

PTP (Precision Time Protocol) の 相互接続実証実験の現状と方向性

– Interop Tokyo 2015 ShowNet における結果からの考察 –

Interop Tokyo 2015 ShowNet NOC Member

セイコーソリューションズ株式会社 長谷川幹人
東京大学 情報基盤センター 関谷勇司



Agenda

- ShowNetとは？
- 高精度な時刻を得るための手法と課題
- 課題解決手法
- PTPとは？
- PTP相互接続実証実験（PTP Interoperability Testing / IOT）
- PTP IOT 結果
- まとめ

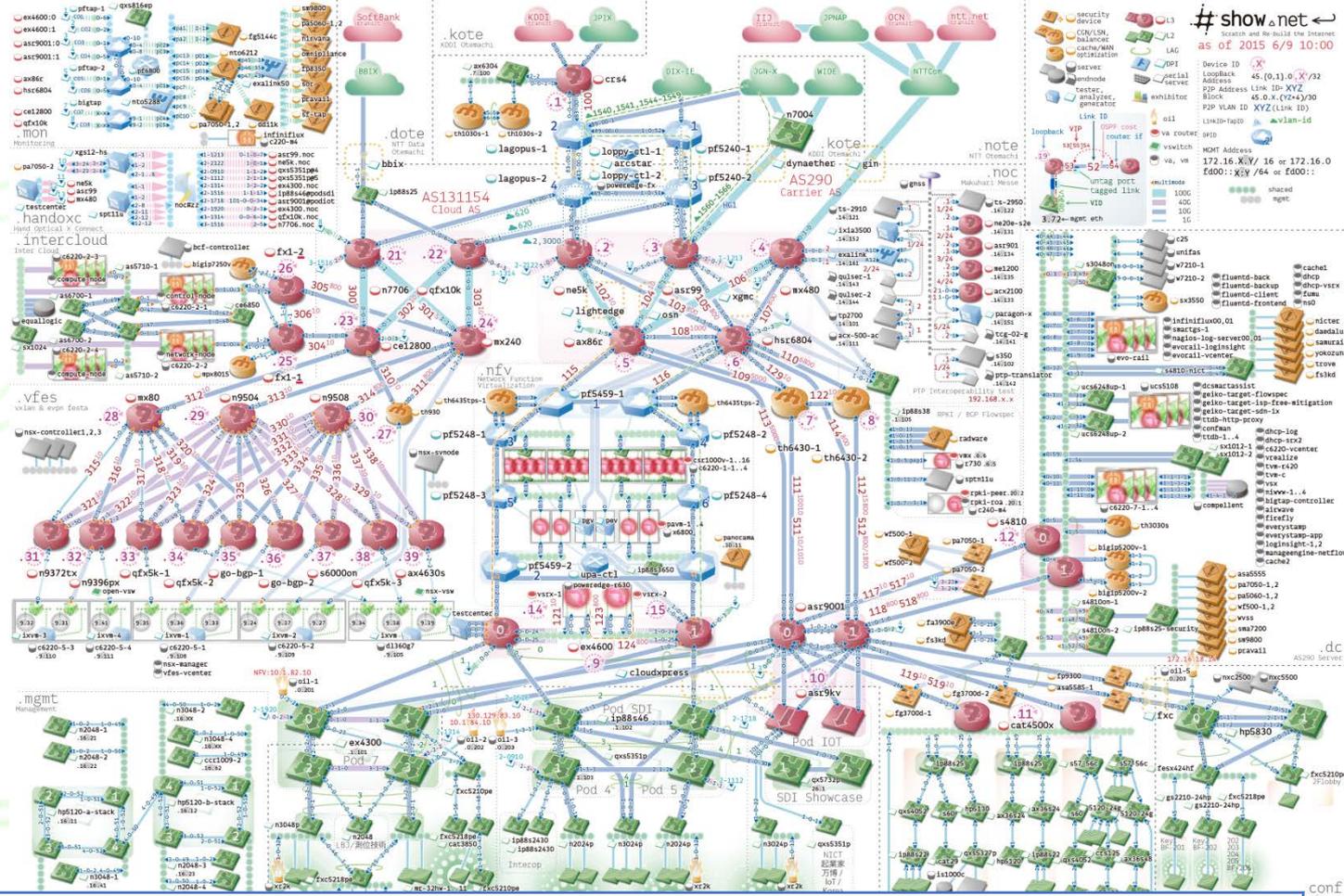
ShowNet 概要

- Interop Tokyo内で構築される最新技術の相互接続検証、デモおよび、出展社へのインターネットアクセス提供という多面性を有したイベントネットワーク
- 2年後、3年後に業界に浸透する技術を先駆けて挑戦
- 世界、国内で初披露（実稼働）される新製品も実装
- Interop Tokyoが唯一、開催当初のスピリットを継承
- 産学官から集まった「NOCチームメンバー」と、機器やサービスを提供する「コントリビュータ」、一般から公募するボランティア「STM」の三位一体で構築



ShowNetとは？

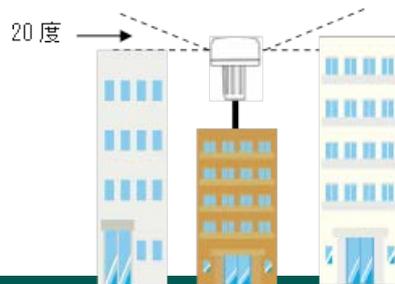
