRUE/FALSE [Implementation Specific]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	(Note)	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	(Note)	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE /FALSE based on Frequency Source lock	(Note)	TRUE /FALSE based on Frequency Source lock	TRUE /FALSE based on Frequency Source lock
currentUtcOffset	35	Last known UTC offset	(Note)	Last known UTC offset	Last known UTC offset
grandmasterPriority1	128 (default)	128 (default)	(Note)	128 (default)	128 (default)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Implementation specific, generally previous state. 135/165/248	(Note)	135	165
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Unknown (0xFE)	Unknown (0xFE)	(Note)	Unknown (0xFE)	Unknown (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (default)	0xFFFF (default)	(Note)	0xFFFF (default)	0xFFFF (default)
grandmasterPriority2	Configured priority2 of the T-BC	Configured priority2 of the T-BC	(Note)	Configured priority2 of the T-BC	Configured priority2 of the T-BC
grandmasterIdentity	Local clockId of the T-BC	Local clockId of the T-BC	(Note)	Local clockId of the T-BC	Local clockId of the T-BC
stepsRemoved	0	0	Received stepsRemoved +1	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	(Note)	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

NOTE – The value sent in the *Announce* message corresponds to the value of the current GM.

## Appendix VI

### Operations over link aggregation

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

When two devices embedding PTP clocks compliant with this profile are connected via a link aggregation (LAG) as defined in [b-IEEE 802.1AX], each physical link should be accessed directly to transmit PTP messages, bypassing the LAG. This method prevents potential asymmetries that may be present when the forward and reverse paths are delivered over different links belonging to the LAG.

Alternative solutions taking advantage of some LAG features exist, such as the bidirectional congruity as defined by [b-IEEE 802.1AX]. These solutions are for further study.

For the scenarios currently considered, the insertion of a VLAN tag in the frames carrying PTP messages is not allowed. However, the bidirectional congruity alternative solution can be applied to untagged PTP frames by assigning a conversation ID equal to zero to a given physical link.

## Appendix VII

### Relationship between clockClass and holdover specification

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

The clockClass values that are used in this profile are described in Table 2. The values may be divided into four different categories:

- 1) T-GM locked to a PRTC or ePRTC;
- 2) T-GM or T-BC in holdover, within holdover specification;
- 3) T-GM or T-BC in holdover, outside of holdover specification;
- 4) Slave clock, or clock that has not been synchronized.

A short footnote (Note 1 of clause 6.4) refers to Appendix V of [ITU-T G.8271.1] for more information on the meaning of "in holdover, within holdover specification" and "in holdover, out of holdover specification". That appendix describes possible budget models for the synchronization performance. The exact model depends on the operator's network and design parameters, but each budget is broken down into several components:

- 1) PRTC/T-GM allocation;
- 2) Random time error from noise accumulation through the network (dT<sub>E</sub>);
- 3) Node asymmetry (cT<sub>E</sub>, the sum of the asymmetry of all the nodes in the system);
- 4) Link asymmetry (cT<sub>E</sub>, the sum of the asymmetry of all the links in the system);
- 5) Holdover budget;
- 6) End application budget.

Table V.1 of [ITU-T G.8271.1] shows that for one example budget, 400 ns may be allocated to holdover within the network (this is termed failure scenario (b) in the table). The operator may have different budget allocations, depending on their deployment scenario. The 400 ns holdover budget is allocated to the entire synchronization chain, and not to an individual clock.

The intended operation of the T-GM is, therefore, as follows:

- When the T-GM is synchronised to a PRTC locked to GNSS, it outputs clockClass 6.
- If the PRTC loses its connection to GNSS, it enters holdover. The T-GM should degrade the advertised clockClass to indicate "in holdover, but within holdover specification" (clockClass 7).
- The T-GM estimates when the holdover budget will potentially be exceeded. Factors to consider include the known quality of any external frequency support (e.g., SyncE QL), temperature variations, and/or the quality of the internal oscillator.
- When the T-GM considers that the clock is out of holdover specification (i.e., it is now estimated to have drifted by more than the holdover budget), the T-GM will advertise a clockClass of 140, 150 or 160.

In the event of a network failure, where the T-GM is disconnected from the synchronization chain, a T-BC will take over as the grandmaster of the chain. That T-BC will be operating in holdover. The clockClass that the T-BC is allowed to advertise depends on the clockClass of the T-GM to which it was synchronized prior to losing connectivity.

