

JATET 映像・音響部会共同研究会 2021 MoIP セミナー ～ IPリモートプロダクション実現への考察 ～

2021.10.18

池上通信機株式會社

本日のアジェンダ

- はじめに

- IPとSDIの違い、IP化のもたらす優位性は何か？
- IP化の本質

- 規格と実践

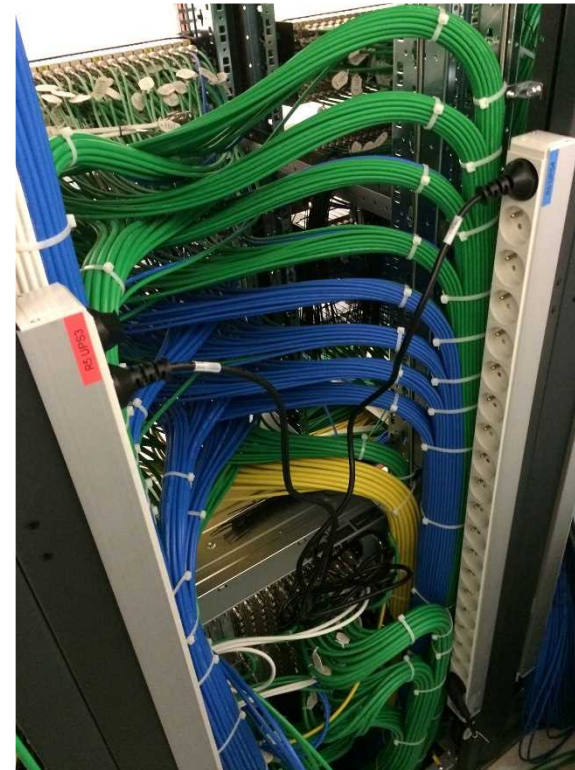
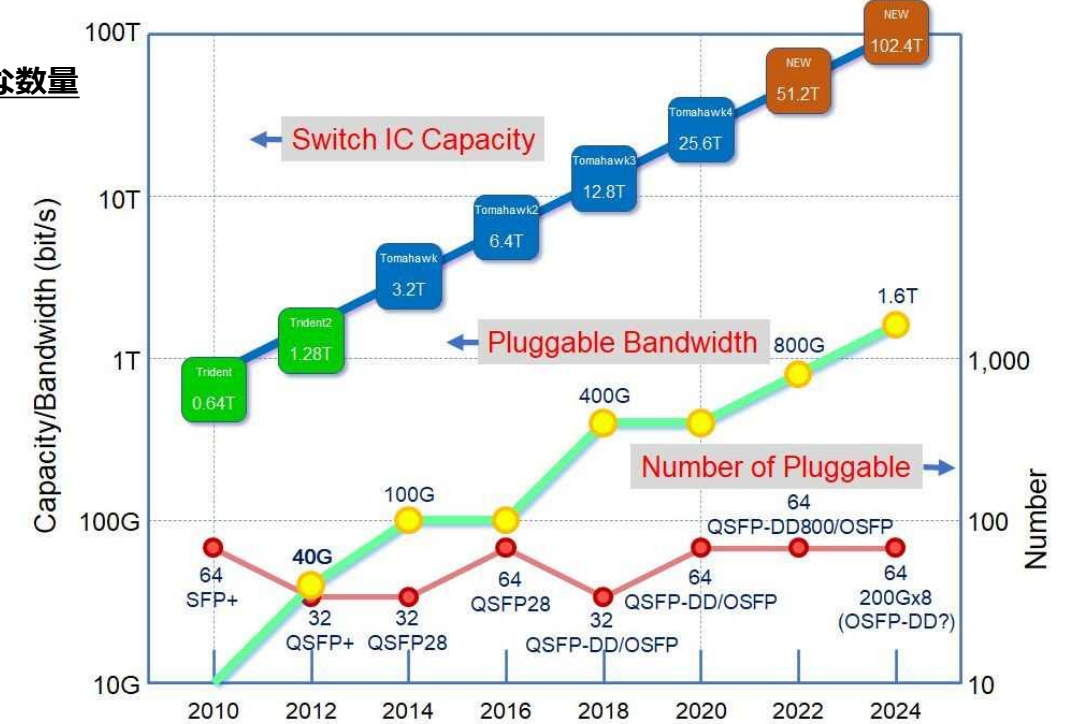
- NICT札幌雪まつり伝送実験における具体例
- ネットワーク設計 (ユニキャスト/マルチキャスト)

- 概要:

- MoIP概略 (ST 2110とPTP)
- 様々な監視ツール
- 放送設備のIP化に向けた展望と課題

IPとSDIの違い、IP化のもたらす優位性は何か？

スイッチIC交換容量とPluggableの伝送速度と必要な数量



ラックの同軸ケーブル



- ケーブル量の削減
 - Ethernet の圧倒的な速度向上率
 - 複数の映像や音声信号を集約。双方向通信
 - 4K、8Kでは効果絶大
- リモート制作による生産性の向上
 - 番組制作環境の改善、出張や移動時間の削減
 - 制作スタッフの効率的な働き方
 - 機材の運搬時間削減による有効活用
- 設備配置の自由度向上と効率化
 - IPには接続距離の制約がない
 - ※ ローカルだけではないネットワークの相互接続
 - ※ 場所に関係なくリソース共有が可能
- 将来的は、各放送局や各中継車に積載している機材を拠点に集約化可能に？(クラウド化)

これまで不可能だった働き方と設備の在り方を実現可能？

IPとSDIの違い、IP化のもたらす優位性は何か？

- SMPTE ST 2110 規格の高い柔軟性
 - カプセル化に要す時間を計算してみる
 - 空間解像度、時間方向解像度
 - HDR/広色域など高品位制作を包含
- 相互接続互換の重要性
 - 伝送の規格 ST 2022、ST 2110
 - 同期の規格 ST 2059-2
 - 制御の規格 AMWA NMOS

Wes Simson 氏

President, Telecom Product Consulting
SMPTE Fellow
RIST forum co-chair



出展: <https://2020.smpte.org/home/speaker/173715/wes-simpson>

John Mailhot 氏

CTO, Imagine Communications
SMPTE Fellow
AIMS Technical Working Group chair



出展: <https://2019.smpte.org/home/speaker/80223/john-mailhot>

参考: <https://vidmeet.tv/wordpress/webinar/index.html#1126>



「好奇心が研究の原動力」真鍋淑郎氏（ノーベル物理学賞受賞）

訴求第一段階 ～ リモート回線の同期化

➤ IP内部構成:

映像・音声・インカム・制御・タリー・同期

遠隔地の映像素材を同期結合

→ 直接スイッチャーに入力、フレームシンクロナイズ

リモートプロダクション
(出先制作システムの効率化)