ShowNet 2015 構成図



構成図公開元 : <http://www.interop.jp/2015/shownet/highlight.html>

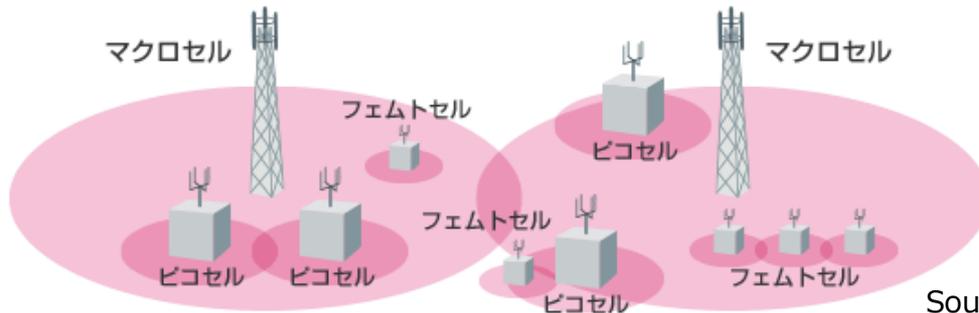
高精度な時刻を得るためには

- 高精度な時刻ソースである全地球航法衛星システム（GNSS）を利用することが一般的な手法
 - 例：GPS（米）, GLONASS（露）, Galileo（EU）, BeiDou（中）
- GNSSから時刻ソースを受信するためには、GNSSアンテナが必要となる
 - 時刻受信装置との間は同軸ケーブル（10D-FBなど）で接続
- GNSSアンテナの設置場所について
 - 障害物が何もない、全天空が見渡せる環境（オープンスカイ）設置が理想
 - 設置条件が厳しい場合、最低限、以下の条件に留意
 - 仰角20度より上に障害物がないこと
 - 近くに他のアンテナ、避雷針などないこと
 - 水平面に対して垂直に設置すること



昨今の課題

- 高精度な時刻を得る必要のある機器数の増加
 - 特にモバイルLTE-Advanced の普及による小型基地局機器の大量展開
 - これまで (3G)
 - 半径数キロメートルの広範囲な通信エリアをカバーできるマクロセルを配備
 - これから
 - 半径数十メートルから数百メートルの狭範囲な通信エリアをカバーするマイクロセル (ピコセル、フェムトセル) を配備



