

# TR-G8275

## 「パケットベースの時刻と位相の分配に関する アーキテクチャと要求」の技術レポート

Technical Report on Architecture and requirements  
for packet-based time and phase distribution

第1版

2015年11月30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. パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャと要求の技術レポート.....	- 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>.....	- 6 -
II. 概要説明.....	- 7 -
III. 調査対象勧告和訳.....	- 16 -

## I. パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャと要求の技術レポート

### 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/Y.1369 勧告「パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャと要求 ”Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution”」の調査結果を報告する。

### 2. 調査報告概要

ITU-T G.8275/Y.1369 (11/2013) 勧告に相当する本技術レポート TR-G8275 では、パケットベースの時刻および位相の分配に関する IEEE 1588 を用いたアーキテクチャおよび要求事項の規定を説明している。本勧告によるアーキテクチャは時刻と位相の分配に関するテレコムプロファイル (ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 勧告) を開発するための元になるものである。

- パケットベースの時刻/位相分配の要件
- パケットベースの時刻/位相分配のアーキテクチャ
  - 時刻/位相分配
  - プロテクション
  - 分割されたパケットネットワークへの対応
- セキュリティ
- 運用管理
- ITU-T G.805 勧告に基づく時刻/位相モデル

第6章では、パケットベースの時刻と位相の分配に対する要件について概説されている。ネットワーク基盤が従来の TDM ベースからパケットベースへの進化に伴った同期分配に対する要件として、高精度タイム・プロトコル (PTP) を用いたパケットベースの時刻と位相の分配に関する要件が説明されている。第7章では、パケットベースの時刻/位相分配のアーキテクチャについて概説されている。第8章ではセキュリティに関して特に重要な見解、不正なクロック・マスタへの接続を避けることが重要な点が概説されているが、詳細については今後の検討課題となる。第9章ではネットワーク管理の見解について記載される予定である。付属資料 A では ITU-T G.805 に記載のモデルを元に時刻/位相モデルへの拡張が説明されている。前記付属資料 A 以降は Appendix I 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/Y.1369 (11/13) 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の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/Y.1369 勧告はパケットベースの時刻および位相の分配に関する IEEE 1588 を用いたアーキテクチャおよび要求事項の規定を説明しているが、本勧告に含まれていない本国特有の技術の展開などが計画されていないので、現時点での TTC 標準化は見送ることとした。

今後は、国内の市場からの要求を鑑みながらパケットネットワークにおける同期技術に関する他勧告 (ITU-T G.826x 勧

告および G.827x 勧告) の調査を継続して行う予定である。

## <参考>

### (1) 国際勧告等との関連

本技術レポートは ITU-T G.8275/Y.1369 (11/2013) を調査したものである。ITU-T G.8275/Y.1369 Amendment 1 (01/2015)が出版済みであるが、本 TR では未反映である。

### (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	2015年11月30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

情報転送専門委員会

## II. 概要説明

説明資料	<b>TTC技術レポート概要報告</b>	
<b>TR-G8275</b>		
<b>「パケットベースの時刻と位相の分配に関する アーキテクチャと要求」 の技術レポート</b>		
(Technical Report on Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution)		
一般社団法人情報通信技術委員会 (TTC) 情報転送専門委員会 (WG1300) 2015/11/30		
		1

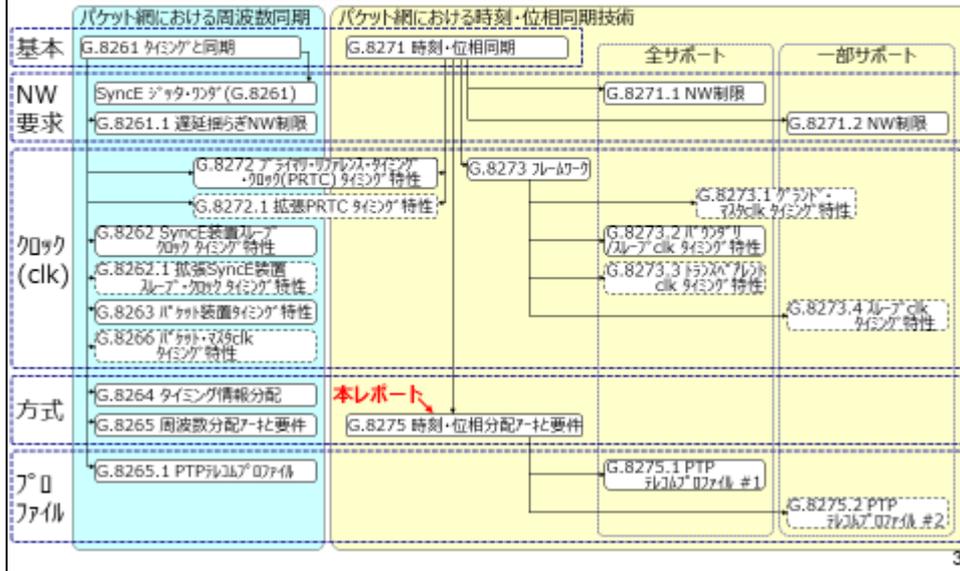
はじめに	
<ul style="list-style-type: none"><li>□ ITU-Tにおいては、パケットネットワークにおけるネットワーク同期に関する複数の勧告<sup>(1)</sup>を発行している。これらの勧告で標準化される同期技術はモバイル通信網のバックボーンのアプリケーションとして注目されている</li><li>□ TTCにおいては、これらの勧告による技術の概要と翻訳を国内に広め、本分野での産業界への貢献を目指している</li><li>□ これまでにITU-T G.8260、G.8261、G.8262勧告のTTC技術レポートをTR-G8260、TR-G8261、TR-G8262として発行。</li><li>□ 本技術レポートでは、時刻と位相の分配に関連する勧告であるITU-T G.8275/Y.1369勧告<sup>(2)</sup>「パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャと要求」(Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution)の調査結果を報告する</li></ul>	
<p><sup>(1)</sup> 2015年03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.8271/Y.1366、G.8271.1/Y.1366.1、G.8272/Y.1367、G.8273/Y.1368、G.8273.2/Y.1368.2、G.8275/Y.1369、G.8275.1/Y.1369.1 詳細は本資料の3頁を参照</p> <p><sup>(2)</sup> 調査対象とした勧告はITU-T G.8275/Y.1369 (11/2013)</p>	
	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



3

## TR-G8275の要旨

- ITU-T G.8275/Y.1369(11/2013)勧告に相当するTR-G8275ではパケットベースの時刻および位相の分配に関するIEEE 1588を用いたアーキテクチャおよび要求事項を規定。

本勧告によるアーキテクチャは時刻と位相の分配に関するテレコムプロファイル (ITU-T G.8275.1/Y.1369.1勧告)を開発するための元になるものである。

- ✓ パケットベースの時刻/位相分配の要件
- ✓ パケットベースの時刻/位相分配のアーキテクチャ
  - 時刻/位相分配
  - プロテクション
  - 分割されたパケットネットワークへの対応
- ✓ セキュリティ (本版では未規定、今後の検討課題)
- ✓ 運用管理 (本版では未規定、今後の検討課題)
- ✓ ITU-T G.805勧告に基づく時刻/位相モデル

4

## TR-G8275 目次構成

TR-G8275目次構成		(参考) ITU-T G.8275/Y.1369 Table of contents	
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	パケットベースの時刻/位相分配の概略紹介	6	General introduction to packet-based time/phase distribution
7	パケットベースの時刻/位相分配のアーキテクチャ	7	Architecture of packet-based time/phase distribution
8	セキュリティの見地	8	Security aspects
9	管理の見地	9	Management aspects
付属資料A	ITU-T G.805に基づく時刻/位相モデル	Annex A	Time/phase models based on ITU-T G.805
注)	ITU-T G.8275/Y.1369(11/2013)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ないため本TRでの報告の対象外とした	Appendix 1	Architecture for time and phase distribution over a packet network providing partial timing support at the protocol level

5

## 第1章 Scope - 本勧告が対象とする領域

### IEEE 1588を用いたパケットベース方式の時刻と位相の分配に関するアーキと要求を提示

- パケットベース方式を用いた時刻と位相の分配に対するアーキテクチャを説明
- 高精度時刻プロトコル(PTP)である IEEE 1588 標準を用いた時刻と位相の分配を対象
- 通信事業者環境におけるパケットベースの時刻と位相の分配の実現に必要な関連規格の基礎となるアーキテクチャを規定
- アーキテクチャでは、パケット・マスタ・クロックとパケット・スレーブ・クロック間のプロトコル処理に関する全てのケースについて説明
- 必要なプロファイルの詳細は別の勧告で標準化される

6

ネットワーク基盤が従来のTDMベースからパケットベースへと進化したのに伴い、同期分配に対する要求も変化。本勧告では、高精度時刻プロトコル(PTP)を用いた、パケットベースの時刻と位相の分配に関する5つの要件を提示

1. 本アーキテクチャで定義される位相/時刻クロック間の相互接続性を考慮した規格化とする
2. 管理対象となる広域テレコムネットワークにおいて矛盾のない運用を可能にする
3. パケットベースのメカニズムは固定した配置で設計および構成された同期ネットワークを可能にすること
4. パケットベースのシステムによって用いられるプロテクション機構は標準テレコム運用の慣習に基づくべきであり、複数の地理的に離れたテレコム・グランド・マスタ(T-GM)クロックから位相と時刻を取得する能力をテレコム・タイム・スレーブ・クロック(T-TSC)に許容すべき
5. 受信した位相/時刻の追従可能性とローカル・プライオリティに基づいた位相/時刻基準ソースの選択は許容されなければならない。位相/時刻同期ネットワークのトポロジの自動的な確定も可能である

パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャを概説

- パケットベースの同期において、タイミングを示すために“イベント・パケット”を用いる
- タイミング情報がタイムスタンプの形で符号化
- タイムスタンプはパケット・マスタ機能を介して生成、パケット・スレーブ・クロックへ向けてパケットネットワーク上を転送
- マスタとスレーブ・クロックの間で伝送および他の要因による遅延の調整をプロトコルを用いて行うため、マスタ・クロックは同一の時刻基準となる
- 時刻は周波数の積算なので、周波数を導出するために時刻スタンプを利用可能(周波数同期に関してはITU-T G.8265, G.8265.1で勧告化される)
- 以下の節において下記の仕様を規定
  - 第7.1節 パケットベースの時刻と位相の分配
  - 第7.2節 時刻/位相プロテクションに対する見地
    - パケットマスタプロテクションに対して4つのPRTC位置に対応したシナリオを提示
    - パケットスレーブプロテクションに対して3つのシナリオを提示
  - 第7.3節 分割されたパケットネットワーク
    - モバイルバックホールでは複数ドメインに渡る動作を考慮すべきだが、今後の検討課題となっている



## 第7.2.2節パケットスレーブプロテクションの概説

- 下記の3つのプロテクションシナリオを提示
  - ✓ **シナリオ1:** 物理レイヤの周波数同期サポート有りでの、位相/時刻の長期ホールドオーバー
    - 位相/時刻のホールドオーバーは同期イーサネット(物理レイヤ)のサポートにより提供
    - シナリオ1に対しては下記の3つのサブシナリオが考えられる
      - a) **シナリオ1.1:** ホールドオーバーの間に使用される同期イーサネットの参照は、エンドアプリケーションで利用可能である。
      - b) **シナリオ1.2:** ホールドオーバーの間に使用される同期イーサネットの参照はPRTCで入手可能であり、また、そのPRTCはGNSS参照を失うことによりホールドオーバー状態に遷移しているPRTCである。エンドアプリケーションは、PTPを経由してPRTCからタイミングを受け取る。
      - c) **シナリオ1.3:** ホールドオーバーの間に使用される同期イーサネットの参照はPRTCで入手可能であり、また、そのPRTCはGNSS参照を失うことによりホールドオーバー状態に遷移しているPRTCである。エンドアプリケーションはPRTCと併設され、そこから直接タイミングを受信する。
  - ✓ **シナリオ2:** 物理レイヤの周波数同期サポート有りでの、代替基準への切り替え
    - 代替基準への再配置を伴うもの
    - 再配置を行う間の周波数基準は同期イーサネット(物理レイヤ)を経由して提供
  - ✓ **シナリオ3:** 物理レイヤの周波数同期サポート無しでの、代替基準への切り替え
    - 代替基準への再配置を伴うもの
    - 再配置を行う間の周波数基準はホールドオーバー中のエンドアプリケーションのクロックを経由して提供