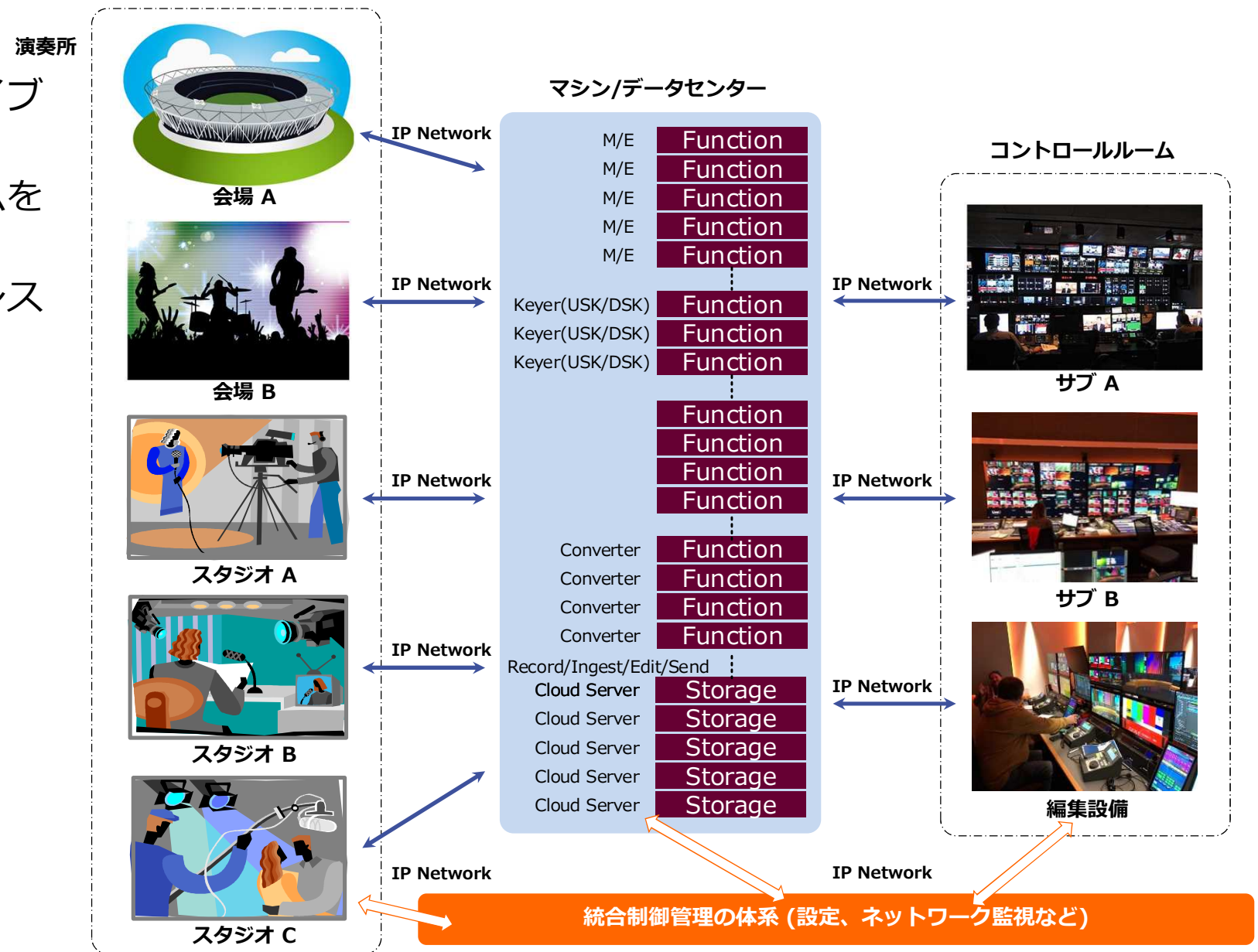
制作コストの低減



訴求第二段階 ～ データセンターの統合

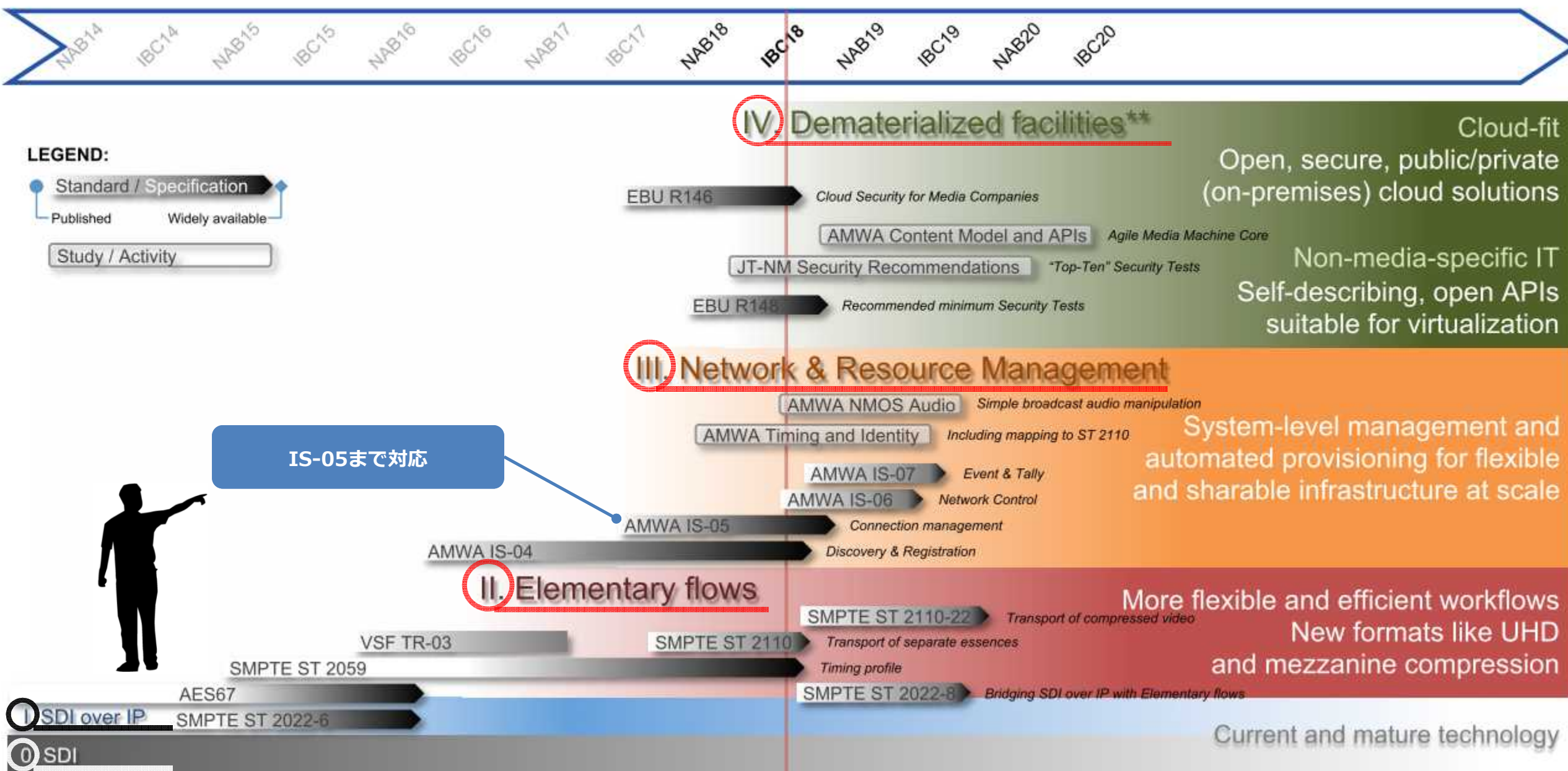
- IPネットワークの拡大によって多地点のライブ制作が可能に
 - 従来システムごとに分けていたマシンルームを統合しフレキシブルに機能分散
 - 機能を細かく分離することによって必要なシステム規模を効率的に構成
- *分散 = 冗長・・・信頼性向上へ
- コントロールは任意の演奏所を選択可能に

任意の制作現場
リモートプロダクション
フレキシブルな系統、機能のセット
アップ

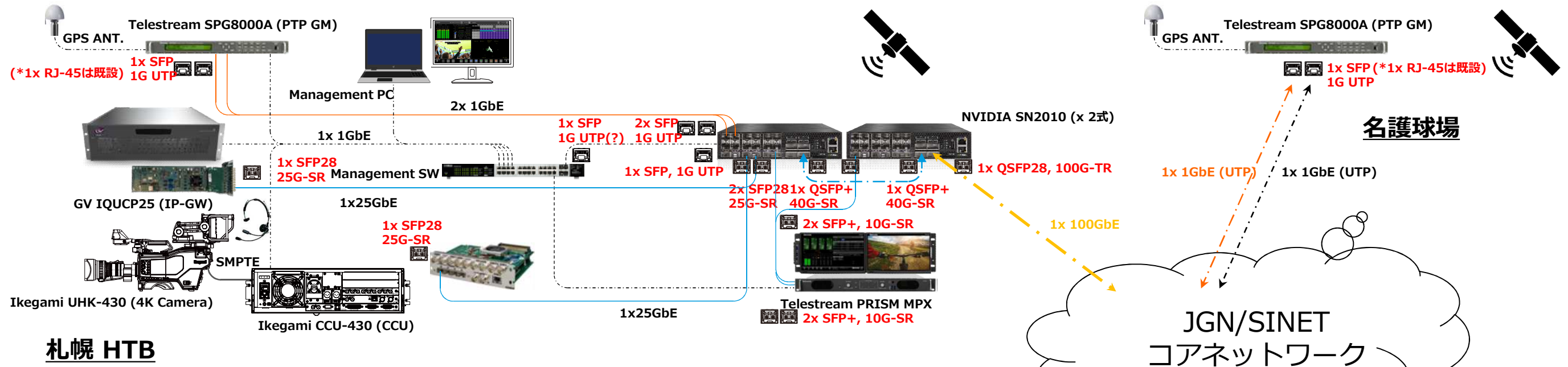


クラウド化: 相互接続互換 ロードマップ^o (2018年9月)

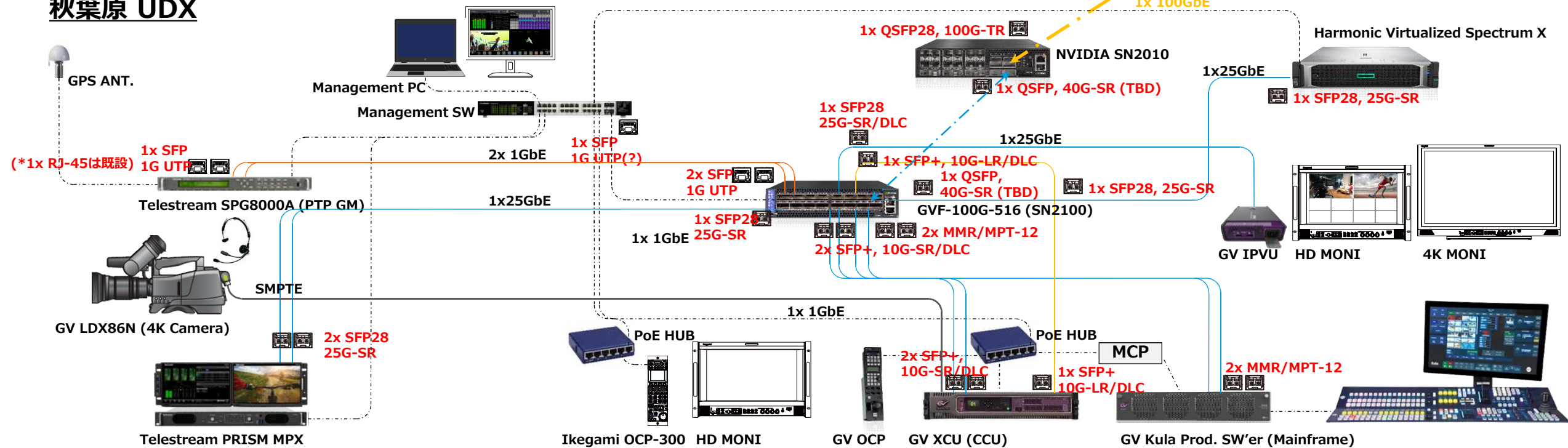
JT-NM Roadmap of Networked Media Open Interoperability*