Source : Softbank Mobile

(参考) モバイル技術・時刻同期要件

Application	Radio Interface		Backhaul	
	Frequency (周波数)	Phase (位相)	Frequency (周波数)	Phase (位相)
CDMA 2000	±50ppb	±3 to 10μs	GPS	
GSM/WCDMA		n/a	±16ppb	n/a
LTE (FDD)				
LTE (TDD) (large cell)		±5μs		
LTE (TDD) (small cell)		±1.5μs		
LTE-A MBSFN		±1 to 5μs		
LTE-A CoMP*		±500ns to 5μs		
LTE-A eICIC*		±1 to 5μs		

* The performance requirements of the LTE-A features are under study by 3GPP

昨今の課題（続き）と解決手法

- 小型基地局機器間の高精度な時刻同期が求められる
(例：LTE-A eICIC ± 1 to $5\mu\text{s}$)
 - GNSSアンテナを機器数分設置する場合
 - デバイスの数の増加に伴い、その数分の専用アンテナ、同軸ケーブルを設置するためのコスト増加が予想される
- アンテナ敷設数を減らすための解決手法
 - (1) GNSS同軸分配器の利用
 - (2) PTP (Precision Time Protocol) の利用

GNSS同軸分配器の利用と懸念

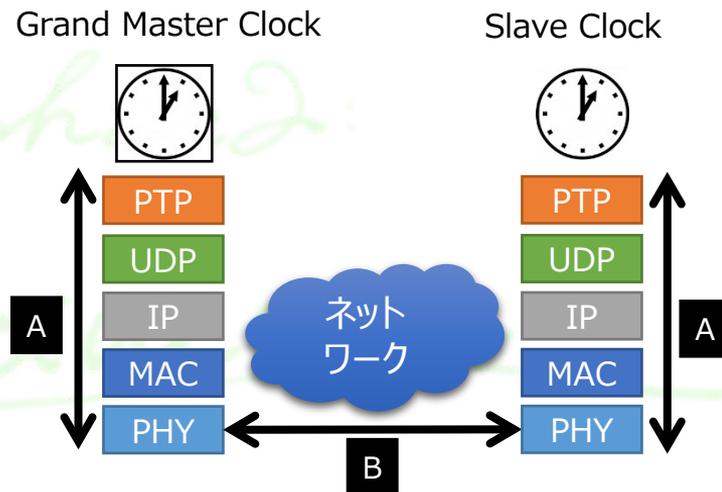
- GNSS同軸分配器とは？
 - GNSS入力信号を、ポート数分コピーして分配出力する機器
- 大量機器展開時の懸念事項
 - 同軸分配器の分配数 = 機器収容可能数
 - 右の分配器で1入力-8分配出力 = 8機器
 - 物理分配数となるため柔軟性に欠ける



参考: GPS Source社 / S18- 1 x 8 STANDARD GPS SPLITTER

PTP 概要

- IEEE 1588 : Precision Time Protocol (PTP)
 - IEEE1588-2008(v2)
 - NTPと同様パケットベースのプロトコル
- 時刻源はGNSSを想定
- 同期精度
 - マイクロ秒以下のオーダー
 - NTPはミリ秒オーダー
 - 誤差の主要因である伝送遅延の影響を排除
 - パケットが物理層（図のPHY部）を通過した時刻を打刻すること推奨
 - 誤差の主要因である伝送遅延の影響を出来る限り排除するため
 - ネットワーク機器の全てがPTP対応することを想定
 - パケット送受信頻度を上げ統計情報処理精度UP