For example, if the T-BC was synchronized to a T-GM of clockClass 6, none of the holdover budget will have been consumed, and therefore the T-BC may use a clockClass indicating "within holdover specification" (e.g., clockClass 135). This value is chosen to be higher than that of a T-GM that is out of holdover specification, since the T-BC is likely to have more accurate time because it has been locked to a traceable time source more recently. Therefore, if the two clocks (a T-BC in holdover, within holdover specification

and a T-GM in holdover, but out of holdover specification) are compared in the Alternate BMCA operation of a subsequent clock, the subsequent clock will synchronize to the T-BC that is within holdover specification instead of a T-GM that is out of holdover specification.

In another example, if the T-BC was synchronized to a T-GM indicating that it is in holdover but out of holdover specification (e.g., clockClass 140, 150 or 160), the T-BC should also use a clockClass indicating "out of holdover specification" (e.g., clockClass 165). This is because the T-GM was indicating that, in its estimation, the holdover budget has already been consumed.

In a final example, if the T-BC was synchronized to a T-GM that was already in holdover but still within the holdover specification, the T-BC could indicate "within holdover specification". However, some of the holdover budget will have already been consumed by the T-GM. If it is not known how much of the budget is left, the T-BC should indicate "out of holdover specification".

## Appendix VIII

### Considerations on a T-TSC connected to an end application

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

The default T-TSC clockclass 255 implies that the T-TSC will always lock to an external PTP reference when available.

The actual synchronization source ultimately used by the end application depends on the applicable synchronization needs. This process is out of the scope of this recommendation.

As an example, the decision to use the PTP reference that has been selected by the T-TSC (e.g., instead of entering holdover), could depend on the actual clockQuality, frequencyTraceable flag, timeTraceable flag, and synchronizationUncertain flag associated to the external PTP reference. Additional aspects as related to performance monitoring of the external reference might also be considered. This is implementation specific.

As an example, when it is required to meet the network timing requirements as per e.g., [ITU-T G.8271.1], it would be necessary that the external PTP reference has clockClass 6, 7 or 135 and that the timeTraceable flag is TRUE in order to be used by the end application. When this condition is not met, the end application may decide to enter holdover (either using the internal oscillator or driven by SyncE).

## Appendix IX

### Calculation of offsetScaledLogVariance for T-GM timed by PRTC or ePRTC

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

#### IX.1 Observation interval and TDEV noise generation

The offsetScaledLogVariance is an offset, scaled representation of the PTP variance (PTPVAR). PTPVAR is described in clause 7.6.3 of [IEEE 1588]; it is equal to Allan variance multiplied by  $\tau^2/3$ , where  $\tau$  is the observation interval. PTP variance is therefore not a single value; it is a function of observation interval. Clause 7.6.3 of [IEEE 1588] specifies that the observation interval  $\tau$  shall be the value defined in the applicable PTP profile. Clause 7.6.3 of [IEEE 1588] refers to  $\tau$  as the sampling period. However, comparison of the equations in clause 7.6.3.2 of [IEEE 1588] with the equations for Allan variance in clause II.1 of [ITU-T G.810] indicates that  $\tau$  in clause 7.6.3 of [IEEE 1588] is the observation interval of [ITU-T G.810], and not the sampling interval  $\tau_0$ .

The offsetScaledLogVariance, i.e., defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance, is a clock attribute used in the BMCA. As indicated in clause 7.6.3.5 of [IEEE 1588], it is "an estimate of the variations of the local clock from a linear timescale when it is not synchronized to another clock using the protocol" (quoted text is from [IEEE 1588]; the "protocol" refers to the PTP protocol). Since a clock is not synchronized to another clock via PTP when it is grandmaster, the offsetScaledLogVariance should represent the long-term noise that the clock generates, because it is this noise that is generated if the clock is grandmaster. Therefore, the observation interval should be the longest interval over which noise generation for the clock in question is specified.

For a T-GM timed by a PRTC, i.e., a clock that meets the requirements of [ITU-T G.8272], the longest observation interval for which noise generation TDEV is specified is 10000 s (see Figure 2 of [ITU-T G.8272]). For this interval, TDEV is 30 ns. The specified noise type for intervals ranging from 1000 s to 10000 s is flicker phase modulation (FPM), with TDEV equal to 30 ns in this range. For a T-GM timed by an ePRTC, the longest observation interval for which noise generation TDEV is specified is  $10^6$  s. For this interval, TDEV is 10 ns. The specified noise type for intervals ranging from  $3 \times 10^5$  s to  $10^6$  s is FPM, with TDEV equal to 10 ns in this range.