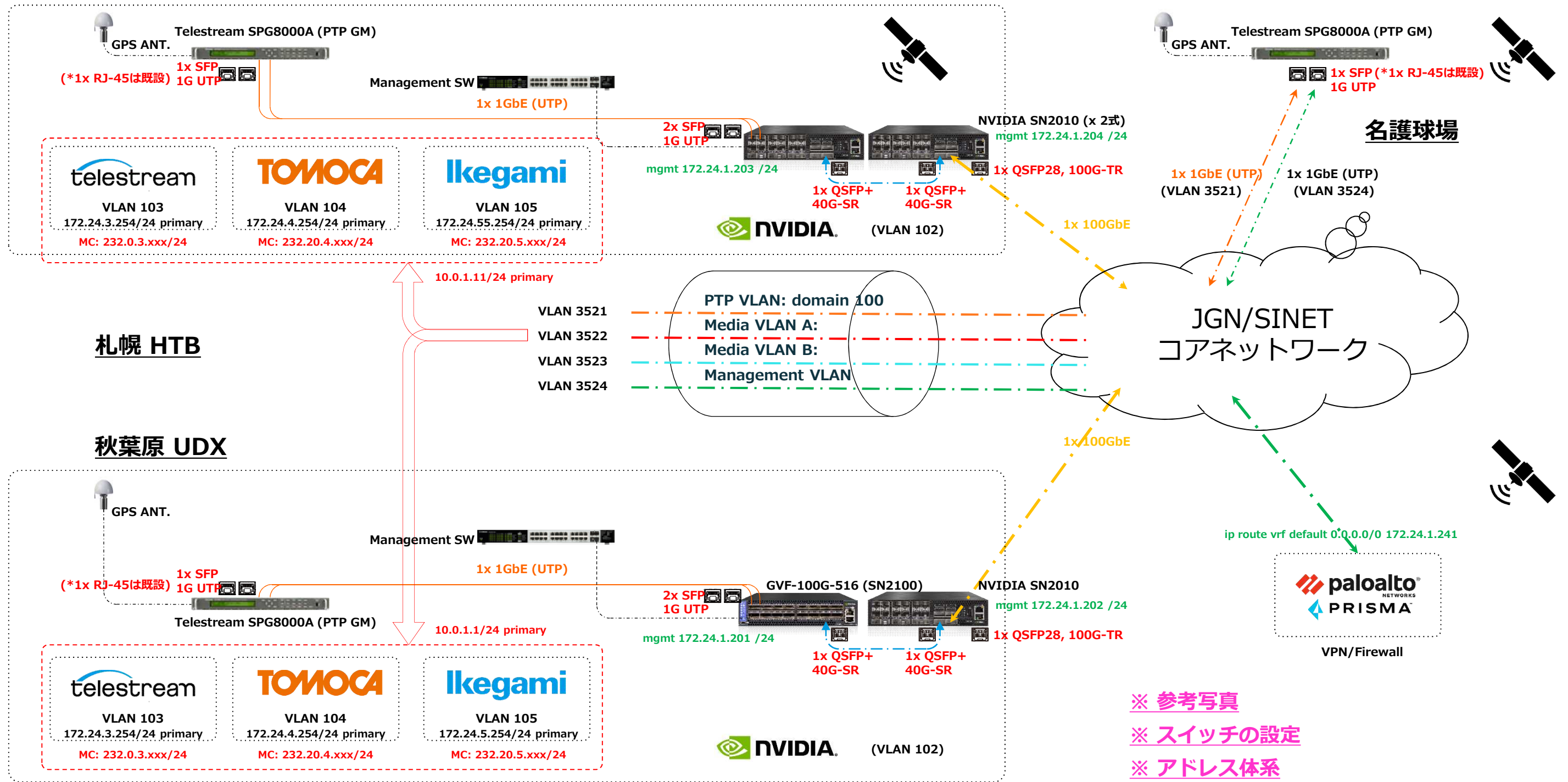
雪まつり2021: 機器接続図



秋葉原 UDX



雪まつり2021: ネットワーク構成

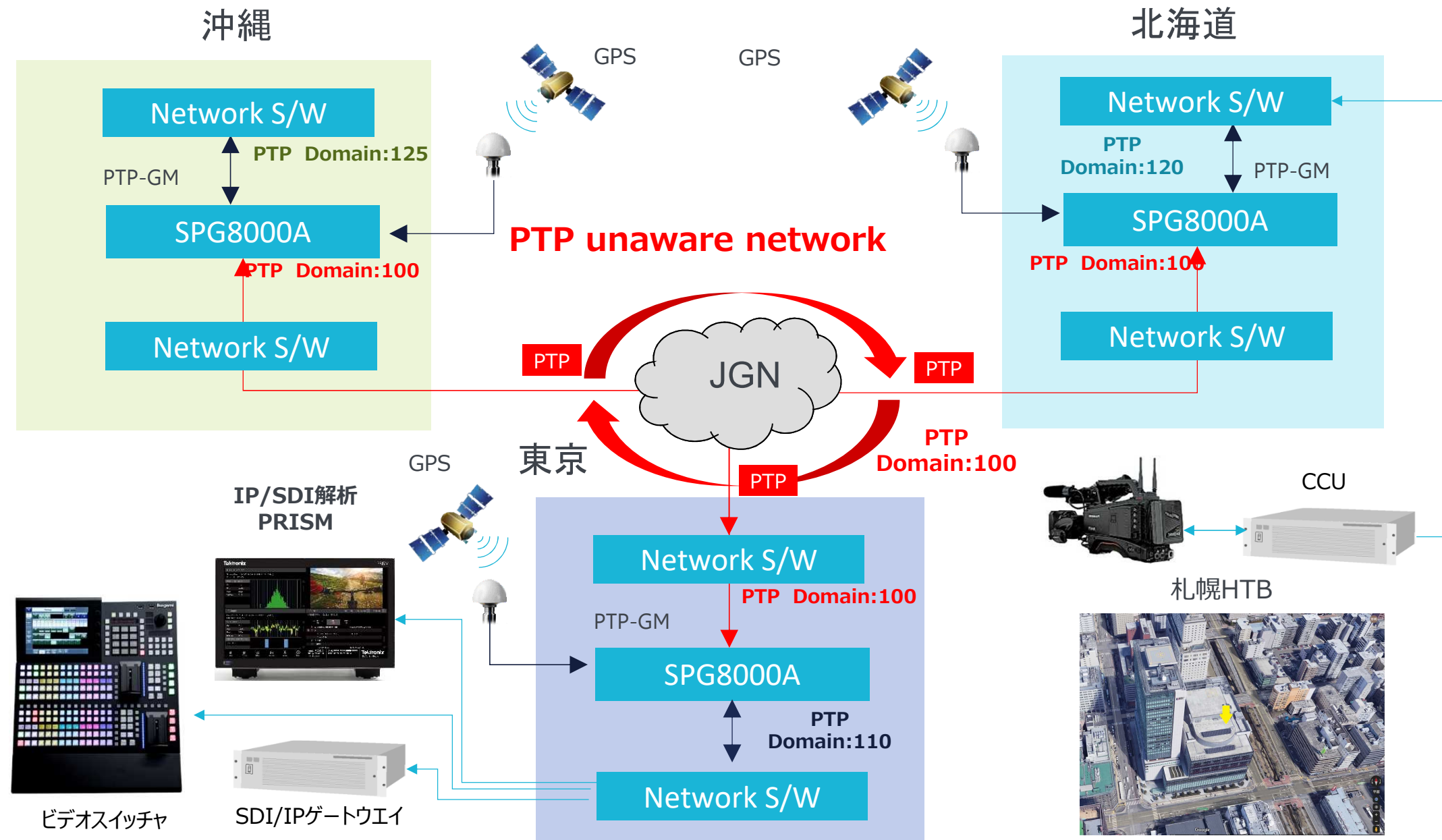


各拠点間の直線距離



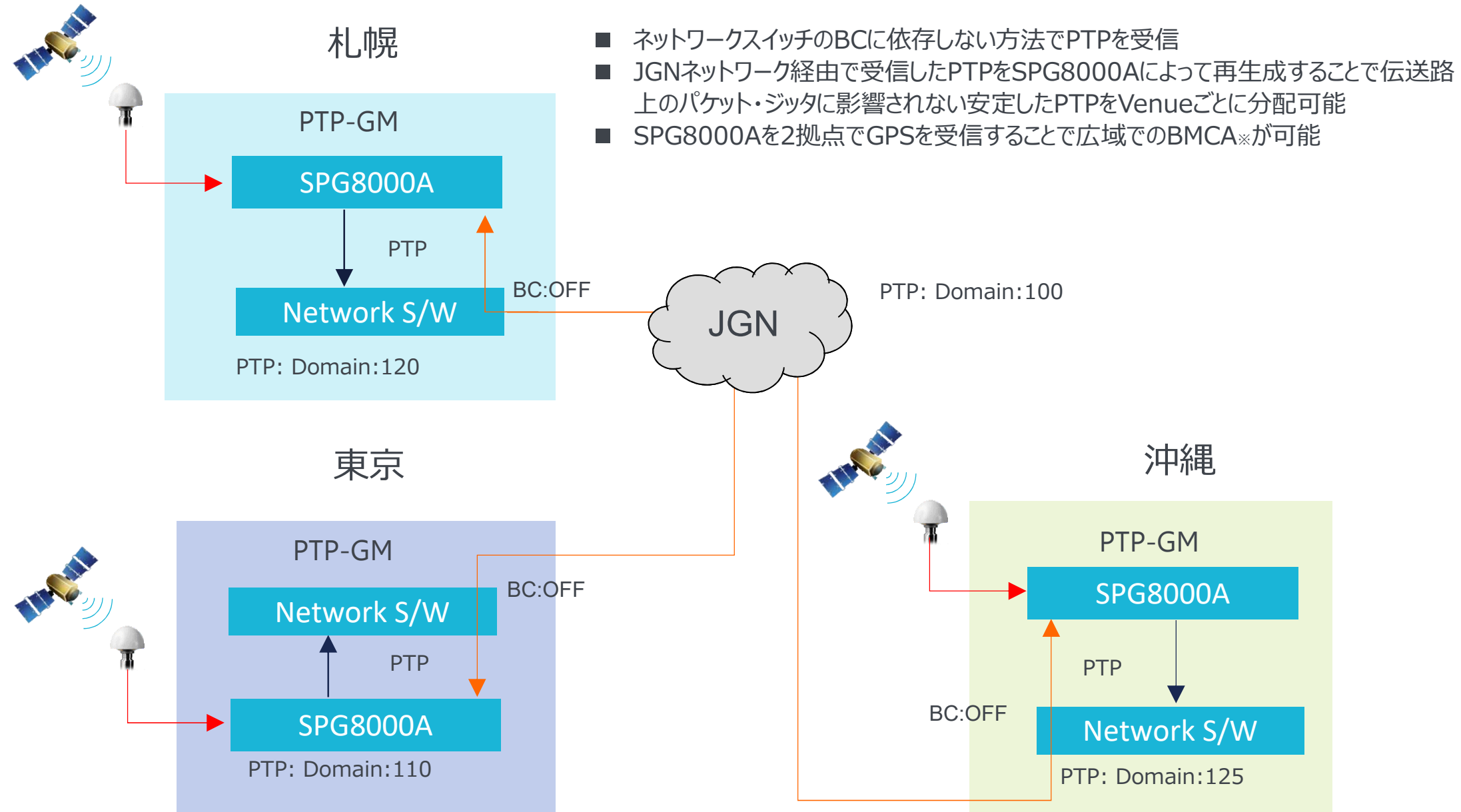
各拠点でPTPのリファレンスを選択可能

GPS受信感度が良好な地点からのPTPをネットワーク経由で受信してリファレンスに



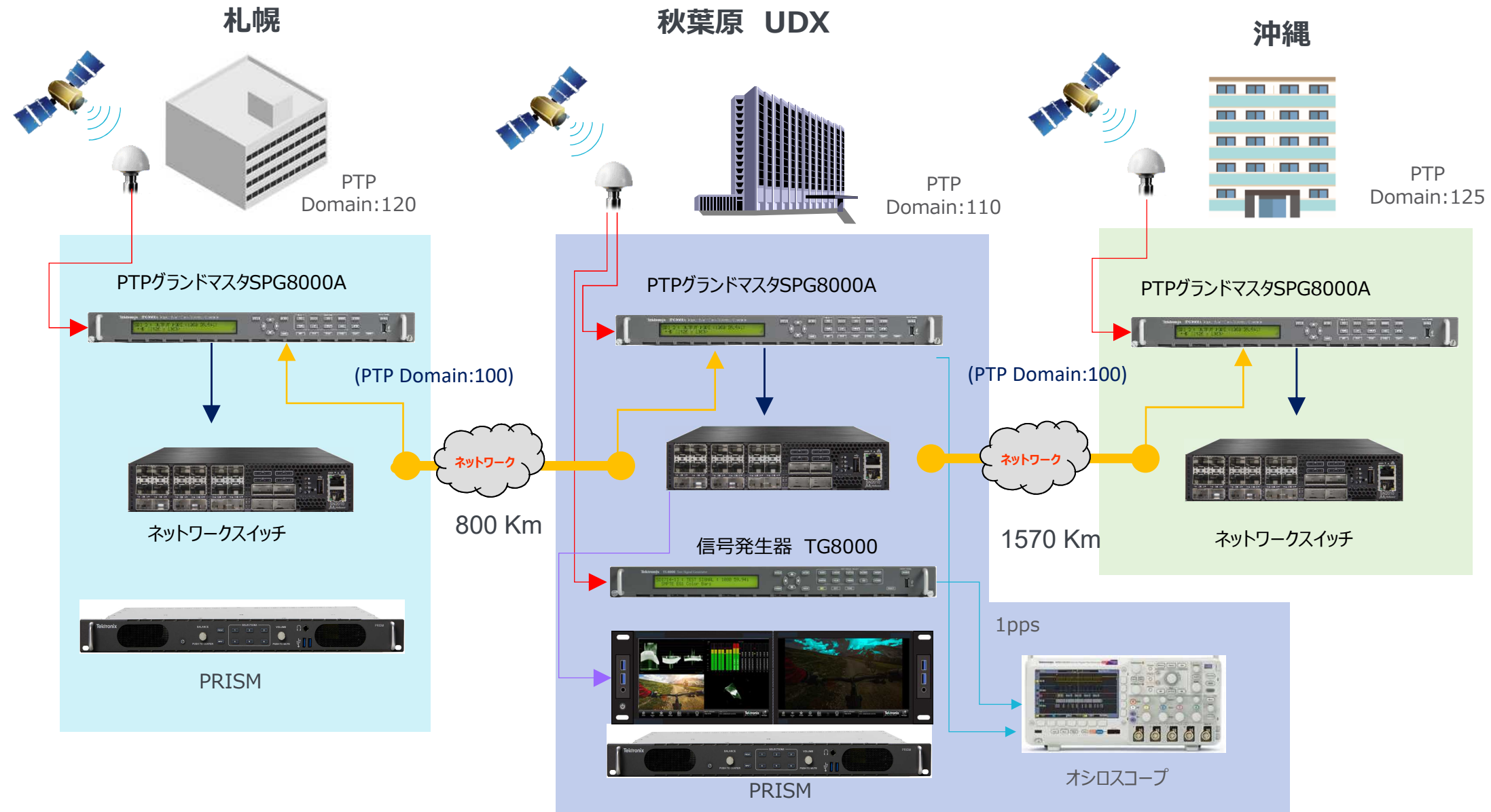
各拠点でPTPのリファレンスを選択可能

SPG8000AのリファレンスはGPSまたはPTPを選択可能



各拠点からのPTPを受信

PTPを受信したSPG8000AとGPSを受信したTG8000Aの1ppsを比較測定



沖縄～秋葉原のPTPをSPG8000Aで同期

沖縄からPTPをJGNネットワークで秋葉原のSPG8000Aが受信し同期を確認した



2021年1月28日

Tektronix Video SPG8000A Web Interface

Help Refresh Unlocked Log Out

INT EXT TIME PWR1 PWR2 FAULT

Reference Source: PTP

LTC LTC 1 (Output) LTC 2 LTC 3 LTC 4

Local (DST) 30 fps drop-frame

PTP Status

PTP Status : Locked >>>>>>

	Primary Master	Primary Slave	Secondary Master
State:	Disabled	Enabled: Active	Enabled: Active
Master Id:	---	00:90:56:ff:fe:08:12:80	08:00:11:ff:fe:21:cf:6c
Steps Removed:	1	1	1
Domain:	100	100	110
Profile Type:	ST2059	ST2059	ST2059
Priority 1:	128	N/A	128
Priority 2:	128	N/A	128
Announce Interval:	0.125s 8Hz	N/A	0.25s 4Hz
Sync Interval:	0.015s 64Hz	N/A	0.125s 8Hz
Clock:	Accuracy: 100 ns, Class: 6, Source: GPS	Accuracy: 100 ns, Class: 6, Source: GPS	Accuracy: 1 us, Class: 187, Source: PTP
ST2059 SM Local Offset:	+08:59:23	-00:00:37	+08:59:23
ST2059 SM Jump Seconds:	+00:00:00	+00:00:00	+00:00:00
ST2059 Next Jump:	Not Set	Not Set	Not Set
ST2059 Last Jam Time:	2021-01-29 00:00:00	2021-01-29 00:00:00	2021-01-29 00:00:00
Comm. Mode:	Mixed SMPTE	Mixed SMPTE	Multicast
Step:	Two Step	Two Step	One Step
Delay Mechanism:	End to End	End to End	End to End
Phase Lag:	N/A	-198.282 ns	N/A
Lock Value:	N/A	1.00	N/A
Packet Noise:	N/A	1.839 us	N/A

Primary Slave	Secondary Master
Active	Enabled: Active
fe:08:12:80	08:00:11:ff:fe:21:cf:6c
1	1
110	110