A : プロトコルスタックにおける遅延・ジッター

B : ネットワークにおける遅延・ジッタ

遅延 : 計測可能なデータ転送の流れ
ジッタ : 遅延のばらつき

PTP クロック種別

- PTPに属するクロックは3種別が定義されている

種類	名称	内容	IEEE1588 Version
OC	Ordinary Clock	<ul style="list-style-type: none">ポートを1つだけ持つPTPノード時刻は終端Master/Slaveの何れかで動作Master = Grand Master Clock (GM)	V1(2002) V2(2008)
BC	Boundary Clock	<ul style="list-style-type: none">ポートを複数持つPTPノード時刻は終端→再配信Master/Slaveの両方で動作	V1(2002) V2(2008)
TC	Transparent Clock	<ul style="list-style-type: none">ポートを複数持つPTP中継時刻は中継E2E/P2P の形態P2Pは、Master/Slaveの概念	V2(2008)

PTP Profile

- 各業界団体では、近年コストパフォーマンスが高い IP/イーサネットへのネットワークリプレースを想定し、IEEE 1588をベースに各業界団体の同期技術要件に沿わせ整えた規格を各々定義する動きが進行中
- 各業界へ適用する同期技術を「Profile」と呼ぶ。異なるProfile間の相互接続性はない

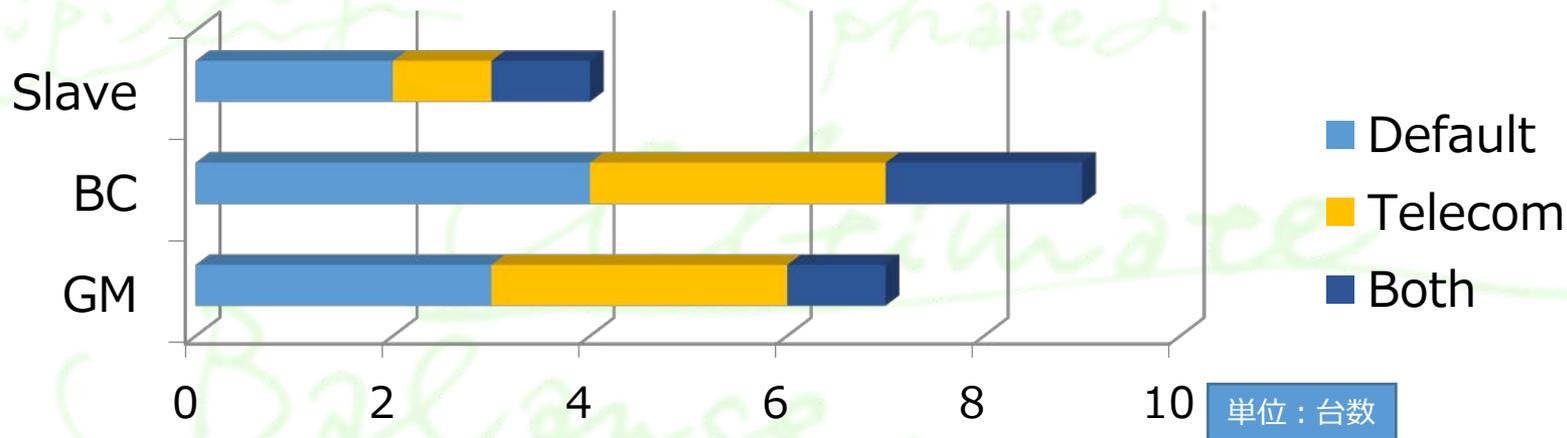
業界 (Profile)	標準化団体	規格	レイヤ
Default	IEEE	1588v1, 1588v2, (1588v3)	IPv4/IPv6/L2 ETH
Telecom	ITU-T	Frequency(周波数) : G.8265.1 Time & Phase(位相) : G.8275.1, (G.8275.2)	IPv4/IPv6 L2 ETH, (IPv4/IPv6)
Power	IEEE	C37.238-2011	L2 ETH
Automotive, Audio & Video	IEEE	802.1AS	L2 ETH
Broadcast	SMPTE	ST 2059-1, ST 2059-2	IPv4/(IPv6)
Finance	IETF	(Draft Enterprise Profile for PTP)	検討中