11

## パケットスレーブプロテクション シナリオ1(1)

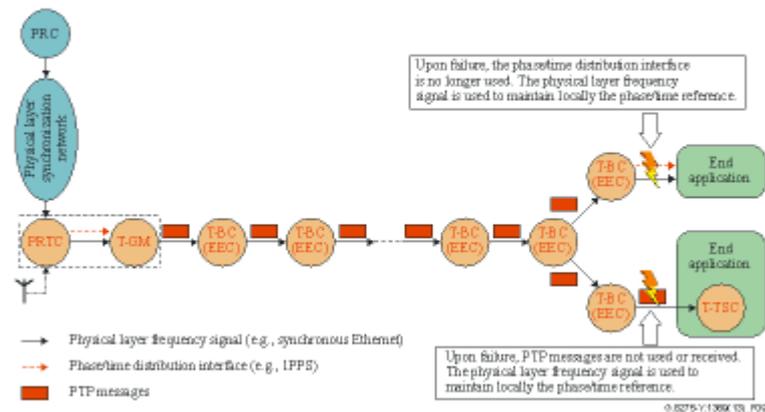


図 シナリオ1.1

12

# パケットスレーブプロテクション シナリオ1(2)

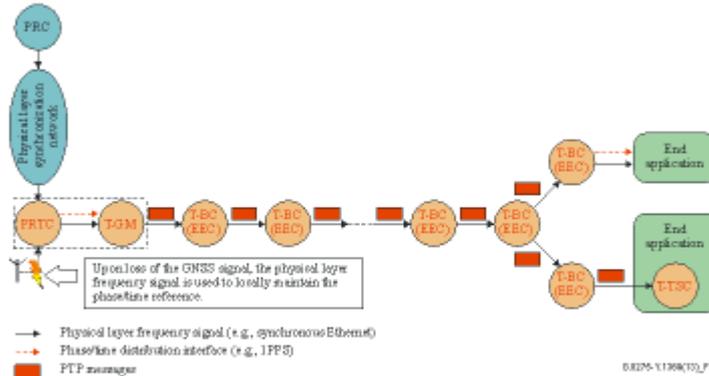


図 シナリオ1.2



図 シナリオ1.3

# パケットスレーブプロテクション シナリオ2

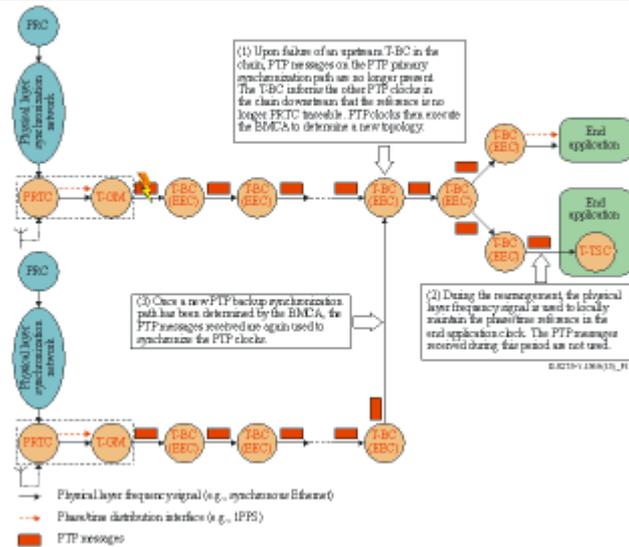


図 シナリオ2

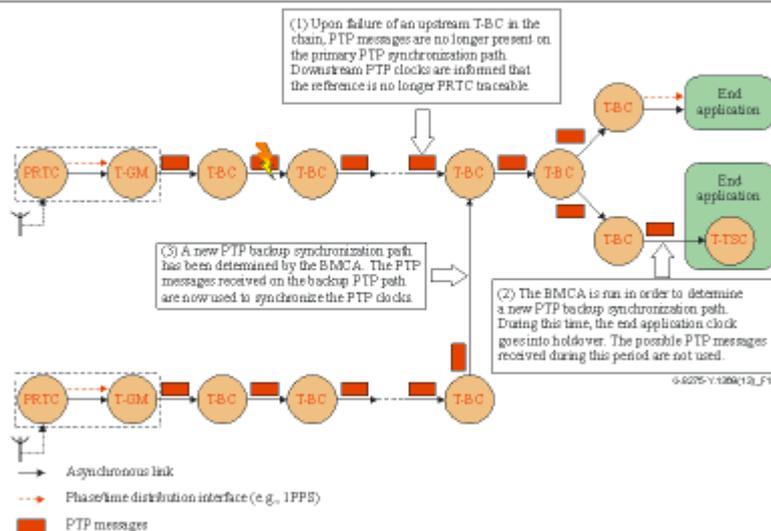


図: シナリオ3

第8章はセキュリティに関する重要な見解を下記に提示

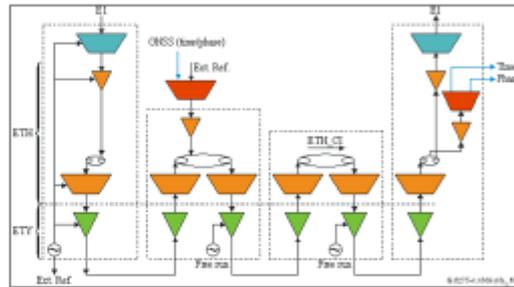
- 不正なマスタにスレーブが接続されることは避けられるべきである (これは、認証プロセス、或いは不正なマスタがスレーブにアクセスすることを防止するためのネットワーク分離技術を用いること)
- “カスタマー”に接続されるBCポートは、スレーブ状態に遷移してはならない
- マスタは未認証のスレーブのサービス供給を避けるべきである
- 詳細については今後検討の予定

第9章はネットワーク管理の見地を記載する予定

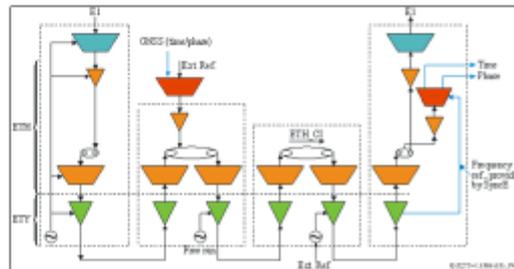
- ネットワーク管理については今後の検討項目

□ パケットに基づいた同期に適したタイミングフローを提示

・時刻/位相を網羅する  
ITU-T G.8264モデル  
の拡張を提示



・時刻/位相の周波数による  
サポートのされ方を提示



TR-G8275 調査結果まとめ

- パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャおよび要求事項を規定
  - ✓ 時刻と位相の分配に対するテレコムプロファイル(ITU-T G.8275.1/Y.1369.1勧告)を開発するためのベースとなる
  - ✓ 時刻と位相の分配のためにIEEE 1588 高精度時間プロトコルを用いる
  - ✓ 本文では、要件、アーキテクチャ(分配、プロテクション、ネットワーク分割)、セキュリティ、管理について概説されている
  
- 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に関するアーキテクチャおよび要求事項を規定しており、本技術は特にモバイル通信網のバックボーンにおいて注目され重要な技術となっている。しかし、国内特有の技術の展開などが計画されていないので、現時点でのTTC標準化は見送ることとした。  
 一方、上記のとおりモバイル通信領域において重要な技術であるので、国内へ情報展開、および、今後の動向監視のために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/Y.1369勧告

#### パケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャと要求

#### 概要

ITU-T G.8275/Y.1369 勧告はテレコムネットワークにおけるパケットベースの時刻と位相の分配に関するアーキテクチャと要求を述べている。述べられるアーキテクチャは主に IEEE 1588 を用いた適用についてである。アーキテクチャで準拠すべき IEEE1588 を利用するために必要な詳細は他の勧告において定義される。

#### 改版履歴

Edition	Recommendation	Approval	Study Group	Unique ID*
1.0	ITU-T G.8275/Y.1369	2013-11-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12011-en">11.1002/1000/12011-en</a>

#### キーワード

IEEE 1588, パケット同期, 位相, 時刻

---

\* 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

序論.....	- 18 -
1 範囲.....	- 19 -
2 参照.....	- 19 -
3 定義.....	- 20 -
4 略語および頭字語.....	- 20 -
5 慣例.....	- 21 -
6 パケットベースの時刻/位相分配の概略紹介.....	- 21 -
6.1 パケットベースの時刻と位相の分配に対する要件.....	- 21 -
7 パケットベースの時刻/位相分配のアーキテクチャ.....	- 22 -
7.1 パケットベースの時刻と位相の分配.....	- 22 -
7.2 時刻/位相プロテクションに対する見地.....	- 23 -
7.2.1 パケットマスタープロテクション.....	- 23 -
7.2.2 パケットスレーブプロテクション.....	- 27 -
7.3 分割されたパケットネットワーク.....	- 31 -
8 セキュリティの見地.....	- 32 -
9 管理の見地.....	- 32 -
付属資料 A.....	- 33 -
APPENDIX I.....	- 35 -
I.1 ARCHITECTURE FOR PARTIAL TIMING SUPPORT.....	- 35 -
I.1.1 Timing distribution architecture.....	- 35 -
I.1.2 Timing protection aspects.....	- 37 -
I.1.3 Partitioning across multiple administrative domains.....	- 37 -
I.1.4 Use of multiple underlying technologies.....	- 38 -
BIBLIOGRAPHY.....	- 39 -

## 序論

ITU-T G.8275/Y.1369 勧告はパケットベース方式を用いた時刻と位相の分配に対する概括的なアーキテクチャについて述べる。本勧告は時刻と位相の分配に対するテレコムプロファイルの開発の元になるアーキテクチャを形作る。その説明されるアーキテクチャはパケット・マスタ・クロックとパケット・スレーブ・クロック間の全ノードにおいてプロトコル相互作用が発生する場所のケースをカバーする。必要なプロファイルの詳細は他の勧告において説明される。

## パケットベースの時刻と位相の分配に対するアーキテクチャと要求

### 1 範囲

本勧告はパケットベース方式を用いた時刻と位相の分配に対する概括的なアーキテクチャを説明する。本勧告の本版は高精度時間プロトコル (PTP) [IEEE 1588] 標準を用いた時刻と位相の分配に焦点を合わせている。その要件とアーキテクチャは通信事業者環境におけるパケットベースの時刻と位相の分配を達成するために必要とされる他機能の規格に対する基礎を形作る。説明されるアーキテクチャはパケット・マスタ・クロックとパケット・スレーブ・クロックの間の全ノードにおいてプロトコルが相互作用する場所の場合をカバーしている。必要なプロファイルの詳細は他の勧告において説明される。