ST2059	ST2059
128	128
128	128
0.25s 4Hz	0.25s 4Hz
0.125s 8Hz	0.125s 8Hz
100 ns, Class: 6, Source: GPS	Accuracy: 1 us, Class: 187, Source: PTP
	+08:59:23
	+00:00:00
	Not Set
9 00:00:00	2021-01-29 00:00:00
PTP	Multicast
	One Step
	End to End
s	N/A
	N/A
	N/A

秋葉原UDX GPS受信

GPSの受信状態が悪い場合は、札幌または沖縄からのPTPで同期



秋葉原UDX GPS受信

15機の衛星から4機の衛星を補足してPTPとBBを生成した

秋葉原の受信状態

The screenshot displays the Tektronix SPG8000A Web Interface, which is used for configuring and monitoring video and time synchronization equipment. The interface is divided into several sections, with a red box highlighting the GPS and PTP status information.

Reference

Source : GPS

GPS

Figure of Merit : **Locked** >-----
Signal Quality : 17.4
Satellites : 4 in-fix / 15 in-view
Antenna : Nominal

Genlock

Status :
Sig. Amplitude :

Time

Source : GPS

VITC Input :
TimeZone and DST :
LTC Input :
LTC Format :
LTC Timing :

Local Time : 2021-01-27 23:01:44
UTC Local Time : 2021-01-27 14:01:44
Program Time : 2021-01-27 04:16:14
Applied DST Offset : NONE

Video

Black 1: NTSC Black Burst
Black 2: NTSC Black Burst
Black 3: NTSC Black Burst
Black 4: NTSC Black Burst
Black 5: NTSC Black Burst

Composite 1: NTSC Black Burst
Composite 2: NTSC Black Burst
SDI 1: HD 1080 59.94i 100% Color Bars
SDI 2: HD 1080 59.94i 100% Color Bars

Audio

AES: PP PP PP PP
Embedded 1: -----
Embedded 2: -----

PTP Status

	Primary Master	Primary Slave	Secondary Master
State:	Disabled	Disabled	Enabled: Active
Master Id:	----	----	08:00:11:ff:fe:21:cf:6c
Steps Removed:	0	0	0
Domain:	100	100	110
Profile Type:	ST2059	ST2059	ST2059

Reference

Source : GPS

GPS

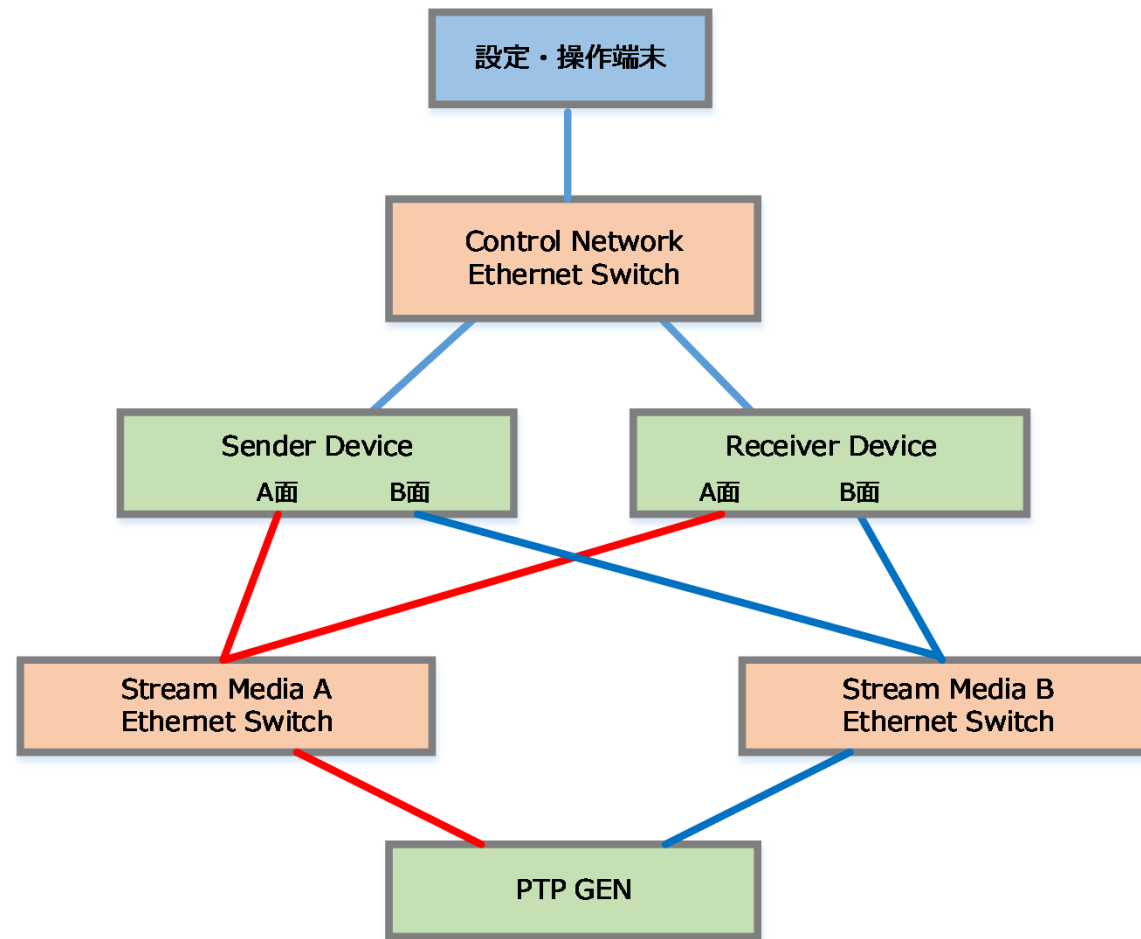
Figure of Merit : **Locked** >-----
Signal Quality : 17.4
Satellites : 4 in-fix / 15 in-view
Antenna : Nominal