PTP IOT コンセプト

- (背景) 様々な業界へのPTP適用、PTPネットワークのマルチベンダー化の加速を想定
- 複数のGM/Slave製品と主要なネットワーク製品 (BC) の相互接続実証実験を実施
- 対象Profile (2種類)
 - Default Profile
 - 機器への実装が最も進んでおり、新しい分野での応用利用を期待
 - Telecom Profile
 - 今後テレコムモバイルでの適応が進むと想定

PTP IOT Profile

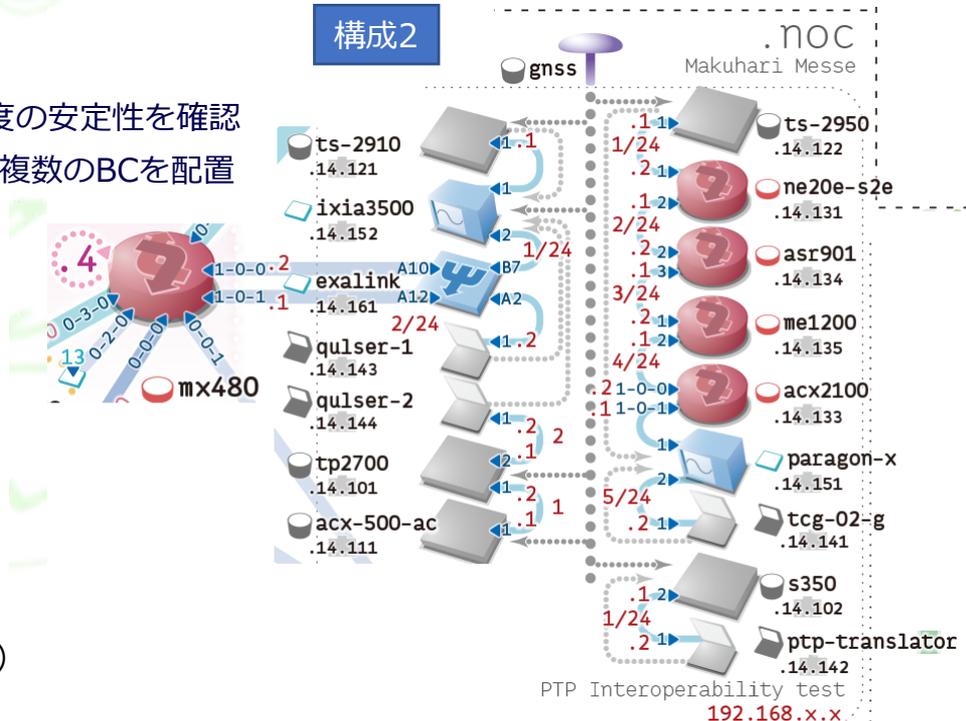
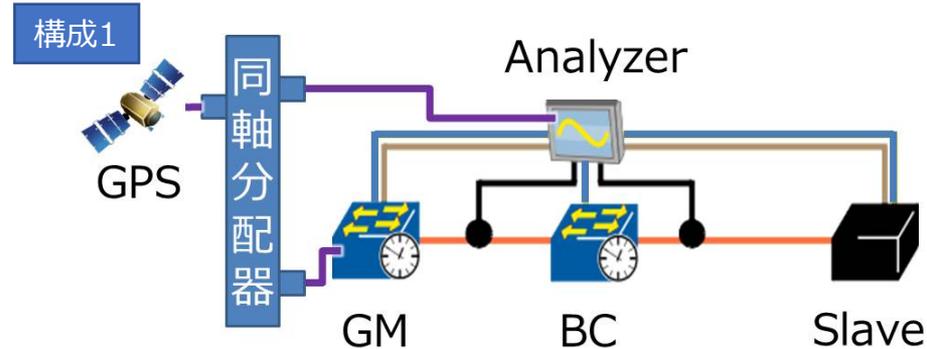
- ShowNet 2015 “GM/BC/Slave”の各Profileサポート状況