### 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.805]    | Recommendation ITU-T G.805 (2000), <i>Generic functional architecture of transport networks.</i>                                    |
| [ITU-T G.810]    | Recommendation ITU-T G.810 (1996), <i>Definitions and terminology for synchronization networks.</i>                                 |
| [ITU-T G.8260]   | Recommendation ITU-T G.8260 (2012), <i>Definitions and terminology for synchronization in packet networks.</i>                      |
| [ITU-T G.8261]   | Recommendation ITU-T G.8261/Y.1361 (2013), <i>Timing and synchronization aspects in packet networks.</i>                            |
| [ITU-T G.8262]   | Recommendation ITU-T G.8262/Y.1362 (2010), <i>Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock.</i>           |
| [ITU-T G.8264]   | Recommendation ITU-T G.8264/Y.1364 (2008), <i>Distribution of timing information through packet networks.</i>                       |
| [ITU-T G.8265]   | Recommendation ITU-T G.8265/Y.1365 (2010), <i>Architecture and requirements for packet-based frequency delivery.</i>                |
| [ITU-T G.8265.1] | Recommendation ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010), <i>Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization.</i>        |
| [ITU-T G.8271]   | Recommendation ITU-T G.8271/Y.1366 (2012), <i>Time and phase synchronization aspects of packet networks.</i>                        |
| [ITU-T G.8271.1] | Recommendation ITU-T G.8271.1/Y.1366.1 (2014), <i>Network limits for time synchronization in packet networks.</i>                   |
| [ITU-T G.8272]   | Recommendation ITU-T G.8272/Y.1367 (2012), <i>Timing characteristics of primary reference time clocks.</i>                          |
| [IEEE 1588]      | IEEE STD 1588 (2008), <i>Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.</i> |

### 3 定義

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。

### 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。

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
ESMC	Ethernet Synchronization Messaging Channel イーサネット同期メッセージチャネル
GM	Grand Master グランド・マスタ
GNSS	Global Navigation Satellite System 全地球的航法衛星システム
LTE	Long Term Evolution ロング・ターム・エボリューション
NTP	Network Time Protocol ネットワーク・タイム・プロトコル
OTN	Optical Transport Network オプティカル・トランスポート・ネットワーク
PDV	Packet Delay Variation パケット遅延変動
PRC	Primary Reference Clock プライマリ・リファレンス・クロック
PRTC	Primary Reference Time Clock プライマリ・リファレンス・タイム・クロック
PTP	Precision Time Protocol 高精度タイム・プロトコル
QL	Quality Level 品質レベル
SEC	SDH Equipment Clock SDH 機器クロック
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
T-BC	Telecom Boundary Clock テレコム・バウンダリ・クロック
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
TC	Transparent Clock トランスペアレント・クロック

## 5 慣例

本勧告中で、用語 PTP は[IEEE 1588]で規定される PTP version 2 プロトコルのことを指す。

## 6 パケットベースの時刻/位相分配の概略紹介

正確な時刻と位相の分配はあるテレコムベースのサービス、および、特に潜在的に基盤（インフラストラクチャ）をサポートするために必要である。伝統的なネットワーク同期は正確な周波数の分配に頼っている一方、進化しているワイヤレスネットワークは正確な時刻と位相の分配を要求する。

ネットワークが最初の TDM ベースのネットワーク基盤（インフラストラクチャ）からパケットベースの技術を用いたそれに進化するとき、同期分配の能力も変化する。

パケットベースのネットワークにおいてタイミング分配を可能にするために、ITU-T は同期イーサネットに対して規格 [ITU-T G.8261], [ITU-T G.8262] および [ITU-T G.8264] を開発しており、SDH ベースネットワークの同期で用いた方法と類似して周波数を分配する方法としてイーサネット物理レイヤを用いることを可能にしている。この点については、提供されるネットワーク機器の適切な仕様によって同期イーサネットは既存の TDM と新しいパケットベース技術による既存の周波数ベースの同期ネットワークをサポートする。

物理レイヤの利用ができない時は、ITU は高精度タイム・プロトコル(PTP)やネットワーク・タイム・プロトコル (NTP) のようなパケットベースの方式を用いた周波数分配をカバーする勧告も開発している。パケットベースの方式の利用は将来考慮される新しい周波数同期のシナリオも可能にする。パケットベースの周波数分配に特有の他の側面と同様に、アーキテクチャ規格 [ITU-T G.8265] の開発が結果として生じた。

本勧告はパケットベースの時刻と位相の分配に対するアーキテクチャを説明している。

### 6.1 パケットベースの時刻と位相の分配に対する要件

時刻と位相の分配に対するパケットベースの仕組み（メカニズム）は下記の要件を満足する必要がある。

- 1) メカニズムは本アーキテクチャで定義される様々な位相/時刻クロック間の相互接続性を許容する様に規格化されるべきこと。
- 2) メカニズムは管理される広域テレコムネットワークに渡る首尾一貫した（矛盾のない）運用を許すべき。
- 3) パケットベースのメカニズムは固定した配置で設計および構成された同期ネットワークを許容すること。

- 4) パケットベースのシステムによって用いられるプロテクション機構は標準テレコム運用の慣習に基づくべきであり、複数の地理的に離れたテレコム・グラント・マスタ(T-GM)クロックから位相と時刻を取得する能力をテレコム・タイム・スレーブ・クロック (T-TSC) に許容すべき。
- 5) 受信した位相/時刻の追従可能性とローカル・プライオリティに基づいた位相/時刻基準ソースの選択は許容されなければならない。位相/時刻同期ネットワークのトポロジの自動的な確定も実現できる。

## 7 パケットベースの時刻/位相分配のアーキテクチャ

物理レイヤでの同期と対照的に、データ信号の重要な端点 (エッジ) が信号のタイミングを示す中身を定義するのに対して、パケットベースの方式は特定用途な”イベント・パケット”の伝送に依存している。これらの”イベント・パケット”はパケット・タイミング信号の重要な瞬間を構成する。これから重要な瞬間のタイミングはマスタの時刻ソースと比較して正確に測定される。また、このタイミング情報はタイムスタンプの形で符号化されており、特定の時刻を機器が判読可能な表現になっている。タイムスタンプはパケット・マスタ機能を介して生成され、パケット・スレーブ・クロックへ向けてパケットネットワーク上を運ばれる。

伝送と他の遅延を調節するために、プロトコルはマスタとスレーブ・クロックの間で用いられ、結果としてマスタとスレーブ・クロックは同じ時刻基準を持つ。

時刻が周波数の積算であるとき、時刻スタンプは周波数を導出するためにも用いられることができる。この場合は [ITU-T G.8265] および [ITU-T G.8265.1] においてカバーされる。

### 7.1 パケットベースの時刻と位相の分配

時刻基準は最初はプライマリ・リファレンス・タイム・クロック (PRTC) から得られる。もし、システムに渡る時刻が UTC または他の全世界の標準時刻ソースに参照される様に要求されるとき、PRTC そのものは GNSS 信号の様な時刻基準の入力を要求するかもしれない。

時刻と位相の同期転送の目的に対して、パケット・マスタはパケット・タイミング信号を用いてその基準をパケット・スレーブ・クロックへ配達する ([ITU-T G.8260] を参照)。

より良い精度を達成するために、プロトコルレベルのタイミングサポートが様々なネットワークノードにおいて用いられるかもしれない。特に IEEE 1588 PTP プロトコルのために、これらの中間の装置はバウンダリ・クロック (BC) またはトランスペアレント・クロック (TC) を終端する。

本勧告において説明されるアーキテクチャは、伝送パス中の全ノードがタイミング・プロトコルに関与する事によりタイミングサポートを提供する場合を説明している。これは”プロトコルレベルの完全タイミングサポート”という用語になる ([ITU-T G.8260] を参照)。

本勧告の現在の版は本ケース (プロトコルレベルの完全タイミングサポート)に対するアーキテクチャを説明するが、ここで全ての間ノードは物理レイヤの周波数をサポートする T-BC である。トランスペアレント・クロックは本勧告の将来の版において検討され含まれるかもしれない。

全ノードがタイミング・プロトコルに関与することによるタイミングサポートの提供を必要としない場合の他のアーキテクチャは今後の検討課題であり、本勧告の将来の版において含まれるかもしれない。これは”プロトコルレベルの部分的なタイミングサポート”という用語になる ([ITU-T G.8260] を参照)。

アーキテクチャの両方のタイプにおいて、物理レイヤの周波数のサポートは T-BC または T-TC の安定的な運用を可能にするかもしれない。

ノード間で運用される時刻転送プロトコルは、ある劣化量( $\delta$ )を条件としてタイミング・プロトコルに関与する全ノードで復元または補正された同じ時刻を可能にする。

パケット・マスタ・クロック PRTC からテレコム・タイム・スレーブ・クロック (T-TSC) への時刻/位相の分配に対する一般的なネットワークポロジは図 1 に示される。同期フローはマスタからスレーブの方向であるが、タイミングメッセージは双方向で流れる。個々のノードはネットワークからフルサポートの場合におけるテレコム・バウンダリ・クロック (T-BC) である。

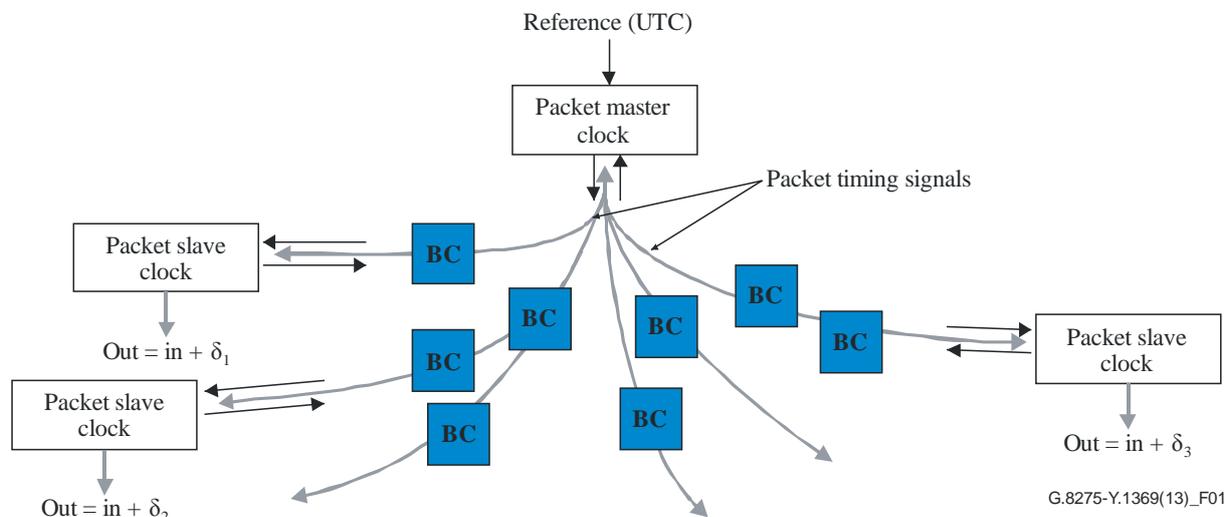


図 1 – スレーブ・クロックへの時刻分配

性能に関する追加の観点は [ITU-T G.8271] および [ITU-T G.8271.1] においてカバーされる。

## 7.2 時刻/位相プロテクションに対する見地

プロテクションはサービスの品質を最適化するために要求される。プロテクションは障害イベントの間に許容できるレベルでエンドアプリケーション (例えば、ベースステーション) に配達される位相/時刻参照の維持を可能にする機能として定義される。それは位相/時刻プライマリ・リファレンス・ソース (時刻プレーンの再構成) と位相/時刻ホールドオーバー (時刻プレーンホールドオーバー) の冗長を含む。プロテクションは、パケット・マスタ/PRTC のプロテクションとパケット・スレーブのプロテクションの点から次章において説明される。