【参考】MoIP各方式の比較

※ 2018年8月の段階の比較

	Sony IP Live	SMPTE 2110	VSF TR-03	VSF TR-04	Evertz Aspen	SMPTE 2022-5/6	IntoPix TICO
Uncompressed Video	NMI	RFC 4175	RFC 4175	SMPTE 2022-6	RDD 37 Video PES	Yes	SMPTE 2022-6
Uncompressed Audio	NMI	AES67 / RFC 3190	AES67 / RFC 3190	AES67 / RFC 3190	SMPTE ST 302 Audio PES	Embedded	SMPTE 2022-6
Compressed Video	LLVC	In Process	No	No	No	Opt JPEG2K	Yes
Metadata	NMI	IETF RTP Proposal	IETF RTP Proposal	SMPTE 2022-6	SMPTE ST 2038 Meta PES	Embedded	SMPTE 2022-6
Forward Error Correction	Frame Aligned	No	No	No	No	Not Aligned	No
Independent Packetization	NMI	Yes	Yes	No	TS over SMPTE 2022-2	No	No
Registration and Discovery	Plug & Play (NDCP)	AMWA IS-04	AMWA IS-04	AMWA IS-04	JSON-RPC	No	No
Connection Management	Sony IP Live System Manager	AMWA IS-05	AMWA IS-05	AMWA IS-05	Evertz MAGNUM	No	No
Timing / Sync	SMPTE 2059	SMPTE 2059	RFC 4566 (SDP)	RFC 4566 (SDP)	TS PCR/PTS	No	No
COTS IP Switch	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
SMPTE Standard	RDD 34 (LLVC)	2110-20 (Video)	VSF Recommendation (Starting Point for SMPTE 2110)	VSF Recommendation (Starting Point for SMPTE 2022-8)	RDD 37 (ASPEN)	SMPTE 2022-5/6	RDD 35 (TICO)
	RDD 40 (NMI)	2110-21 (Timing)					
	RDD 38 (NDCP)	2110-30 (Audio)					
	SMPTE 2059 (PTP)	2110-31 (AES Audio- In process)					
		2110-40 (Meta - In process)					
Interoperability	Guaranteed	JT-NM Interop	Demonstrated	Demonstrated	Demonstrated	Demonstrated	Within TICO Family
Endpoint Validation	Sony Testing Lab	No	No	No	No	No	No

ネットワーク構成の基本



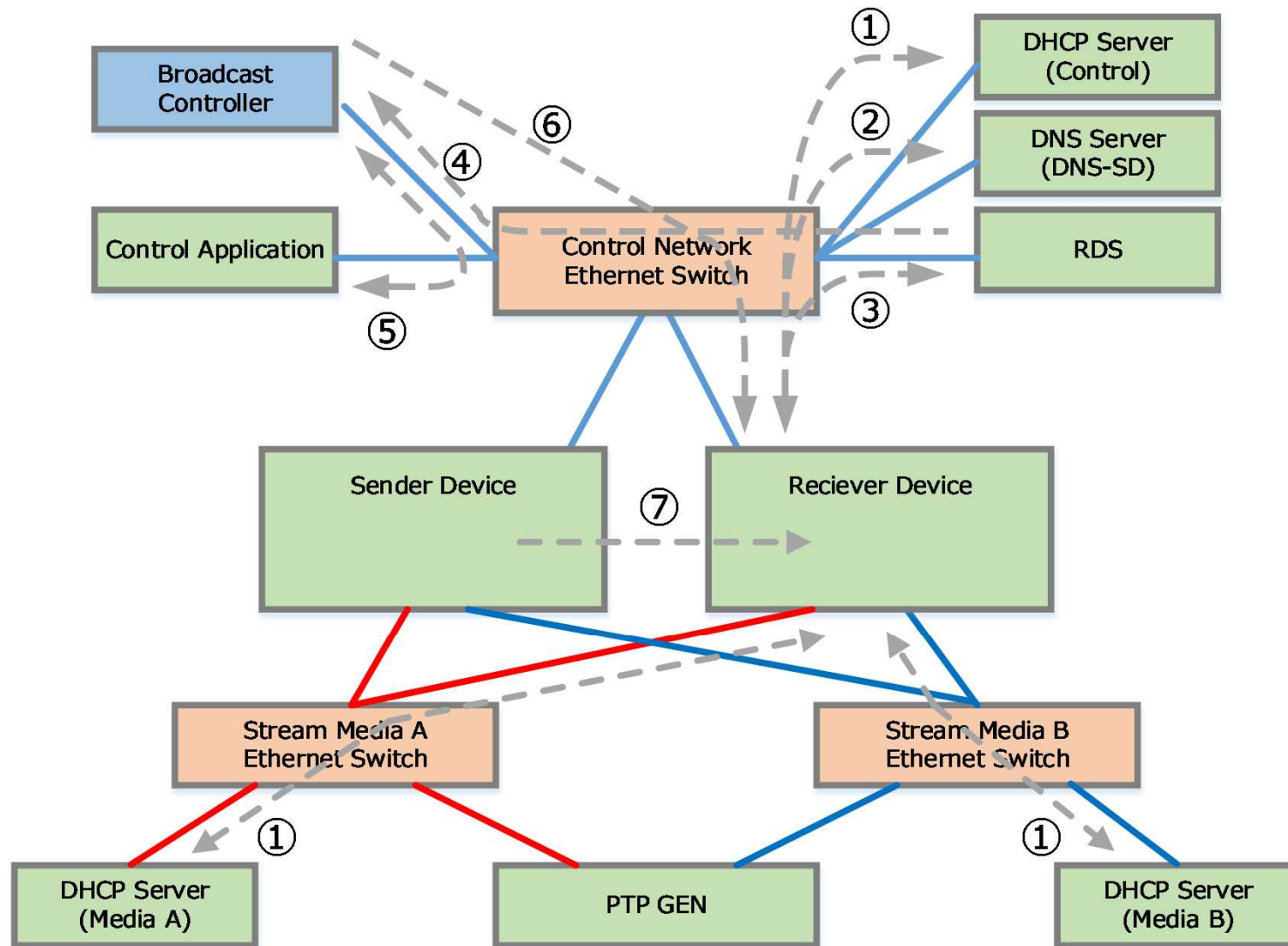
MoIPシステムのネットワークは以下の3構成を基本として構築します。

1. 管理面ネットワーク
機器設定・機器制御を行うネットワーク
2. メディア A面ネットワーク
3. メディア B面ネットワーク
映像・音声・メタデータの信号系 および
PTP同期系の伝送ネットワーク

A面/B面はST.2022-7によるメディア2重化。
MoIPデバイスにはA面とB面の2ポートが装備され、障害発生時はReceiverデバイスの受信面がヒットレスで切り替わります。