- Profile間の相互接続性はないため、サポート機器同士で相互接続試験を実施

PTP IOT 構成

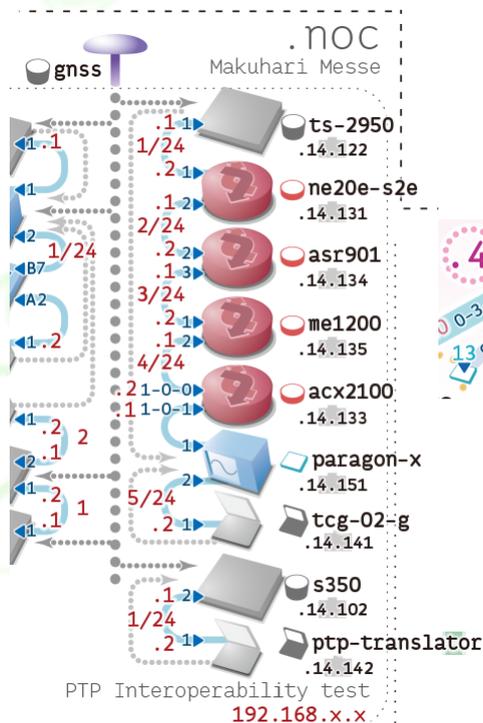
- 構成1
 - 今回の提供機器がサポートするクロック種別であるGM/BC/Slaveの相互接続性を確認
- 構成2
 - 対象Profile (Def, Tel) を実装した機器同士の同期精度の安定性を確認
 - 実際のネットワーク構成を意識し、GMとSlaveの間に複数のBCを配置



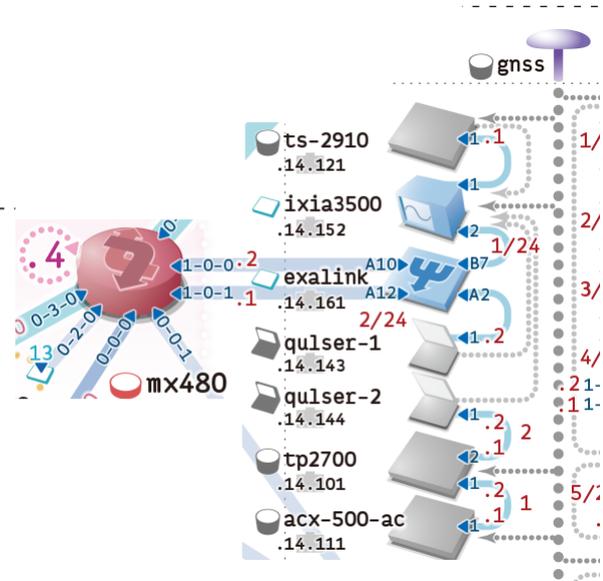
PTP IOT 確認ポイント

- 構成1
- (1) GM-BC-Slaveのプロトコル接続性 (GM-Slave間で確認)
- (2) GMとBCの時刻精度の差分確認 (Analyzerで確認)
- (3) GMとSlaveの時刻精度の差分確認 (Analyzerで確認)
- 構成2 (gnssを中心に) →右図
- (右側) Default Profile実装機器接続構成
- (左側) Telecom Profile実装機器接続構成