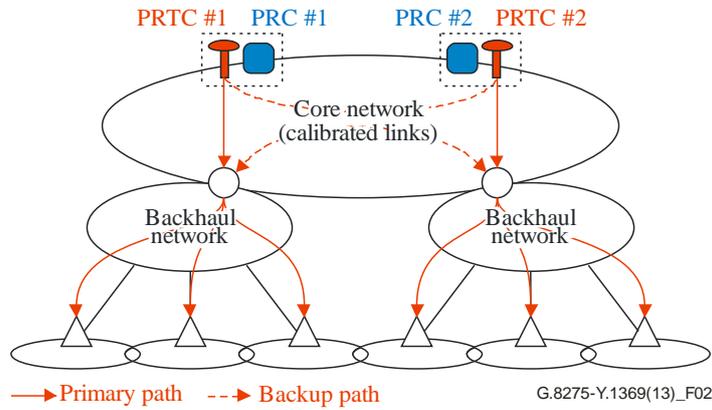
### 7.2.1 パケットマスタープロテクション

#### PRTC の位置

位相/時刻の分配を考える場合、ネットワークオペレータが下記に望む全アーキテクチャに応じて、PRTC 機能を異なる位置に配置することが可能である。しかし、それらは本章において説明される 4 つの一般的な位置に集約することができる。

これらは主なシナリオであり、他も考える。

ケース A: プライマリ・リファレンス・クロック (PRC) と同じ場所に設置される集中型の PRTC



NOTE – T-GM are connected to the PRTC in this architecture

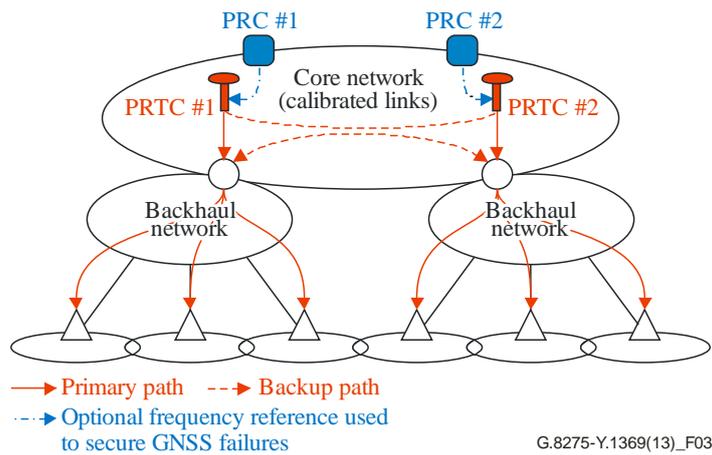
図 2 – PRC と同じ場所に設置される集中型の PRTC のアーキテクチャ

この図は基地局への主要なパスのみ示しており、他のプロテクションメカニズムも存在するかもしれないが、示されていないことに注意されたし。詳細は記載されないだろう。

このアーキテクチャは PRTC の冗長 (たとえば、GNSS の障害を保護するために) 適している。一つの PRTC の障害の場合、障害となった PRTC から障害前に基準を受け取っていたノードへ、他の PRTC が基準を送るだろう。

このアーキテクチャはリンクの非対称による過度の時刻エラーの蓄積を避けるために正確に校正されたコアネットワークのリンクを必要とする。

ケース B: PRC と同じ場所に配置されない集中型の PRT



NOTE – T-GM are connected to the PRTC in this architecture

図 3 – PRC と同じ場所に配置されない集中型 PRTC 機能のアーキテクチャ

このアーキテクチャは PRTC の冗長にも適している。加えて、GNSS の障害への付加的なプロテクションを提供するため、または、規準状態の PRTC により提供される基準の生成を共有するために、PRTC 機能は PRC に追従した物理レイヤの周波数基準 (たとえば、同期イーサネット) を受信するだろう。

リンクの非対称性による過度な時刻エラーの蓄積を避けるために正確に構成されたコアネットワークのリンクをこのアーキテクチャも必要であることに注意されたし。

ケースC: アグリゲーションサイトに分配された PRTC

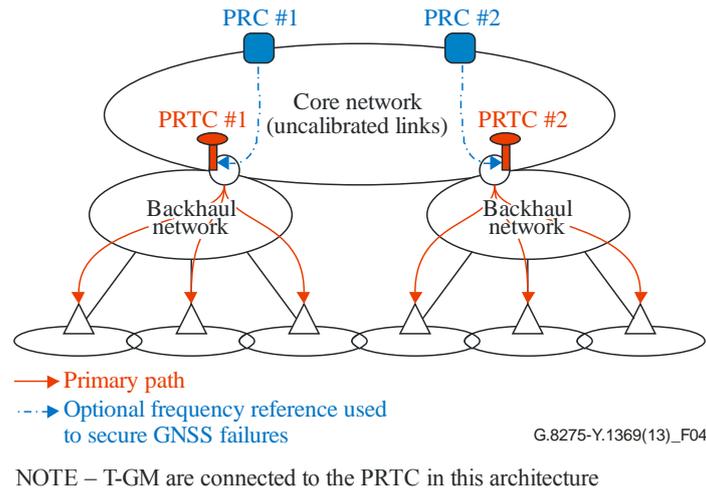


図 4 – アグリゲーションサイトに分配された PRTC 機能のアーキテクチャ

このアーキテクチャでは、PRTC 機能はアグリゲーションサイトに配置される。典型的には、GNSS 受信器は物理レイヤ周波数チェーンの最後の同期提供ユニット (SSUs) の一つに加えられる。これは、集合型 PRTC アーキテクチャに比べてより多くの GNSS 受信器が配置されることを意味している。しかし、優位な点はコアネットワークのリンクはリンクの非対称を補償するために校正される必要はないということである。

PRTC の冗長のスキームはこのアーキテクチャに常に適しているわけではない。特に、異なるアグリゲーションサイト間を考慮した場合、一般的に、これらのアグリゲーションサイト間の直接的な接続性はない。

PRTC の冗長が異なるアグリゲーションサイト間で考慮される場合、コアネットワークのリンクの正確な校正と同様に、コアネットワークの幾つかのノードは PTP クロック (たとえば、PRTC 機能間のノードによりサポートされるであろう T-BC) をサポートするだろう。

PRTC の冗長が必要ない場合、GNSS 障害は他の方法により保障されることが推奨される。一般的に PRTC 機能へ配られた PRC に追従した物理レイヤ周波数基準は GNSS 障害中の位相/時刻のホールドオーバー期間を超えることを許容する。

ケースD: セルサイトに分配された PRTC

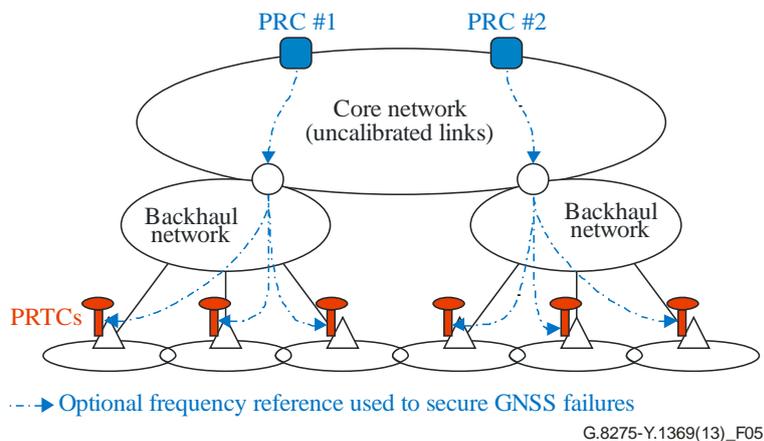


図 5 – セルサイトに分配された PRTC 機能のアーキテクチャ

このアーキテクチャでは PRTC 機能はセルサイトに直接的に配置される。一般的に、GNSS 受信器は基地局へ直接接続される。これは、集合型の PRTC、そして、アグリゲーションサイトに分配された PRTC の場合に比べ、より多くの GNSS 受信器が設置されることを意味している。しかし、コアとバックホールネットワークのリンクはリンク非対称を補償するために校正される必要がないことは利点である。

PRTC の冗長スキームは異なるセルサイト間のこのアーキテクチャには適していない。したがって、GNSS 障害は他の手段により保障されることが推奨される。一般的に、PRTC 機能へ配られた PRC に追従した物理レイヤ周波数リファレンスは GNSS 障害中の位相/時刻のホールドオーバー期間を超えることを許容する。

異なるセルサイト間に位相/時刻を分配するための T-GM の使用は今後の検討課題である。

### PRTC 配置に依存した適用 PRTC モデル

図 6 に描かれた初めの PRTC モデルは物理レイヤ周波数入力が存在せず、上記で説明したケース A に適用できるだろう。PRTC と PRC 機能が同一の機器の中に併合され、かつ、周波数と位相/時刻プレーン間の一貫性がそれ故に保証されている場合に対応する。

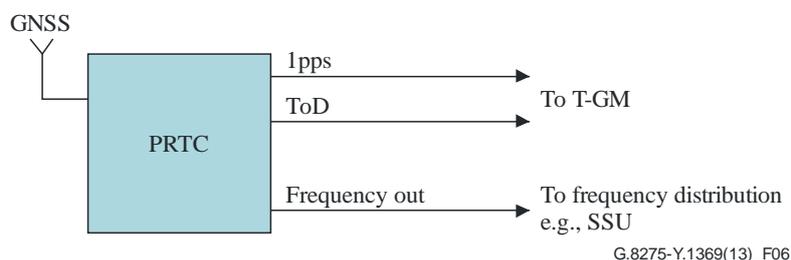


図 6-物理レイヤ周波数入力のない PRTC モデル

図 7 に描かれた次の PRTC モデルは物理レイヤ周波数入力が存在し、上記で説明したケース A、B、C、D に適用できるだろう。PRTC と PRC 機能が離れた装置に組み込まれている場合に該当し、周波数と位相/時刻のプレーン間の干渉は常に保証されない

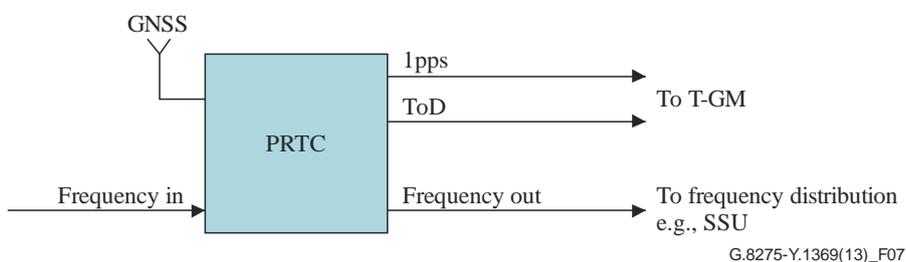


図 7-物理レイヤ周波数入力のある PRTC モデル

PRTC と T-GM が組み合わせられた場合は図 8 で示される。PTP を提供するイーサネットインタフェースは周波数も提供する (すなわち、同期イーサネットインタフェースとして動作する。) ことに注意されたし。

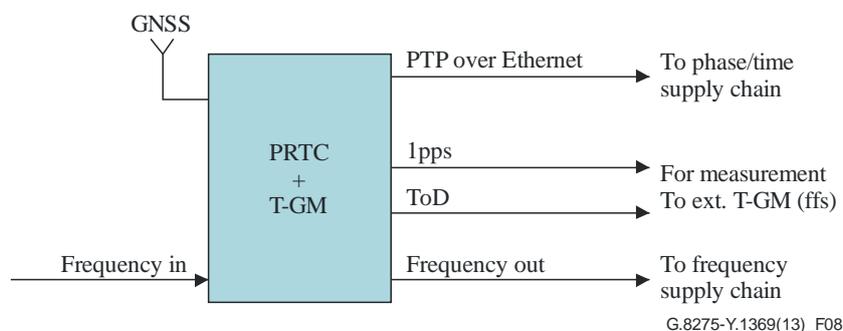


図 8 – PRTC と T-GM が組み合わされたモデル

## 7.2.2 パケットスレーブプロテクション

本節では、時刻同期基準の分配における冗長性の提供に対して考慮し得る様々な案を扱っている。

パケット・スレーブの位相/時刻同期の為の 3 つのプロテクションシナリオが記載されている。3 つのシナリオは、以下である。

- 1) 物理レイヤの周波数同期サポート有りでの、位相/時刻の長期ホールドオーバー
- 2) 物理レイヤの周波数同期のサポート有りでの、代替基準への切り替え
- 3) 物理レイヤの周波数同期のサポート無しでの、代替基準への切り替え