The value of the observation interval is not used directly in the PTP protocol, and is not carried in any PTP messages. It is used only in evaluating PTP variance.

The above values of observation interval and corresponding noise generation TDEV, for the PRTC and ePRTC, are summarized in Table IX.1.

**4 Table IX.1 – Observation intervals, and corresponding noise generation TDEV values and noise type, for T-GM timed by PRTC and T-GM timed by ePRTC**

Clock that T-GM is timed by	Observation interval ( $\tau$ ) for offsetScaledLogVariance (s)	$n = \tau / \tau_0$ (see clause IX.2 below)	Noise type	TDEV (ns)
PRTC	1000 – 10000	$1.6 \times 10^4$ to $1.6 \times 10^5$	FPM	30
ePRTC	300 000 – 1 000 000	$4.8 \times 10^6$ to $1.6 \times 10^7$	FPM	10

#### IX.2 Computation of PTP variance from TDEV

The next step is to compute PTP variance from the TDEV values given in the previous clause. Since PTP variance is equal to  $\tau^2/3$  multiplied by Allan variance, and time variance (TVAR) is equal to  $\tau^2/3$  multiplied by modified Allan variance, the ratio of TVAR to PTP variance is equal to the ratio of modified Allan variance (MVAR) to Allan variance. This latter ratio is discussed and computed

for various noise types in section A.6 of [b-Sullivan]. The results given there are based on [b-Walls] and [b-Lesage]. In addition, the relations between power spectral density (PSD) and Allan variance are given in Table 5.4 of [b-Bregni], and between PSD and modified Allan variance in Table 5.5 of [b-Bregni] (when using relations between PSD and various time-domain stability parameters, it is important to take note of whether the PSD is of time ( $S_x(f)$ ) or of frequency ( $S_y(f)$ )).

Let  $n$  be the ratio of observation interval  $\tau$  to sampling interval  $\tau_0$ , i.e.,  $\tau = n\tau_0$ . In general, the ratio of MVAR to AVAR, denoted  $R(n)$ , depends on  $n$ , though at least for the noise types white phase modulation (WPM), flicker FPM, white frequency modulation (WFM), flicker frequency modulation (FFM), and random-walk frequency modulation (RWFm), it approaches an asymptotic value for large  $n$ . In addition, for the case of FPM  $R(n)$  depends on the measurement system bandwidth (for WPM, both AVAR and MVAR individually depend on measurement system bandwidth, though their ratio does not). Since time synchronization information from whichever clock is selected as grandmaster is transported via Sync messages, the sampling interval  $\tau_0$  can be taken equal to the Sync interval. The actual successive Sync intervals vary with time, as allowed by clause 7.7.2.1 of [IEEE 1588]; for simplicity, we may take  $\tau_0$  equal to the mean Sync interval. This is 1/16 s in [ITU-T G.8275.1]. Then, using the observation interval values in Table IX.1 above, the corresponding values of  $n$  range from  $1.6 \times 10^4$  to  $1.6 \times 10^5$  for a T-GM timed by a PRTC, and from  $4.8 \times 10^5$  to  $1.6 \times 10^5$  for a T-GM timed by an ePRTC. The values of  $n$  are also summarized in Table 1 above.

From Table IX.1, it is seen that the range of  $n$  is different for the PRTC and ePRTC. This means that, even though the noise type in the ranges of interest for these clocks is the same,  $R(n)$  will be different, and TVAR for each clock will be adjusted by a different factor to obtain PTPVAR. However, the PRTC and ePRTC stability (as well as the stability of other clocks used in telecommunications) are specified using TDEV (i.e., square root of TVAR), and not using PTPDEV or PTPVAR. It therefore would be desirable to adjust TVAR for the PRTC and ePRTC by the same factor. In previous work, in which TVAR for the PRTC was compared to TVAR for a T-BC timed by SyncE,  $R(n)$  was equal to 0.787. This value is used here for convenience, for both the PRTC and ePRTC.