構成2 : Default Profile

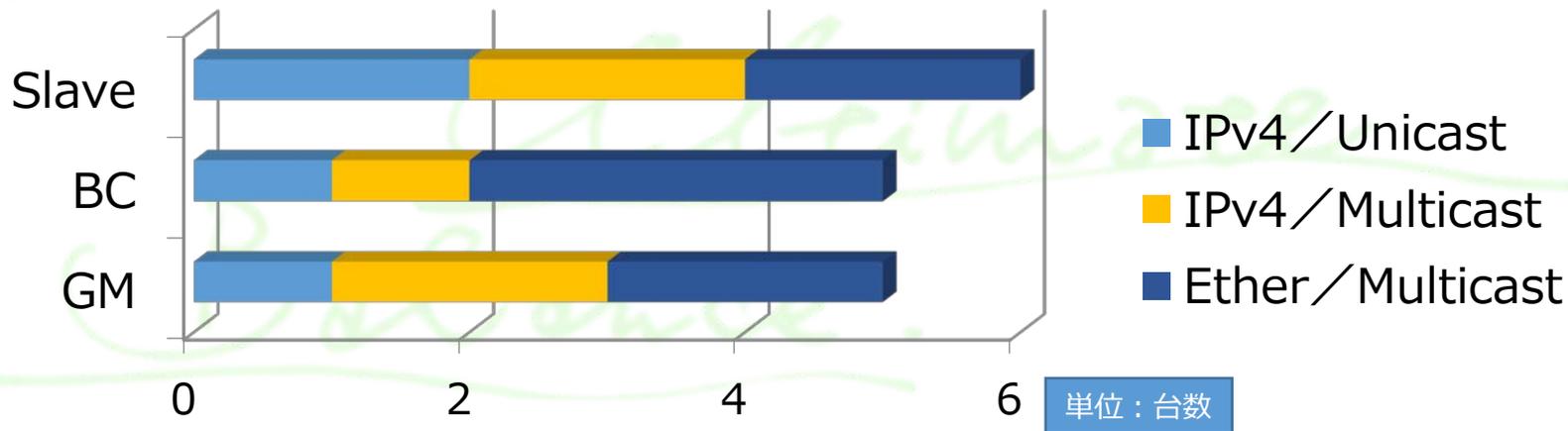


構成2 : Telecom Profile



GM/BC/Slaveの相互接続性確認結果

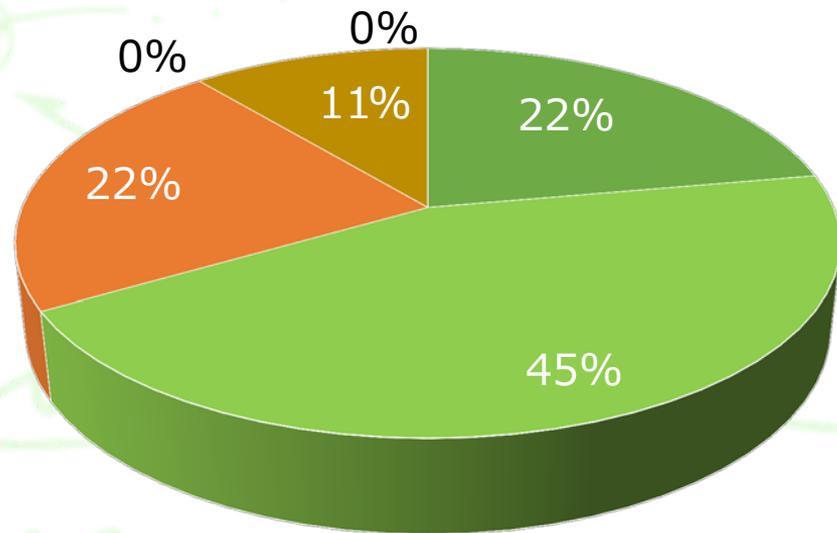
- Default Profile相互接続性確認
 - 各社サポートする通信レイヤに差分があることが判明
 - 異なる通信レイヤ間の相互接続性はなし