プロテクションシナリオ 2 と 3 は時間面での再配列を伴うものであり、プロテクションシナリオ 1 は時間面でのホールドオーバーを伴うものである。プロテクションシナリオ 2 では、再配置の間の周波数基準は、物理レイヤのサポート、すなわち、同期イーサネットを経由して提供される。プロテクションシナリオ 3 では、再配置時の周波数基準は、ホールドオーバー中のエンドアプリケーションのクロックを経由して提供される。プロテクションシナリオ 1 では、位相/時刻のホールドオーバーは、物理レイヤのサポートによって提供される。

以下の小節に、3 つのシナリオが記載されている。

### 7.2.2.1 プロテクションシナリオ 1

プロテクションシナリオ 1 は、ホールドオーバーの期間がプロテクションシナリオ 2 (7.2.2.2 節参照) の再配置の期間よりも一般に十分に長い状況で、物理レイヤの周波数サポート (すなわち、同期イーサネット) があるホールドオーバーを伴うものである。プロテクションシナリオ 1 に対し、3 つのサブシナリオが考慮されるかもしれない。このケースでは、バックアップマスタは存在しないと仮定される。

- a) シナリオ 1.1 : ホールドオーバーの間に使用される同期イーサネットの参照は、エンドアプリケーションで利用可能である。
- b) シナリオ 1.2 : ホールドオーバーの間に使用される同期イーサネットの参照は PRTC で入手可能であり、また、その PRTC は GNSS 参照を失うことによりホールドオーバー状態に遷移している PRTC である。エンドアプリケーションは、PTP を経由して PRTC からタイミングを受け取る。
- c) シナリオ 1.3 : ホールドオーバーの間に使用される同期イーサネットの参照は PRTC で入手可能であり、また、その PRTC は GNSS 参照を失うことによりホールドオーバー状態に遷移している PRTC である。エンドアプリケーションは PRTC と併設され、そこから直接タイミングを受信する。

プロテクションシナリオ 1.1、1.2 および 1.3 に対し、3 つのホールドオーバー期間が着目される :

- 1) 分のオーダーの、短いホールドオーバー期間 (例えば、最大 5 分まで)。
- 2) 時間のオーダーの、長いホールドオーバー期間 (例えば、8 時間まで)。
- 3) 日のオーダーの、大変長いホールドオーバー期間 (例えば、3 日まで)。

短いホールドオーバー期間は、GNSS 信号が短時間使用できなくなる場合を保護することを想定する。長いホールドオーバー期間は、GNSS 信号が長期間使用できないままである場合 (おそらくオンサイトの作業者の関与を必要としない) を保護することを想定する。大変長いホールドオーバー期間は、大変長い故障 (オンサイトの作業者の関与を必要とする) を保護することを想定する。

プロテクションシナリオ 1.1 は図 9 に示されている。このプロテクションシナリオでは、位相/時刻同期パスが故障し、基準信号がもはや PRTC を追跡可能ではなくホールドオーバーに切り替えられることをエンドアプリケーション (例えば、基地局) は通知される。フリーランのローカルクロック (たとえ良い品質のもの) だけの信頼により、上述の長いあるいは大変長いホールドオーバー期間を扱うことは許可されないことに注意されたい。その代わりに、エンド・アプリケーション内のローカルクロックは、同期イーサネットなどの正確かつ安定した物理レイヤの周波数基準にロックされなければならない。

位相/時刻の長期ホールドオーバー機能は、同期イーサネット基準上に存在するかもしれないノイズを十分にフィルタリングし得る PTP クロックでサポートされているものとする。同じ機能は、1PPS の入力信号と同期イーサネット基準の両方を受信している基地局で使用することができる。ホールドオーバー期間中には、PTP によりアプリケーションに配信されるいかなるタイミング信号も使用されない。

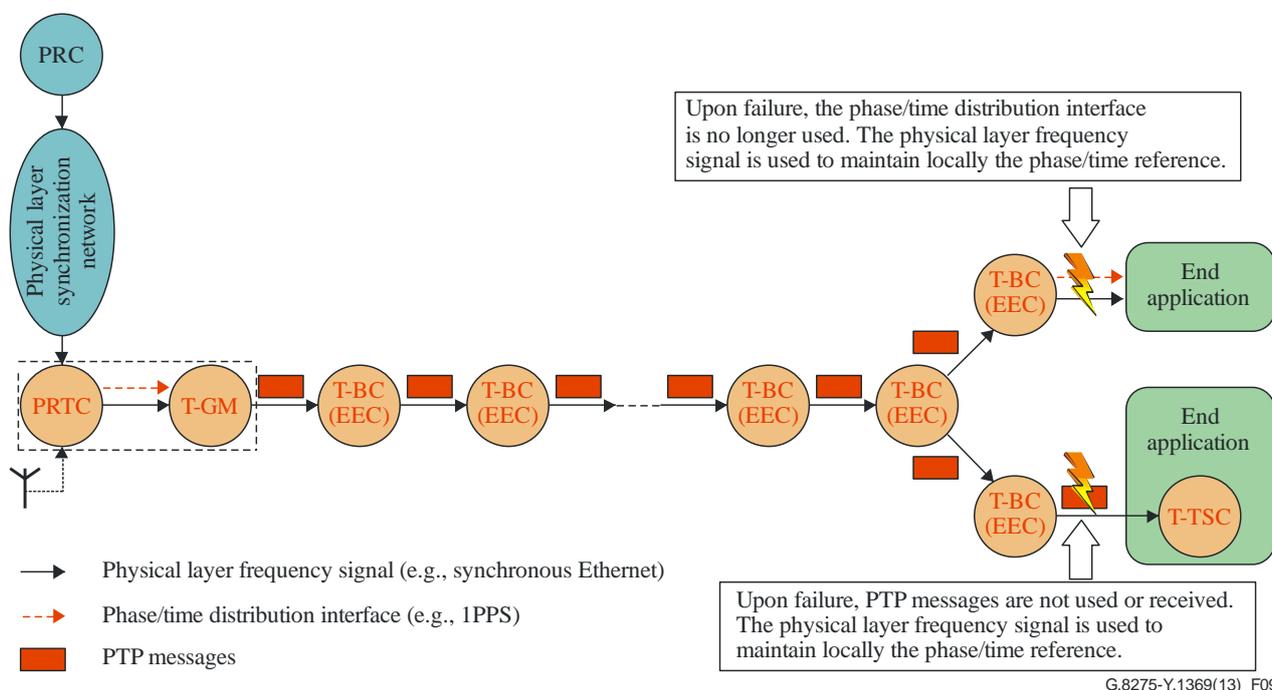
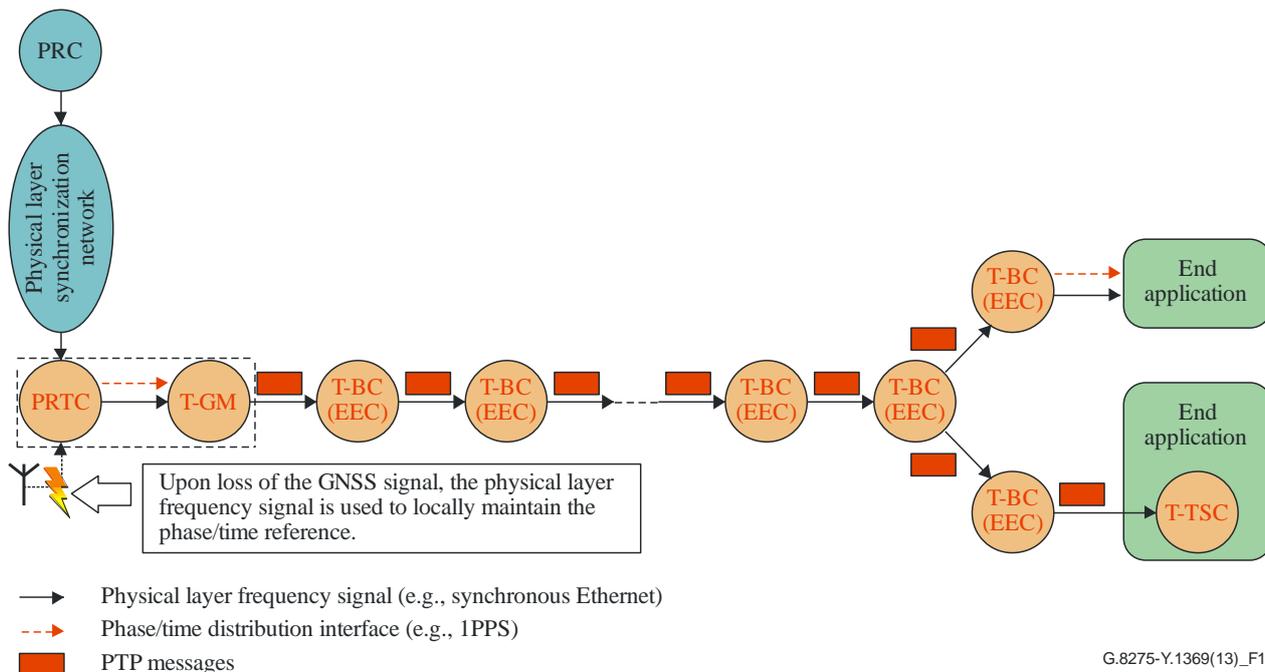


図 9 – T-TSC におけるプロテクションシナリオ 1.1 の例 (エンド・アプリケーションに組み込まれた T-TSC における位相/時刻の長期ホールドオーバー)

プロテクションシナリオ 1.2 は図 10 に示されている。この場合では、位相/時刻の長期ホールドオーバー機能は PRTC/T-GM によってサポートされている。プロテクションシナリオ 1.1 と同様に、このホールドオーバー機能は、高品質の周波数基準 (例えば、高品質の局部発振器または EEC) を提供し得るクロックを含んでいる。T-GM に接続された PRTC がその参照を失ってしまった (例えば、GNSS 信号が失われる) 場合には、PRTC はこの周波数基準を使用して時刻同期を提

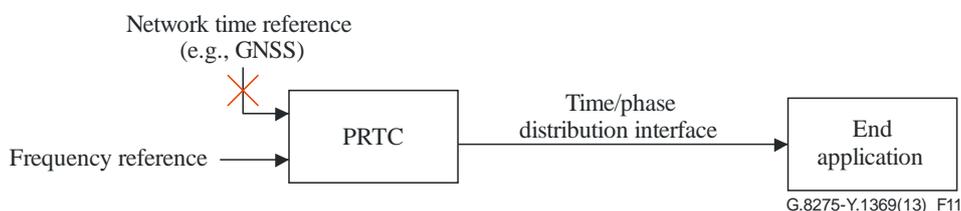
供し続けるかもしれない。



G.8275-Y.1369(13)\_F10

図 10 – PRTC/GM におけるプロテクションシナリオ 1.2 の例 (PRTC/ GM における位相/時刻の長期ホールドオーバー。PRTC/ GM はエンドアプリケーションと併設されていない)

プロテクションシナリオ 1.3 は図 11 に示されている。この場合では、プロテクションシナリオ 1.2 と同様に、位相/時刻の長期ホールドオーバー機能は PRTC (例えば、GNSS 信号受信に伴う問題への対処として、良好な内蔵発信器を有していることも想定したもの) によりサポートされている。PRTC がその参照を失ってしまった (例えば、GNSS 信号が失われる) 場合には、PRTC は内部の発振器を使用するか、外部の周波数同期基準 (例えば、同期イーサネット) を使用して、時刻同期を配信し続けるかもしれない。しかしながら、現状では、PRTC はエンドアプリケーションと併設されている。