With the above assumption, PTPVAR for the PRTC is given by:

$$\text{PTPVAR (PRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(30 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0.787} = 1.144 \times 10^{-15} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.1})$$

and PTPVAR for the ePRTC is given by:

$$\text{PTPVAR (ePRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(10 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0.787} = 1.271 \times 10^{-16} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.2})$$

### IX.3 Computation of offsetScaledLogVariance from PTP variance

offsetScaledLogVariance is now computed from the PTPVAR results of the previous clause, using the procedure described in clause 7.6.3.3 of [IEEE 1588]. This procedure is:

- a) The logarithm to base 2 of PTPVAR expressed in units of  $\text{s}^2$  is computed;
- b) The result of (a) is multiplied by  $2^8$  to produce a scaled value;
- c) The scaled value is modified per the hysteresis specification of clause 7.6.3.3 of [IEEE 1588]. (This step is not needed here, because offsetScaledLogVariance is being computed from a specification, rather than from real-time measurements.);
- d) The result of (c) is represented as a 2s complement Integer16 (i.e., it is represented as a signed integer, where negative values are represented in 2s complement form (since PTPVAR is less than  $1 \text{ s}^2$  in almost all cases of practical interest, and certainly in the cases described in the previous clause, the result of (c) will almost always be negative));
- e) The value 0x8000 is added to the result of (d), and any overflow is ignored;

- f) The result of (e) is cast as an Integer16. This result, which may also be expressed in writing in hexadecimal form, is offsetScaledLogVariance.

### IX.3.1 Computation of offsetScaledLogVariance for a T-GM timed by a PRTC

From Eq. (IX.1),  $PTPVAR = 1.144 \times 10^{-15} s^2$ . Using steps (a) – (f) above, we obtain

$$\begin{aligned} \log_2(PTPVAR) &= \frac{\ln(1.144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -49.6348 \\ 2^8 \log_2(PTPVAR) &= \frac{(256) \ln(1.144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -12706.5176 \cong -12707 \end{aligned} \quad (IX.3)$$

Representing the above as a signed integer in 2s complement form produces

$$12707 = 31A3_{16} \Rightarrow CE5C_{16} \text{ (1s complement form)} \Rightarrow CE5D_{16} \text{ (2s complement form)} \quad (IX.4)$$

Adding  $8000_{16}$  to the above and ignoring any overflow produces

$$CE5D_{16} + 8000_{16} = 14E5D_{16} \Rightarrow 4E5D_{16} \quad (IX.5)$$

The resulting offsetScaledLogVariance is  $4E5D_{16}$ .

### IX.3.2 Computation of offsetScaledLogVariance for a T-GM timed by an ePRTC

The logarithm to base 2 of PTPVAR expressed in units of  $s^2$  is computed and the result is multiplied by  $2^8$  to produce a scaled value.

$$\begin{aligned} \log_2(PTPVAR) &= \frac{\ln(1.271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -52.8049 \\ 2^8 \log_2(PTPVAR) &= \frac{(256) \ln(1.271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -13518.0507 \cong -13518 \end{aligned} \quad (IX.6)$$

Representing the above as a signed integer in 2s complement form produces

$$13518 = 34CE_{16} \Rightarrow CB31_{16} \text{ (1s complement form)} \Rightarrow CB32_{16} \text{ (2s complement form)}. \quad (IX.7)$$

Adding  $8000_{16}$  to the above and ignoring any overflow produces

$$CB32_{16} + 8000_{16} = 14B32_{16} \Rightarrow 4B32_{16} \quad (IX.8)$$

The resulting offsetScaledLogVariance is  $4B32_{16}$ .

## Bibliography

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2014), IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation.
- [b-Bregni] Stefano Bregni, (2002), Synchronization of Digital Telecommunications Networks, Wiley.
- [b-Lesage] Paul Lesage and Theophane Ayi (1984), Characterization of Frequency Stability: Analysis of the Modified Allan Variance and Properties of Its Estimate, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. IM 33, No. 4 (included in [b-Sullivan] as paper D.6).
- [b-Sullivan] D.B. Sullivan, D.W. Allan, D.A. Howe, and F.L. Walls (1990), Characterization of Clocks and Oscillators, NIST Technical Note 1337.
- [b-Walls] F.L. Walls, John Gary, Abbie O'Gallagher, Roland Sweet, and Linda Sweet (1991), Time Domain Frequency Stability Calculated from the Frequency Domain Description: Use of the SIGINT Software Package to Calculate Time Domain Frequency Stability from the Frequency Domain, NIST Report NISTR 89-3916 Revised (revision of 1989 version of this report).