- 同じ通信レイヤをサポートする機器同士でGM-BC-Slaveの接続性確認実施

GM/BC/Slaveの相互接続性確認結果

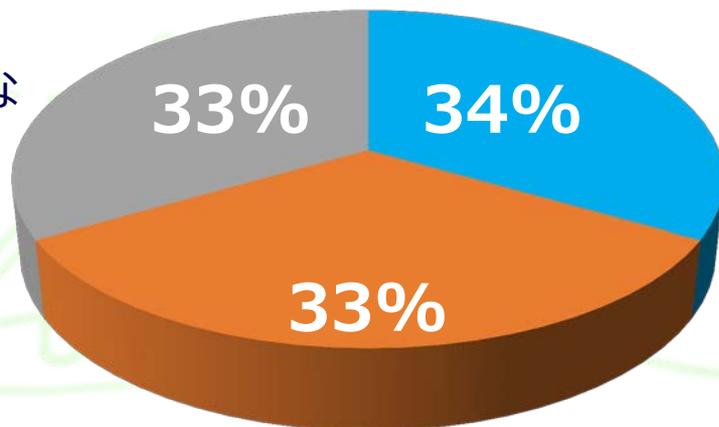
- Default Profile相互接続性確認
- (結果) 同じ通信レイヤ同士であっても相互接続性がない組み合わせあり
- (原因) 2件の問題を確認
 - (1件目) 接続機器同士でPTPヘッダの解釈が異なるケース
 - (2件目) 設定したSyncメッセージの送信間隔が1秒間にならすと設定通りだがマイクロに見るとバーストして送信する機器があり対向装置が取りこぼしていたケース
- 2件とも当該機器メーカーにフィードバックし、今後の改善を依頼



- OK (IPv4/UC)
- OK (Ether/MC)
- NG (IPv4/UC)
- NG (IPv4/MC)
- OK (IPv4/MC)
- NG (Ether/MC)

GM/BC/Slaveの相互接続性確認結果

- Telecom Profile相互接続性確認
- (結果) プロトコル相互接続OKで且つ、ITU-T G.8272/Y.1367 で定義されている時刻精度OKな構成は3割程度
- (原因) 複数問題あり、2件を例にあげる
 - (1件目) プロトコルは正常にやり取りできているがGM-BC-Slaveの間のいずれかの機器の時刻精度不足によりG.8272精度がNGとなるケース
 - (2件目) BCとSlave間でプロトコルのパラメータを規格外の値に調整しないと接続できないケース
- 他の問題含めて当該機器メーカーにフィードバックし、今後の改善を依頼



- プロトコル相互接続OK / G.8272精度OK
- プロトコル相互接続OK / G.8272精度NG
- プロトコル相互接続NG

同期精度の安定性確認結果

- 期間：数日
- 確認対象：GMからSlaveまでの同期精度の安定性
- 結果：周期的に揺らぐ事象を確認
 - 本事象については前述の問題に起因する可能性があるため、来年以降のチャレンジアイテムとし、詳細解析は見送っている

まとめ

- (現状) PTPネットワークのマルチベンダー化は道半ば
- (今後) 大量のノードをIP/イーサネットワーク上で極めて高精度に同期させる需要が高まることを考えると・・・
 - PTP機器のマルチベンダー化の需要が高まっていくと推測
 - マルチベンダー化の利点→機器導入までのステップ短縮が可能と推測
 - (一例)
 - PTP機器選定時、ネットワーク全体の構成をあまり意識せずに機器選定が可能なため、機器調達時の社内関係組織間の調整が行いやすい
- ShowNetでは、マルチベンダーによる相互接続実証実験を進めることでPTPが様々な業界に適応されていくための後押しができればと考えている

参考リンク

- ShowNet <http://www.interop.jp/2015/shownet/>
- GNSS(Global Navigation Satellite System(s))
https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation
- GPS(Global Positioning System) https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- LTE-Advanced <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>
- 各業界団体
 - IEEE: 米国電気電子学会 <http://www.ieee.org/index.html>
 - ITU-T: 国際通信連合・電気通信標準化部門 <http://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx>
 - SMPTE: 米国映画テレビ技術者協会 <https://www.smpte.org/>
 - IETF: インターネット技術タスクフォース <https://www.ietf.org/>
- ITU-T G.8272/Y.1367 Timing characteristics of primary reference time clocks
<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=12393>