G.8275-Y.1369(13)\_F11

図 11 – PRTC におけるプロテクションシナリオ 1.3 の例 (PRTC における位相/時刻の長期ホールドオーバー。PRTC はエンドアプリケーションと併設されている。)

### 7.2.2.2 プロテクションシナリオ 2

図 12 にプロテクションシナリオ 2 を示す。本プロテクションシナリオでは、鎖状のテレコム・バウンダリ・クロック (T-BC) がプライマリ PTP 位相/時刻同期パスにおける障害を検出する。例えば、T-BC は、スレーブポート上における PTP タイムスタンプメッセージを受信することを止める、或いは、信号上の情報が品質劣化の参照を示す場合。この T-BC は、下り PTP クロック (T-BC, T-TSC) に、その参照クロックがもはや PRTC に従属しないという情報を提供する。これが契機となって BMCA を作動させ、新たな PTP パスが決定される。

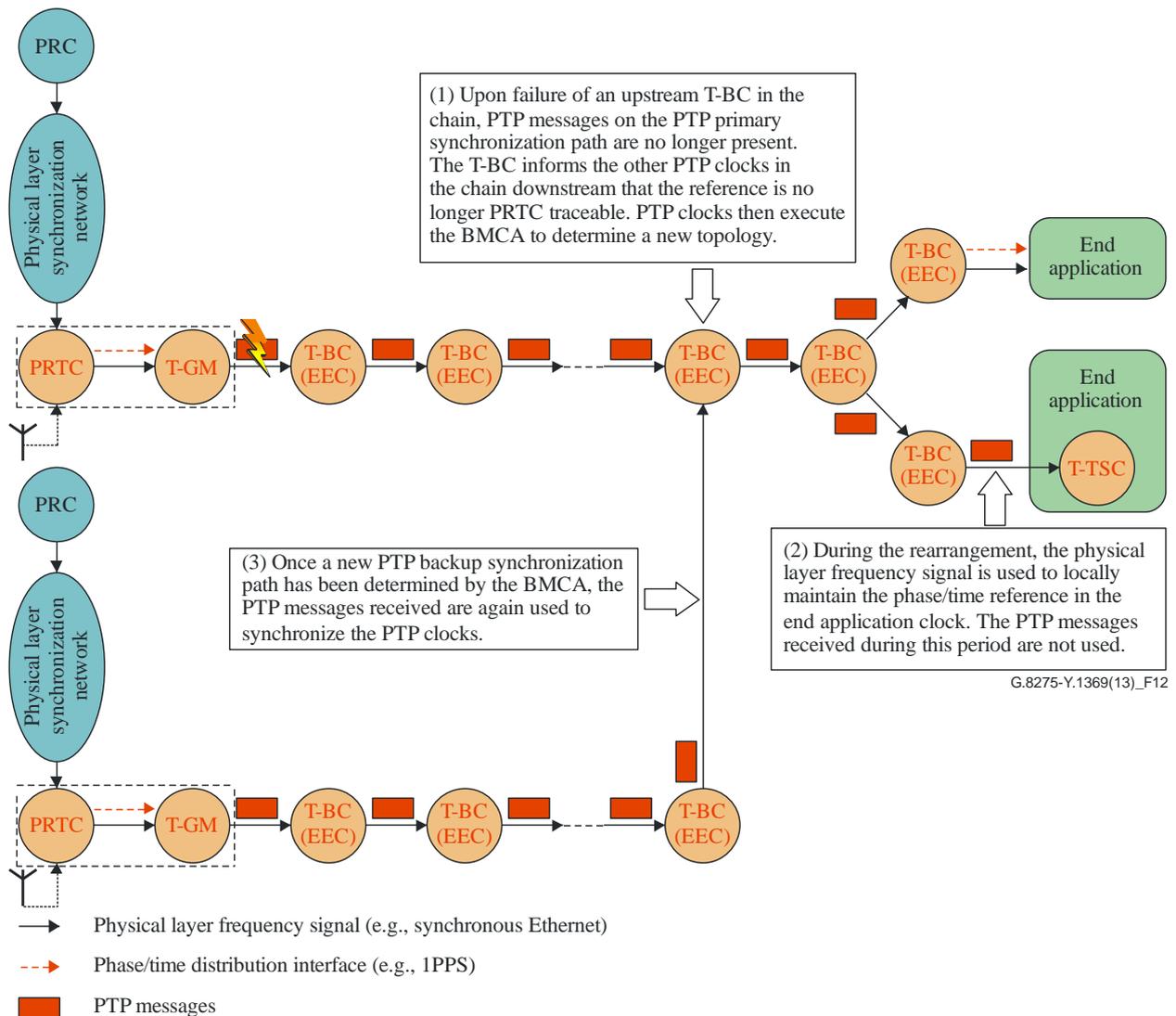


図 12- プロテクションシナリオ 2 の例 (物理レイヤ周波数同期によるバックアップ参照への切り替え)

障害が検出された直後、エンドアプリケーション (例えば基地局) には、参照信号がもはや PRTC に従属せず、ホールドオーバー状態に切り替わったことが知らされる。障害を検出した T-BC の位置によっては、この情報の伝達に時間を要する可能性がある。この機能により、同期イーサネットのように、エンドアプリケーションにおけるローカルクロックは、正確かつ安定な物理レイヤの周波数参照に同期している。

ベストマスタークロックアルゴリズム (BMCA) は、新たな PTP 同期パスを確立するために動作する。

位相/時刻ホールオーバー機能は、基地局に組み込まれた T-TSC において維持される。同機能は、1PPS 入力信号と同期イーサネット参照の両方を受け取る基地局で使用される (この場合、1PPS 信号は、障害が発生している間には抑制されるべきである)。

T-BC は、PRTC の追従能力が失われたことを知らせることができなければならない。

### 7.2.2.3 プロテクションシナリオ 3

図 13 にプロテクションシナリオ 3 を示す。本プロテクションシナリオでは、鎖状の T-BC がプライマリ位相/時刻同期パスにおける障害を検出する。例えば、T-BC が、スレーブポート上のタイムスタンプメッセージ受信を中止する、或いは

信号上の情報が品質劣化の参照を示す場合。この T-BC は、参照はもはや PRTC に従属しない旨を一連の下流の他の PTP クロック (T-BC, T-TSC) に通知する。

障害を検出した T-BC の位置に依存し、障害情報の伝播時間が長くなる可能性がある。いったん T-TSC に上流の障害が伝えられると、T-TSC はホールドオーバー状態となる

物理レイヤの周波数同期サポートは利用できないため、エンドアプリケーションにおけるホールドオーバー状態は、外部参照に同期していない高品質の局発クロックに基づく。ホールドオーバー状態の間、PTP によりエンドアプリケーションに分配されるいかなるタイミング信号も使用はできない。

ベストマスタークロックアルゴリズム (BMCA) は、新たな PTP 同期パスを決定するために動作する。

ホールドオーバー機能は、基地局に組み込まれている T-TSC にてサポートされていると想定される。同機能は、1PPS 入力信号 (この場合、1PPS 信号は、障害が発生している間には抑制されるべきである) を受信する基地局において使用される。

T-BC は、PRTC の追従能力が失われたことを知らせることができなければならない。

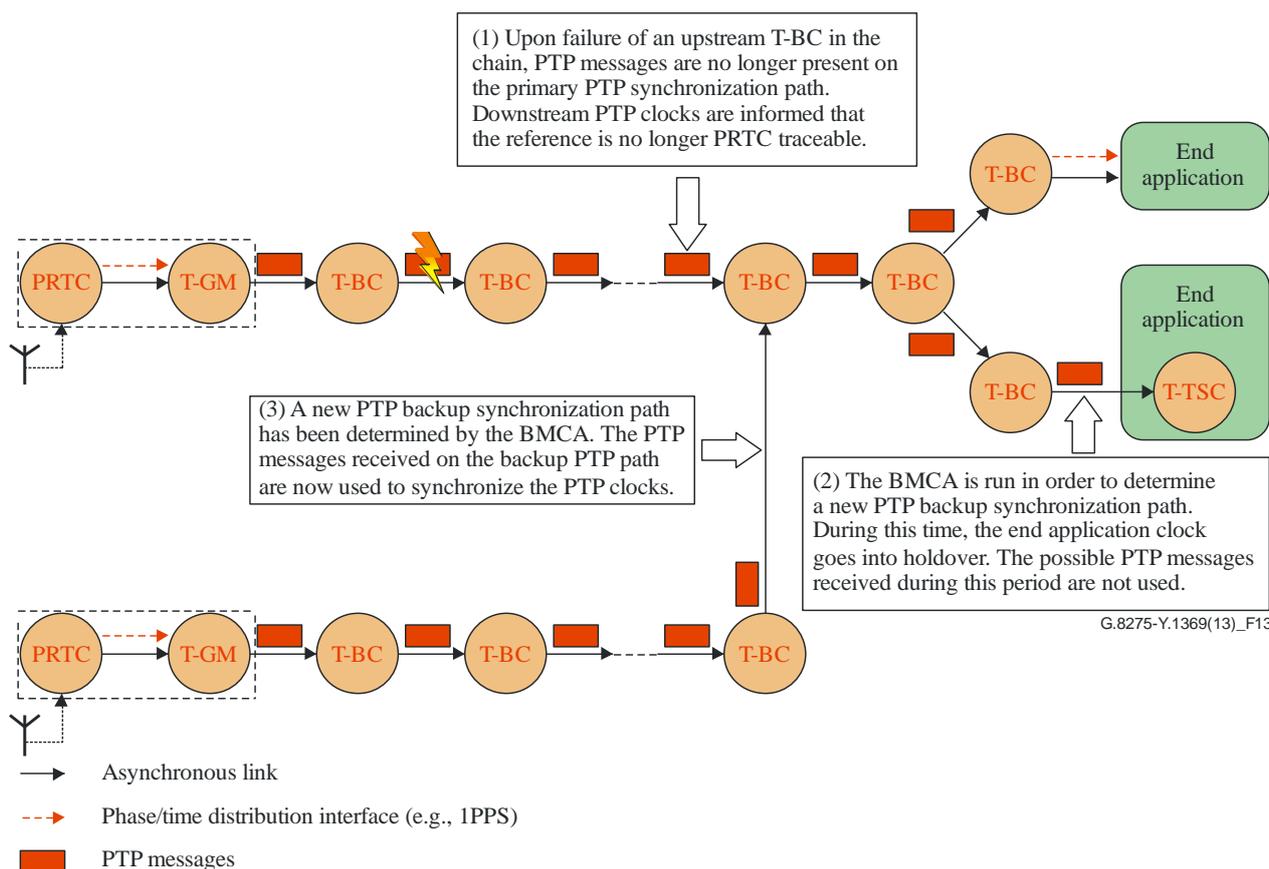


図 13- プロテクションシナリオ 3  
 (物理レイヤ周波数同期がない場合のバックアップ参照への切り替え)

### 7.3 分割されたパケットネットワーク

特に、モバイルバックホールの場合、複数のドメインにわたる動作が考慮されなければならない。これは、更なる検討課題とする。

## 8 セキュリティの見地

周波数が物理レイヤにわたり搬送される伝統的なタイミングストリーミングと異なり、パケットベースのタイミングストリームは、ネットワークにおける異なる地点で観測されうる。タイミングパケットは、特段のセキュリティ要求を導入しうる複数のネットワークドメインにわたり流通する場合があります。ネットワーク及び PTP プロトコル自体の両方に関連するセキュリティの見地もありうる。