【参考】BC利用の場合

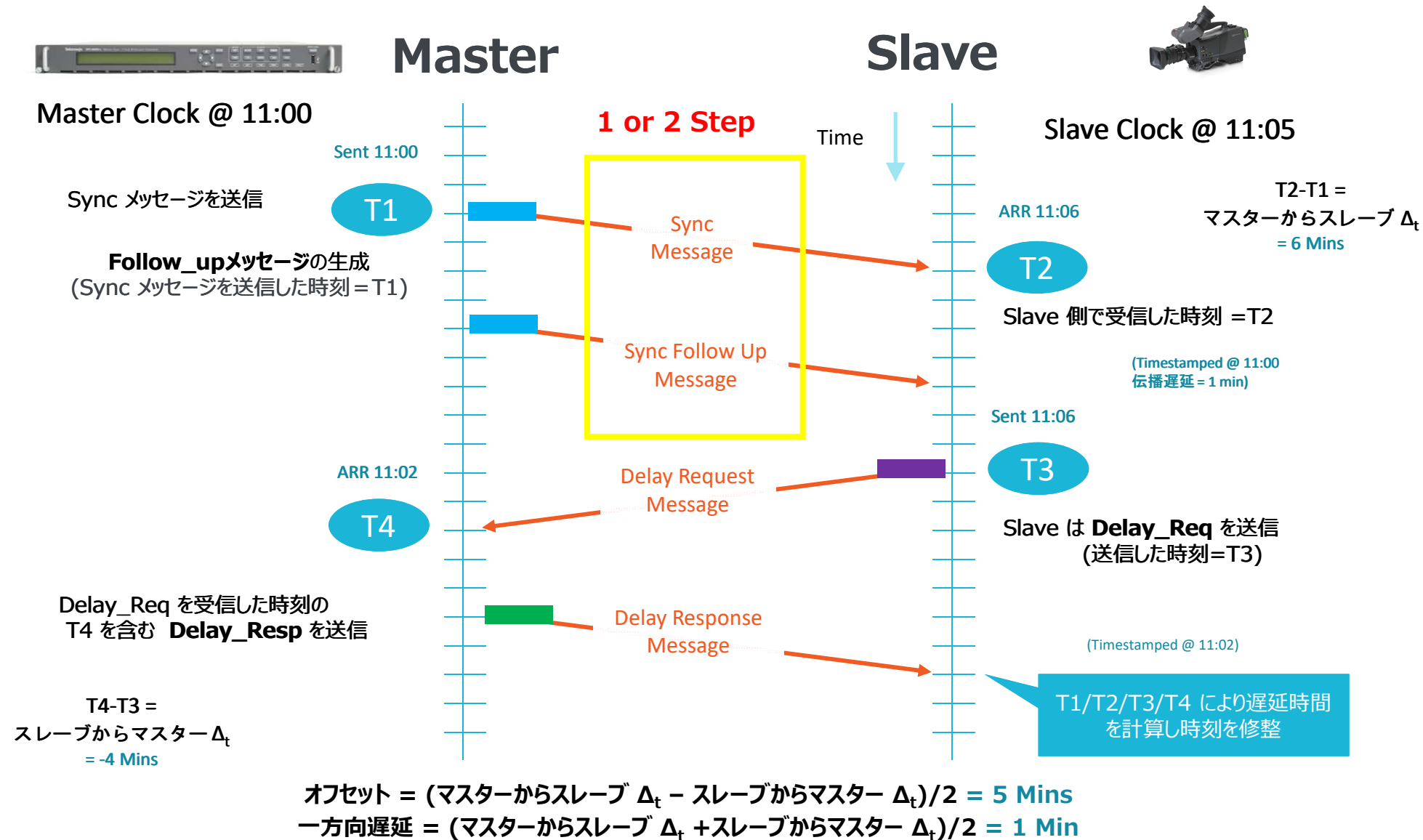
※ BC = ブロードキャストコントローラ



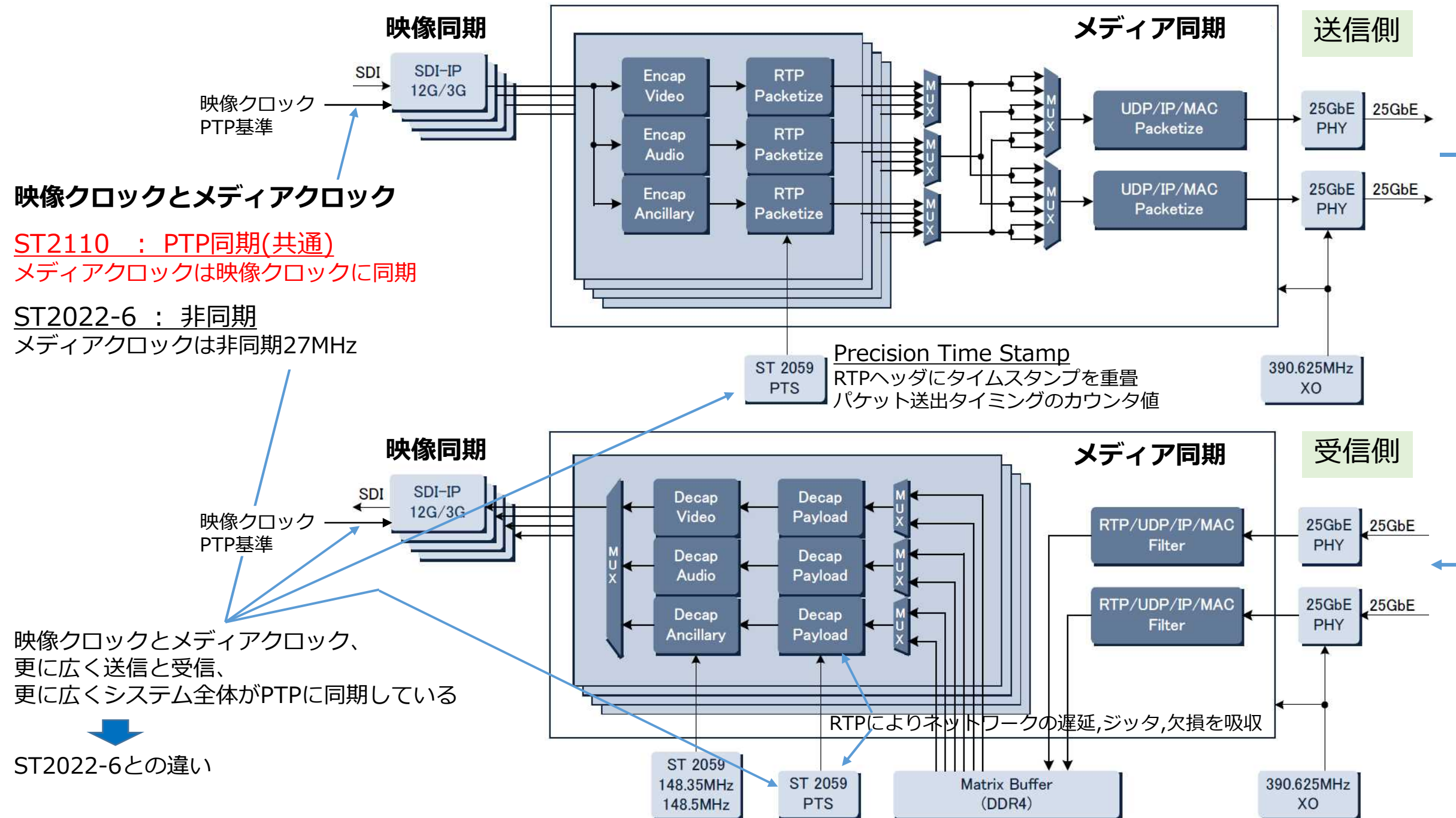
- ① : DHCPより接続デバイスへのIPアドレス付与。メディア面A/B、制御面の各IPアドレス。
- ② : デバイスはDNSサーバにRDSのアドレスを問い合わせ。
- ③ : RDSへのデバイス情報の自動登録。NMOS IS-04
- ④ : ブロードキャストコントローラ(BC)へのRDSデバイス情報取り込み。NMOS IS-04
- ⑤ : BCによる各種設定・状態監視。
- ⑥ : BCによるレシーバデバイスへの接続制御。NMOS IS-05/Ember+/API
- ⑦ : レシーバデバイスが指定のマルチキャストグループに接続し、メディアを受信。

Master Slave Synchronization

PTP同期のフロー(Sync Message, Follow up Message, Delay Request)



ST 2110-10の仕組み



ST.2022-6の仕組み

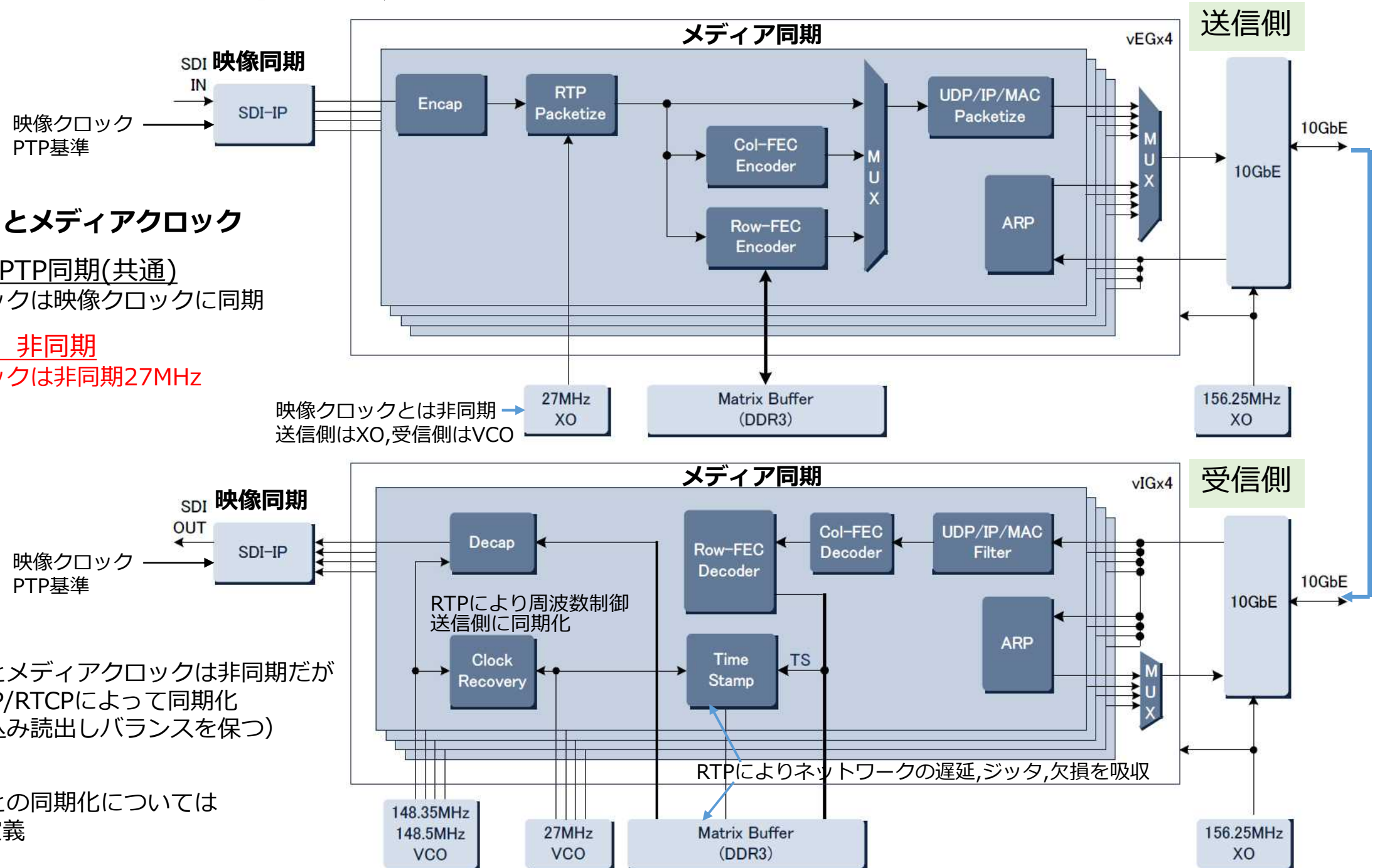
映像クロックとメディアクロック

ST2110 : PTP同期(共通)
メディアクロックは映像クロックに同期

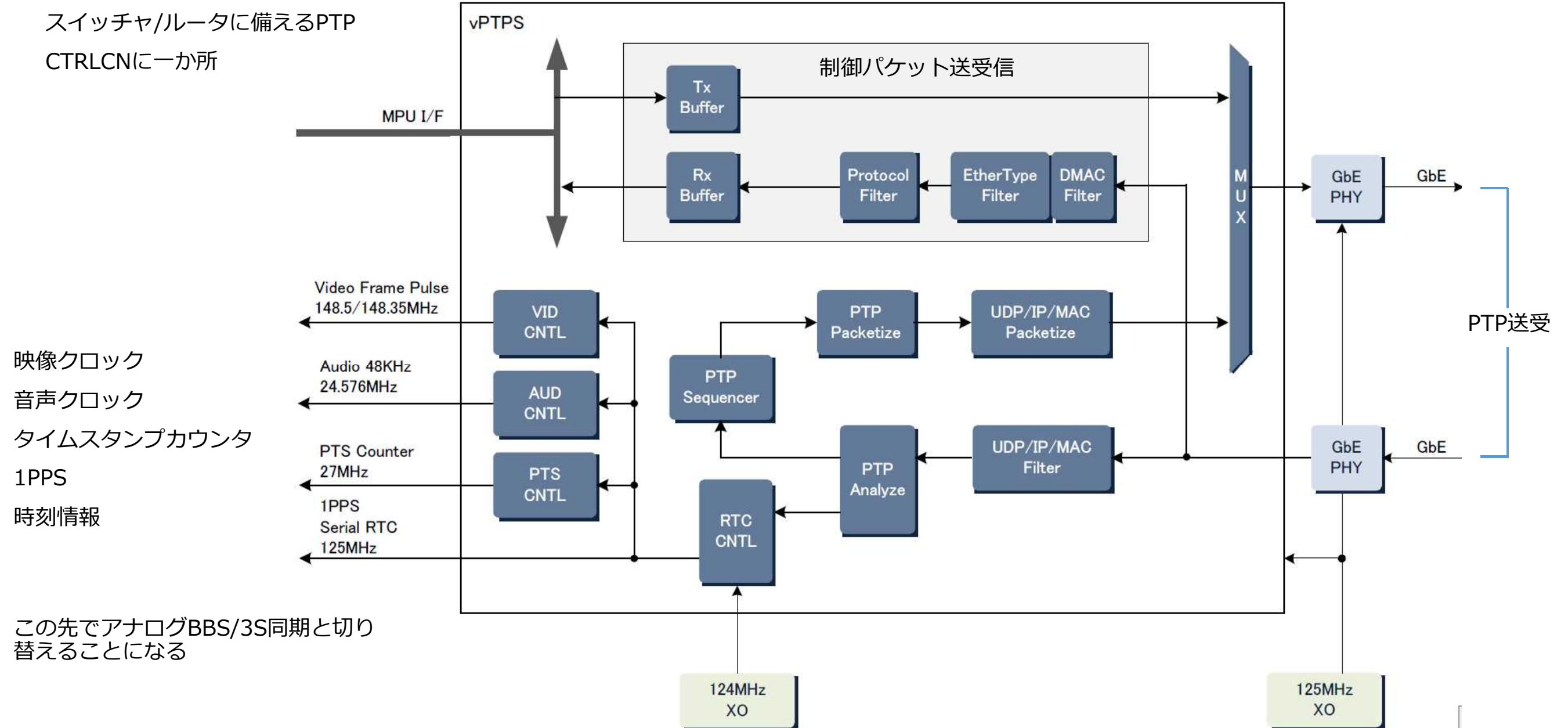
ST2022-6 : 非同期
メディアクロックは非同期27MHz

映像クロックとメディアクロックは非同期だが
送受信間はRTP/RTCPによって同期化
(バッファ書き込み読み出しバランスを保つ)