同期の完全性を保証するための一助となるべく、現存する標準に基づく技術を用いた運用を許容することは重要である。例えば、これは、暗号、及びまたは認証技術、或いは VLAN や LSP のようなトラフィックを分離するためのネットワーク技術を含みうる。

タイミングまたはシステム性能の総体的なレベルを実際に低下させることなくこれらの必要条件の一部を実装することができない場合がある。

セキュリティに関するいくつかの見地は、更なる研究が必要となるが、いくつかの重要な見地は以下となる。

- スレーブは、不正マスタに接続することは避けられるべきである(これは、認証プロセス、或いは不正マスタがスレーブにアクセスすることを防止するためのネットワーク分離技術を用いること)
- “カスタマー”に接続される BC ポートは、スレーブ状態に遷移してはならない。
- マスタは、未認証のスレーブへのサービス供給を避けるべきである。

## 9 管理の見地

ネットワーク管理の見地については、今後の検討課題である。

## 付属資料 A

### ITU-T G.805 に基づく時刻/位相モデル

(本付属書は、本勧告と不可分である)

[ITU-T G.8264] はパケットネットワークに関連したタイミングフローの記述を与える。具体的には、サーキット・エミュレーション、及び同期イーサネットに基づいた物理レイヤの周波数同期を網羅するタイミングフローが示される。

本付属書では、パケットに基づいたタイミングのメカニズムに適したタイミングフローを示す。

ネットワークモデルは、開発可能な相互システムを保証するための一助となる。以下は、[ITU-T G.8264] の初期の開発でも用いられているように、モデリング技術として [ITU-T G.805] の議論である。[ITU-T G.805] の TDM システムの振る舞いを説明するために長年用いられて来ている。[ITU-T G.8264] の開発以来、更なる検討がパケットネットワークのモデルを拡張するために ITU-T において行われている。しかしながら、ここでの目的のためには、ITU-T G.805 モデルを参照すれば十分である。

[ITU-T G.805] は、伝送路ネットワークを記述するためのモデリング言語を与え、高位レベルでの記述となる。すなわち、伝送路ネットワークを形成する機能ブロックである。これらは、実装に依存せず、総体的な”アーキテクチャ”を定義する。アーキテクチャの鍵となる項目は、ネットワークレイヤの概念である。典型的に、レイヤ毎に管理され、レイヤ間での相互関係は、クライアント/サーバの関係に従う。テレコムアプリケーションに対しては、OAM は各レイヤに基づいて定義される。

[ITU-T G.805] のようなモデリングの構築に対して、モデルの鍵となる項目は、機能間において良好に定義された相互関係である。ITU-T G.805 モデルにおける共通の構成はトレイル (エンドトゥーエンドの情報伝達機能、多様な適応機能、終端、及び接続機能をサポートする) を含む。パケットネットワークを定義するためのより新しい ITU-T モデルは”フロー”を記述することに注意されたい。[ITU-T G.8264] では、このことを予見しており、従ってタイミングフローを記述している。

構造的モデリングの主たる有益な点は、機能的相互関係が適切に具体化され明らかにされれば、機能的相互関係は、ネットワークレベルで完全に理解され、従ってネットワークの機能と矛盾しない装置の完全な仕様化が可能であることにある。さらに、これにより、ネットワークは、高いレベルの相互接続性を持ち完全に管理可能となる。

#### 時刻/位相をサポートするためのモデル

時刻/位相を網羅する ITU-T G.8264 モデルの拡張は、概念的には簡単であり、図 A.1 に示される。ここでは、適応機能の出力が時刻/位相である。時刻/位相の形式は、現時点では考慮されていない。重要な点は、ソース適応機能への入力、単純に周波数基準を持つのではなく、付加的な情報(時刻/位相)を持たなければならない。ネットワークを縦断的に運ばれる情報は、ネットワークの観点から、周波数のみの場合と同様のままである。ネットワークは、PTP パケットを運ぶ。アダプテーション・ファンクションは、適切な出力を送出することを担うであろう。これは、タイミングパスを表すのみであり、複数のパケットネットワークエレメントを縦断することに注意されたい。これはモデルの例示にすぎないことに注意されたい。

周波数出力も必要とされる場合には、これがアダプテーション・ファンクションを経由している点にも注意されたい。簡単のため、これは図に示されないが、記述することもできる (すなわち、追加の周波数出力は提供されることもできる)。

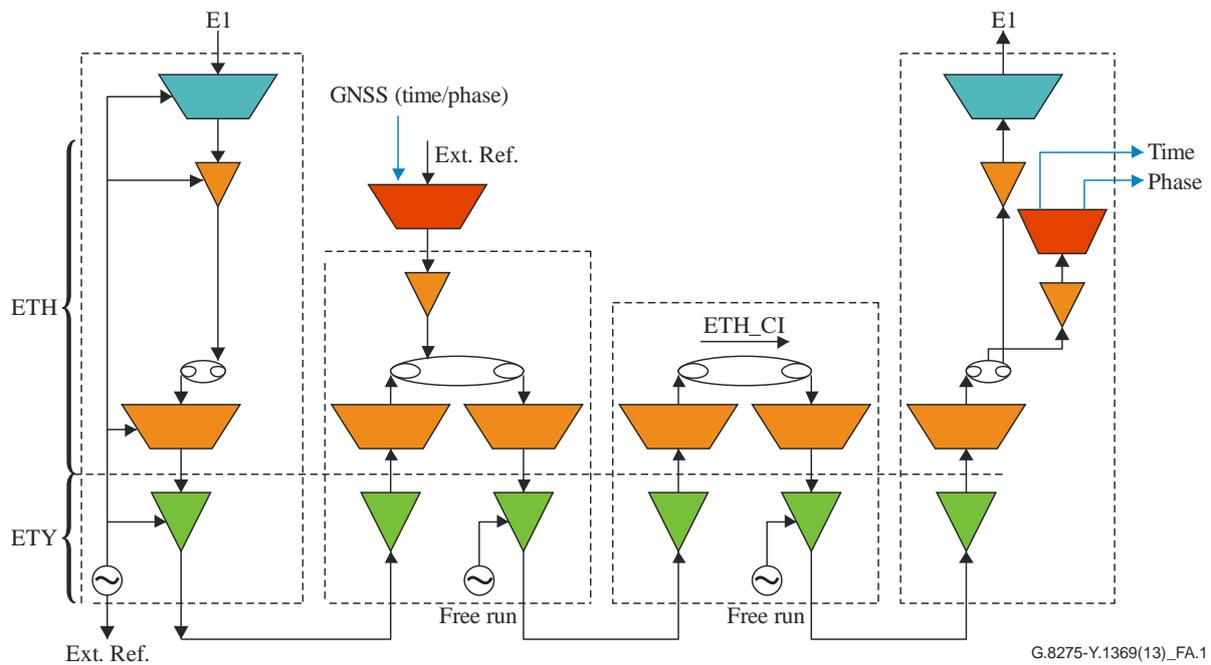


図 A.1 – 時刻/位相をサポートするための基本的な ITU-T G.8264 モデルの拡張

#### ネットワークによる周波数サポートを伴った時刻/位相

図 A.2 は、時刻/位相の周波数によるサポートのされ方を示す。この特定の例では、周波数基準は、同期イーサネットによって提供される。入力が外部インターフェース経由である同様のモデルが開発される。このモデルにより、周波数に基づく時刻/位相の独立性が例示されることに注意されたい。

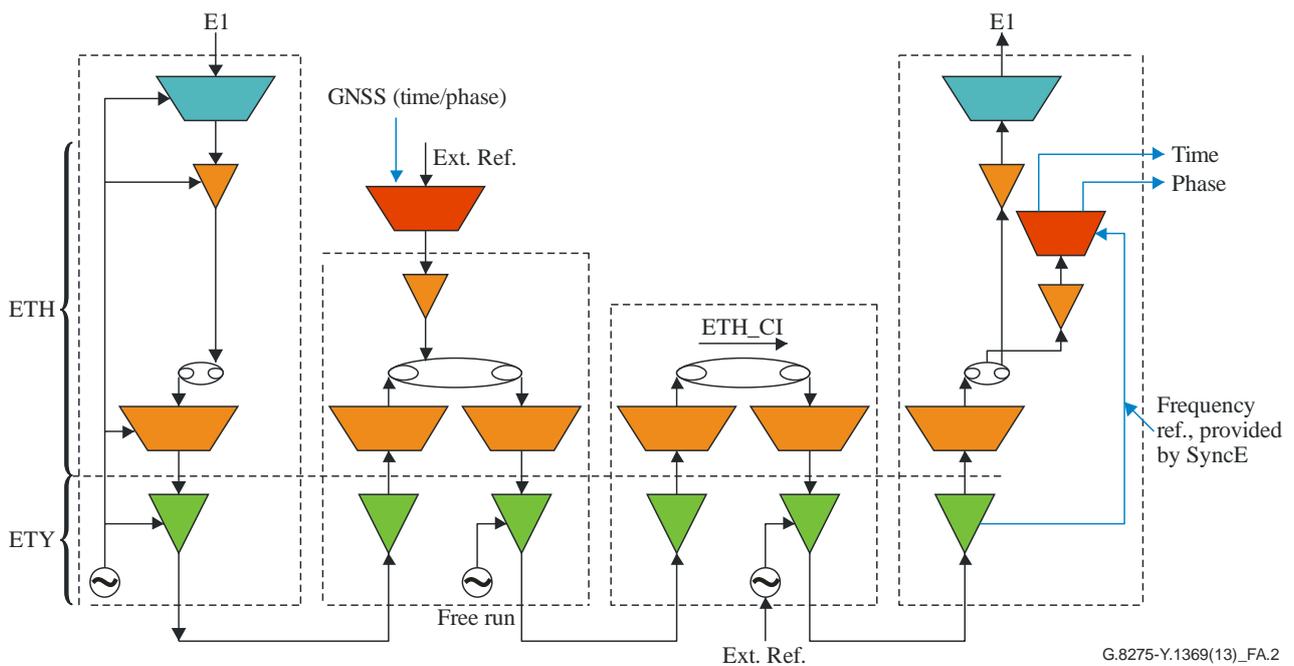


図 A.2 – ネットワークにより提供される周波数サポートを用いた時刻/位相  
(例えば、同期イーサネット)

## Appendix I

### Architecture for time and phase distribution over a packet network providing partial timing support at the protocol level

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

This appendix describes an alternative to the architecture for time and phase distribution using full timing support described in this Recommendation, where not every network element is required to provide timing support. It will operate over a unicast IP network, in a similar manner to the existing frequency distribution architecture, but adapted to carry time and phase, as well as frequency. The architecture and its associated PTP profile are still under development and the accuracy and stability of time and phase distribution using this architecture is not yet known.

This future architecture is expected to address use cases where the operator wants to distribute accurate time and phase over an existing network and cannot upgrade the network to provide timing support in every network node. Additionally, a portion of the network may be provided by a third party and outside the administrative scope of the primary operator. The performance aspects and impacts of these use cases are still under study.

This appendix presents the initial concepts.

#### I.1 Architecture for partial timing support

The following four architectural aspects are covered in this appendix:

- General packet-based timing distribution architecture
- Timing protection aspects and functions
- Partitioning across multiple administrative domains
- Use of multiple underlying technologies

##### I.1.1 Timing distribution architecture

[ITU-T G.8265] describes an architecture for frequency distribution using packet timing protocols. In this architecture a frequency reference is connected to a packet master clock and distributed to the packet slave clocks using packet timing signals. The packet network itself is "timing unaware", i.e., it does not contain any elements that provide assistance or correction to the packet timing signals.

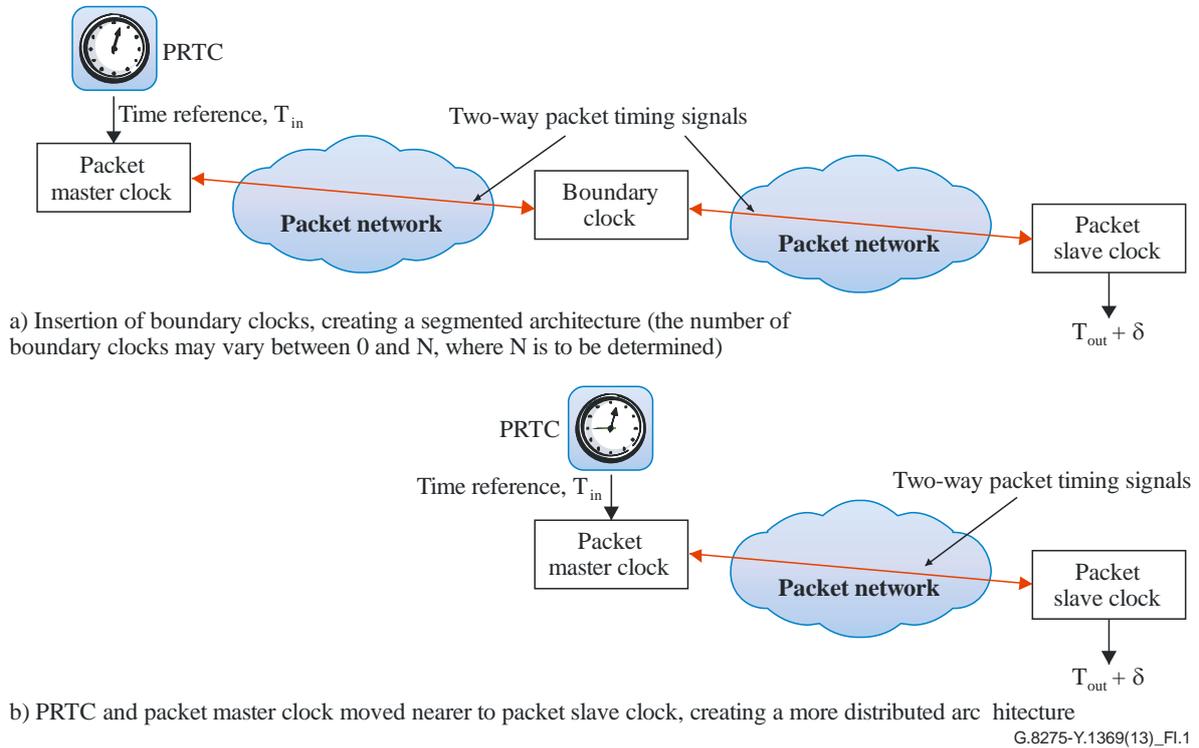
The same method can be considered and adapted to distribute time and phase to the packet slave clocks. This requires changing the frequency reference to a time reference derived from a PRTC (primary reference time clock (PRTC), normally a GNSS receiver referencing time back to UTC). It also requires the timing protocol to operate in two-way mode, i.e., to send event messages in both directions. If the PTP protocol is used, this means using both *sync* and *delay\_request* messages.

The applications requiring accurate time and phase distribution described in [ITU-T G.8271] place a much more stringent requirement on the network and packet slave clock performance than for frequency distribution. The objective is to address some of the classes described in [ITU-T G.8271]. To achieve this, it may be required to reduce the number and type of network elements that can be traversed compared to [ITU-T G.8265.1]/[b-ITU-T G.8261.1] while still meeting the performance requirements.

There are two main ways to accommodate this reduction:

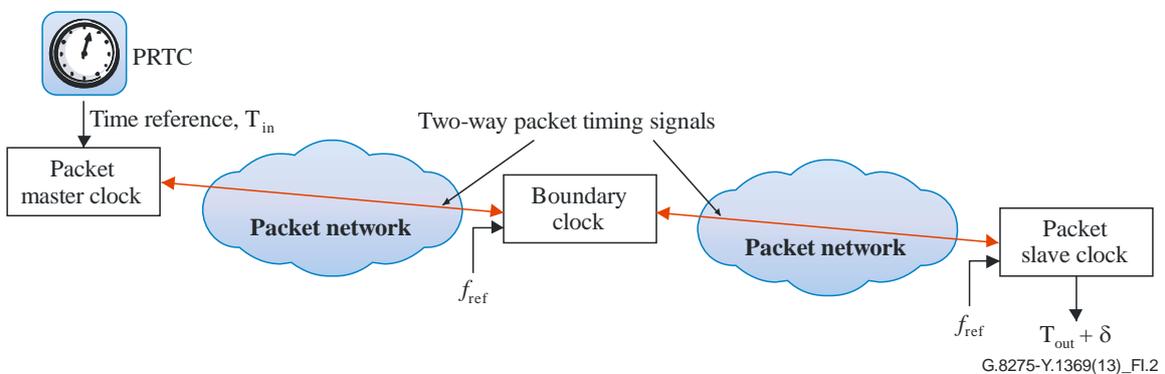
- Use boundary clocks to break the network up into smaller segments (boundary clocks recover and filter the timing from the original packet timing signal and generate a new packet timing signal to forward the timing downstream).
- Move the PRTC and packet master clock closer to the packet slave clock (i.e., a more distributed architecture).

These approaches are shown in Figure I.1:



**Figure I.1 – Modified architecture to support time and phase distribution**

In both cases, the stability and performance of the boundary clocks and packet slave clocks may be enhanced by provision of a stable physical layer frequency reference, such as synchronous Ethernet, if available, as shown in Figure I.2:



**Figure I.2 – Use of physical layer frequency reference (if available)**

It should be noted that the specification of the boundary clock in Figure I.2 is not identical to the boundary clock for full timing support. Similarly, the specification of the packet slave clock in Figure I.2 is not the same as the packet slave clock for full timing support or the packet slave clock for frequency described in [b-ITU-T G.8263].

Performance specifications for the clocks described in this appendix are for further study.

### I.1.2 Timing protection aspects

One method of providing protection in case of network failure is to provide access to an alternative packet master clock or boundary clock. The details of the master selection mechanism are under study.

A second method of protection is based on the use of a frequency reference (if available) to maintain the time base of the various clocks. For example, [ITU-T G.8272] describes the use of a frequency reference (such as synchronous Ethernet) to maintain the PRTC output during periods when the GNSS signal is unavailable.

This method can be applied to both the boundary clock and the packet slave clock. A physical layer frequency reference, if available, can be used to maintain the time output of the boundary clock and/or packet slave clock during periods when the packet timing signal is either unavailable or unusable. This is shown in Figure I.3:

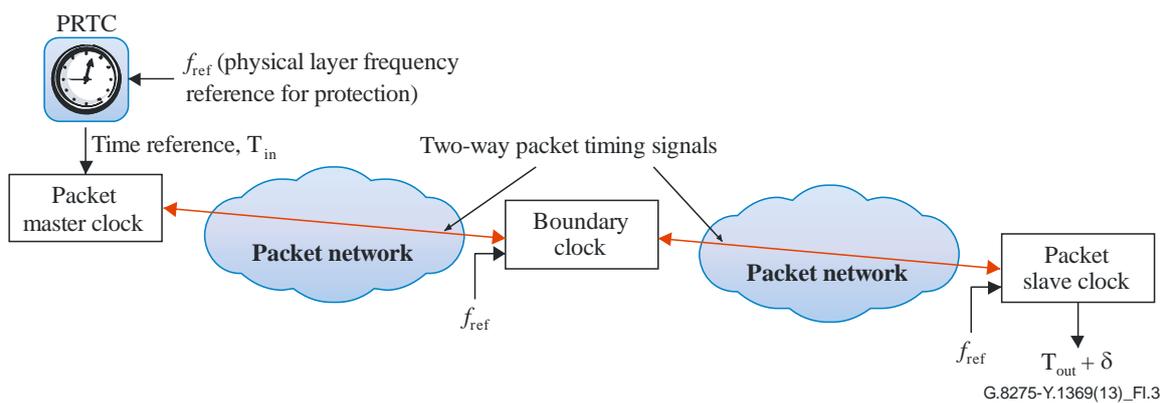
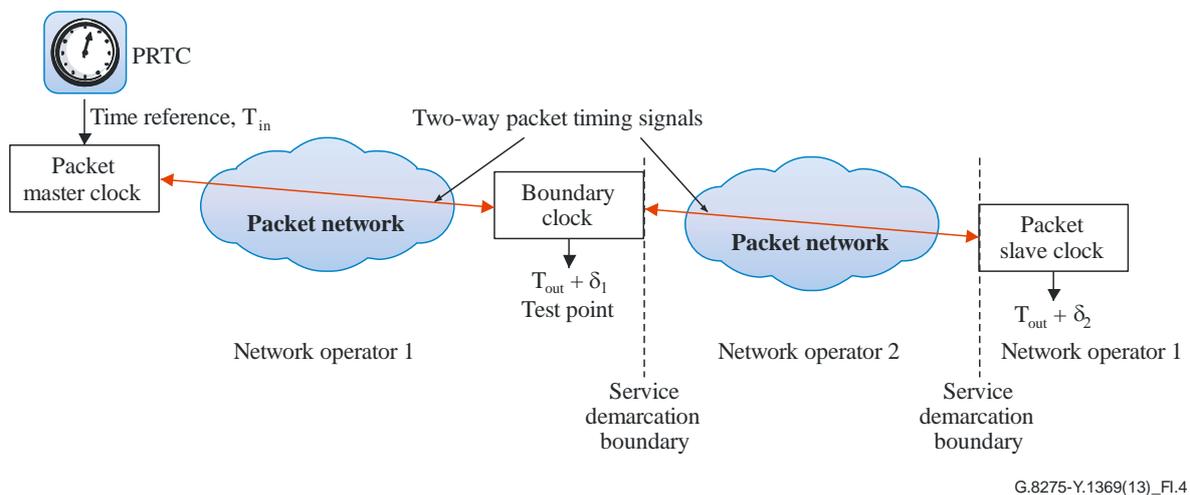


Figure I.3 – Protection using physical layer frequency references

### I.1.3 Partitioning across multiple administrative domains

In some cases, operators purchase services from other operators in order to provide access to remote equipment or networks. The use of the partial timing support architecture permits the distribution of time and phase across such alternative access vendors, even where such vendors may not provide timing support, although the performance of such timing distribution schemes may be undefined.

For example, Figure I.4 shows an example of such an alternative access provision. In this example, a boundary clock is used to ensure a clean hand-off point to the second network operator.



**Figure I.4 – Timing transmission over a second operator's network**

Passing accurate phase/time between administrative domains is for further study. Issues surrounding the demarcation of the packet timing flow and the transferred performance between operators may exist. It may be difficult to determine the location of performance problems especially if the packet timing is passing through multiple administrative domains.

When multiple administrative domains are involved, other methods may be required to deliver accurate phase/time reference to the mobile network operator. For instance, a carrier operator may provide a phase/time reference as a service. The details of these other methods are for further study.

#### **I.1.4 Use of multiple underlying technologies**

Packet networks are built on a number of different underlying technologies. Some technologies not only create packet delay variation (PDV), but also introduce significant asymmetry or difference in delay between the forward and reverse paths. If uncorrected, this asymmetry will cause an error in the packet slave clock's estimate of the correct time or phase.

Where such technologies are used, it will be necessary to verify that they are suitable for accurate time and phase transfer, or that appropriate timing support has been built into the equipment. Details of the PDV and asymmetry contributions of individual transport technologies and their suitability for accurate time and phase distribution are for further study.

## Bibliography

- [b-ITU-T G.8261.1] Recommendation ITU-T G.8261.1/Y.1361.1 (2012), *Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization)*.
- [b-ITU-T G.8263] Recommendation ITU-T G.8263/Y.1363 (2012), *Timing characteristics of packet-based equipment clocks*