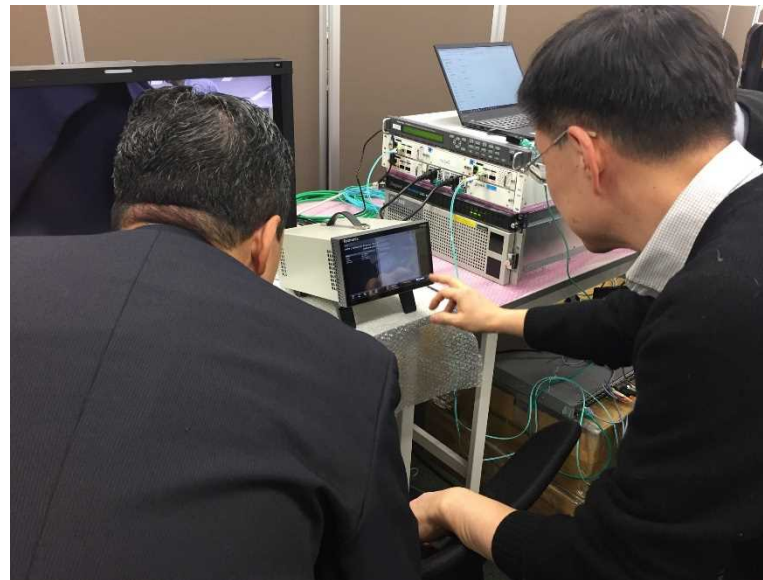
映像クロックとの同期化については
ST2022-8で定義

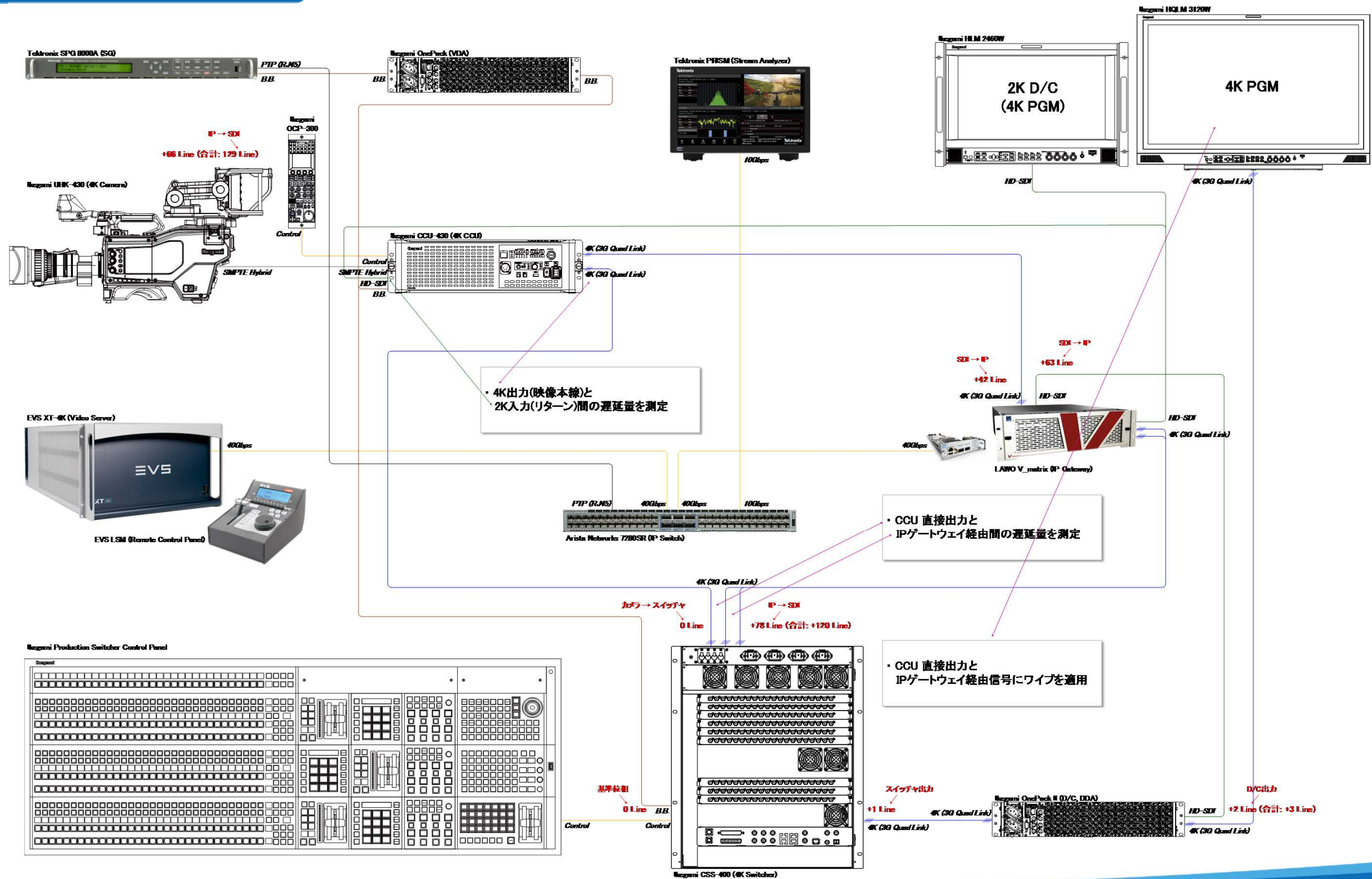


ST.2059-1/2 REF同期を構築する仕組み



- 狙い
 - スイッチが1台のみの「閉じたシステム」を構築しデータ輻輳やパケット欠損等が起こらない環境下で基礎的データを取得する
- 検証概要
 - 2019/1/28(月) ~1/29(火)にフोटロン社において実施
 - フोटロン、スチューダジャパン、テクトロニクス(当時)、池上通信機の各社が参加
- 確かめたかったこと
 - 位相調整が出来ること
(FS機能をOFFにしてスイッチャーに引き込み可能なこと)
 - VFに対して引き込み可能な範囲に入るかどうか確認すること
 - 「安定した4K信号の受信」が可能であることを裏付けること



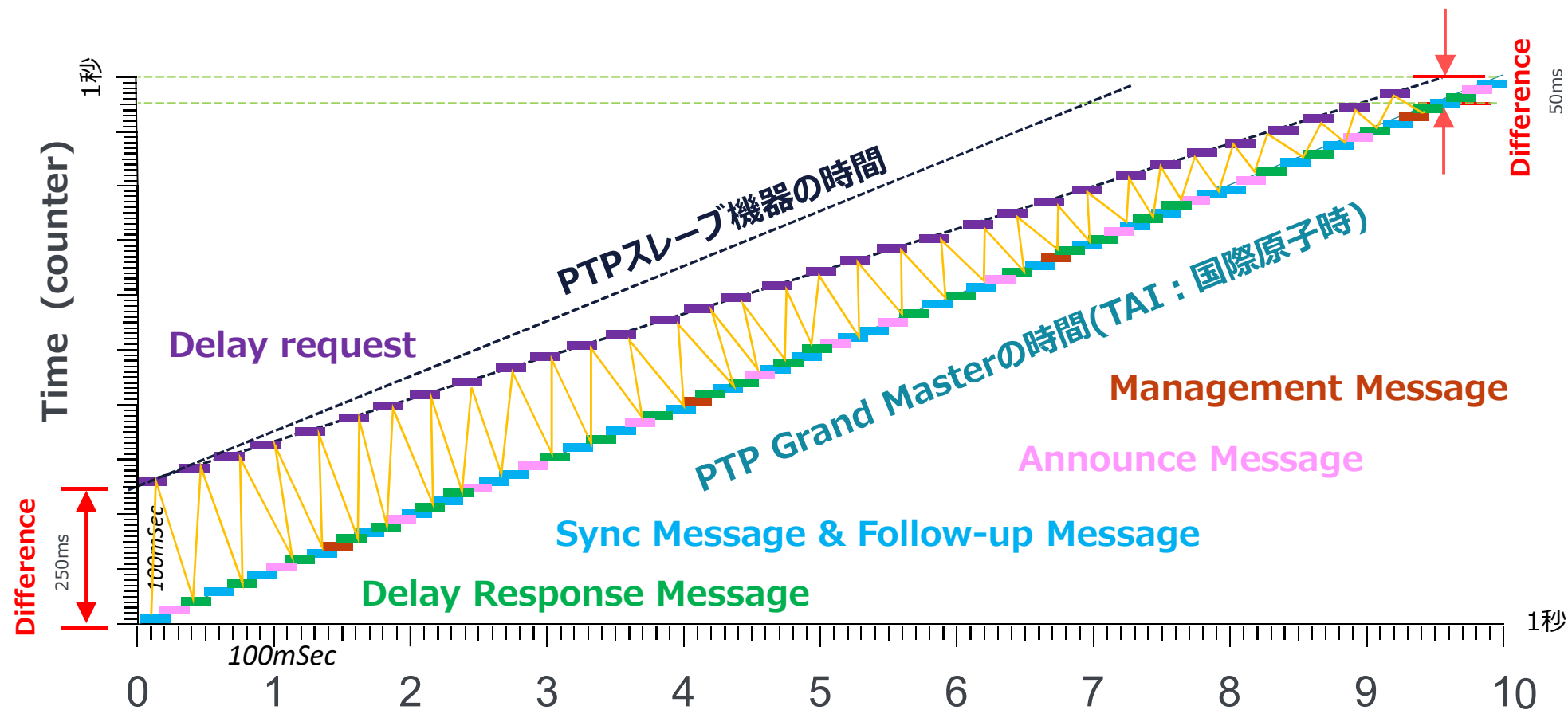


PTP時刻同期フロー

デフォルト・プロファイルのメッセージ間隔ではサンプリング数が少ない

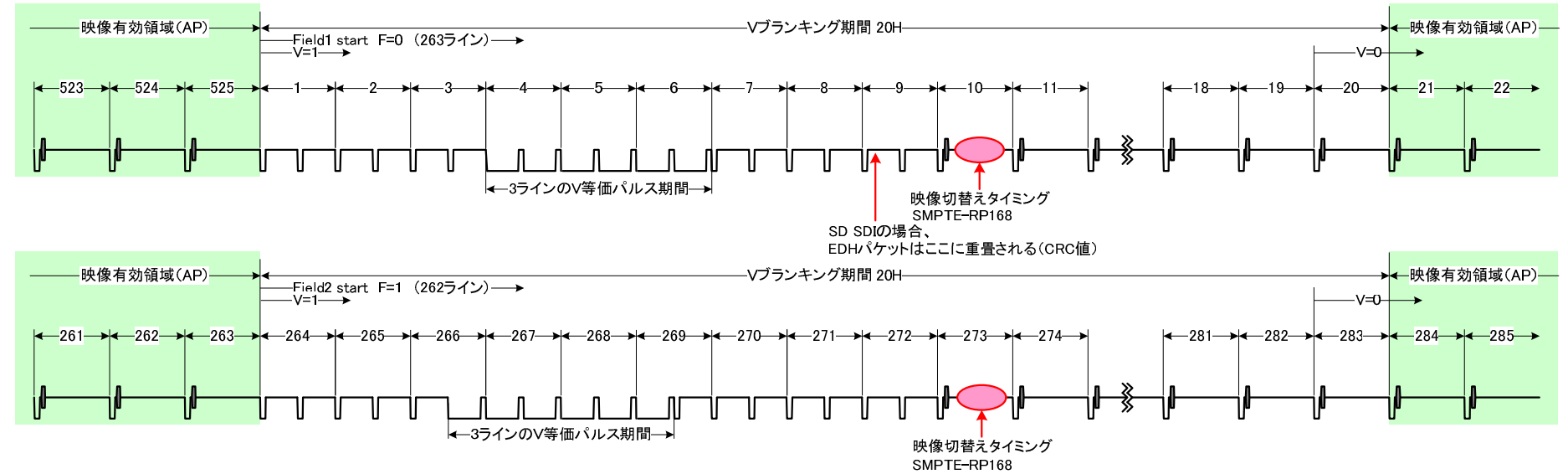
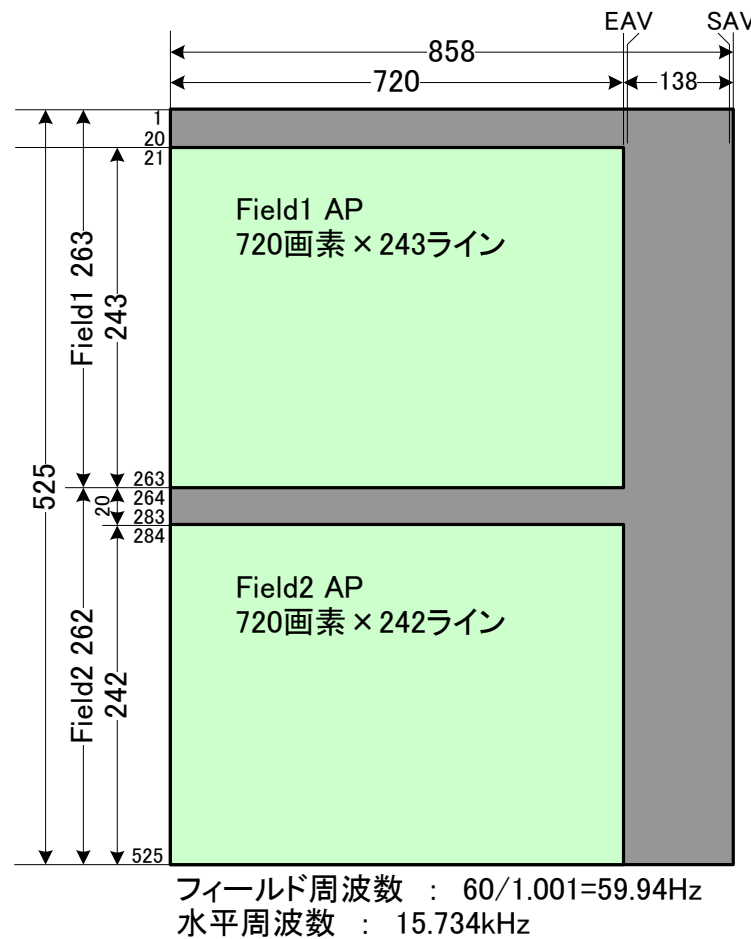
SMPTE 2059 デフォルトプロファイル
Sync : 8Hz Delay req : 8Hz

- **Announce 4Hz ⇒ 8Hz** / **Management**
- **Sync Message 8Hz ⇒ 16Hz ⇒ 32Hz ⇒ 64Hz ⇒ 128Hz**
- **Delay Request 4Hz ⇒ 8Hz ⇒ 16Hz ⇒ 32Hz ⇒ 64Hz ⇒ 128Hz**



BBS(NTSC 3.58MHz)

放送規格上はps(ピコ秒)オーダの同期精度が要求される



- ブラックバーストシンクはアナログNTSCシステムの同期信号であり(SMPTE-170M)、尚且つデジタルデータテーブルとしてSMPTE-244Mで定義されている
- HDシステムの中でも既存SD設備との接続があるため、3値SyncだけでなくBBSも多く採用されるように変化してきた。現在ではBBSが主流になりつつある。(10フィールドIDなども理由)
- NTSCではOdd/Even共に262.5ラインのため、V同期期間には1/2Hタイミングの等価パルスが入っている

PTPとBBS(NTSC 3.58MHz)

IEEE-1588は時刻情報だがST.2059はAlignment Pointからサンプルクロックを導き出せる

【SMPTE ST 2059-1:2015】

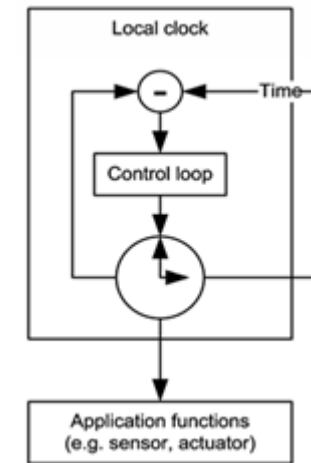
For digital high definition television, the Alignment Point shall be the horizontal alignment sample P of line 1. The horizontal alignment sample P is defined in the reference standards as 260 samples before the first sample of the digital active line (immediately after the end of SAV) for 750 line formats and 192 samples before the first sample of the digital active line (immediately after the end of SAV) for 1125 line formats. Line numbers increment immediately after the last sample of the digital active line (at the first word of the EAV sequence).

$$T = \frac{1}{SR}$$

$$NextAlignmentPoint = \left(\text{int} \left(\frac{t}{H \times V \times T} + 1 \right) \times (H \times V \times T) \right)$$

$$SampleWordNumber = \left(\text{int} \left(\frac{t}{T} \right) + P \right) \% H$$

$$LineNumber = \left(\text{int} \left(\frac{\frac{t}{T} + P - HA}{H} \right) \% V \right) + 1$$



PTPからクロックを抽出

- PTPの参照頻度は8Hz (1秒間に8回)なのに対して、
 B.B. のHクロック: 525 line x 30 frame = 15,750Hz
 B.B.のバーストクロック: (525 - 9)line x 30 frame x 9(バースト数) = 139,320Hz
- 制作スイッチャ、放送用カメラ等は、サブキャリアからクロックをリカバリするので3.579545MHzのクロックにジッタがあるとPLLが破綻する
- NTSCの変調器に入力する場合、SMPTE-170Mでは許容偏差は±2.8ppmになり、リファレンスをPTPにしている限りは達成は困難だが、そのような要求は今後もあるか？
- FPUに繋がる機器はFPUからのクロックと同期しないとデータを出力出来ない。ただしクロックはB.B.だけでなくSDIでもASIでも取り出せるので、変調器についてはB.B.のクロック精度に必ずしも拘り過ぎなくても良い

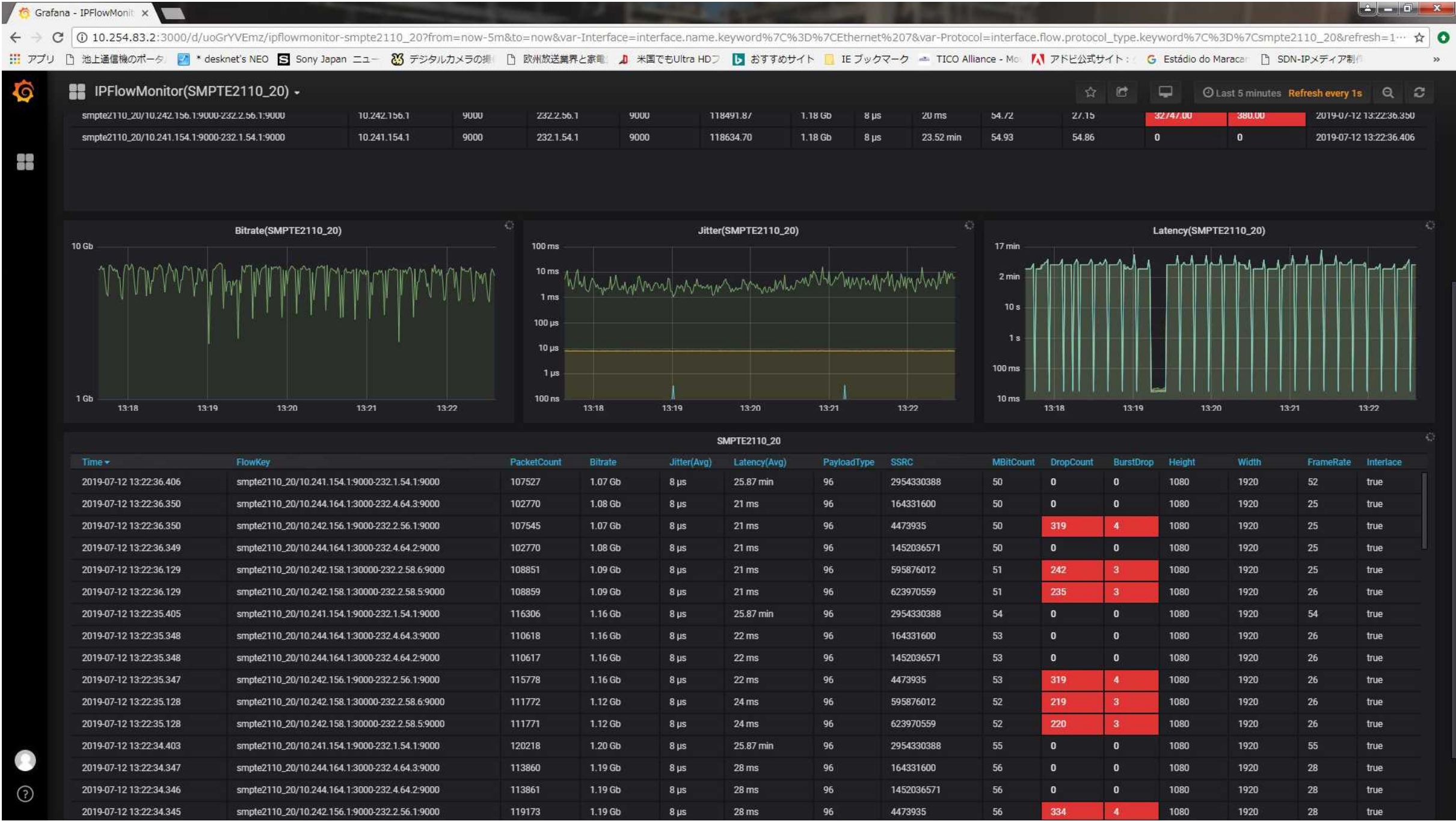
例1: Telestream PRISM

PTPをPRISMで受信しMaster-Slave間の遅延を測定

Master-Slave遅延時間 : msec、変動 : μsec、平均 : μsec

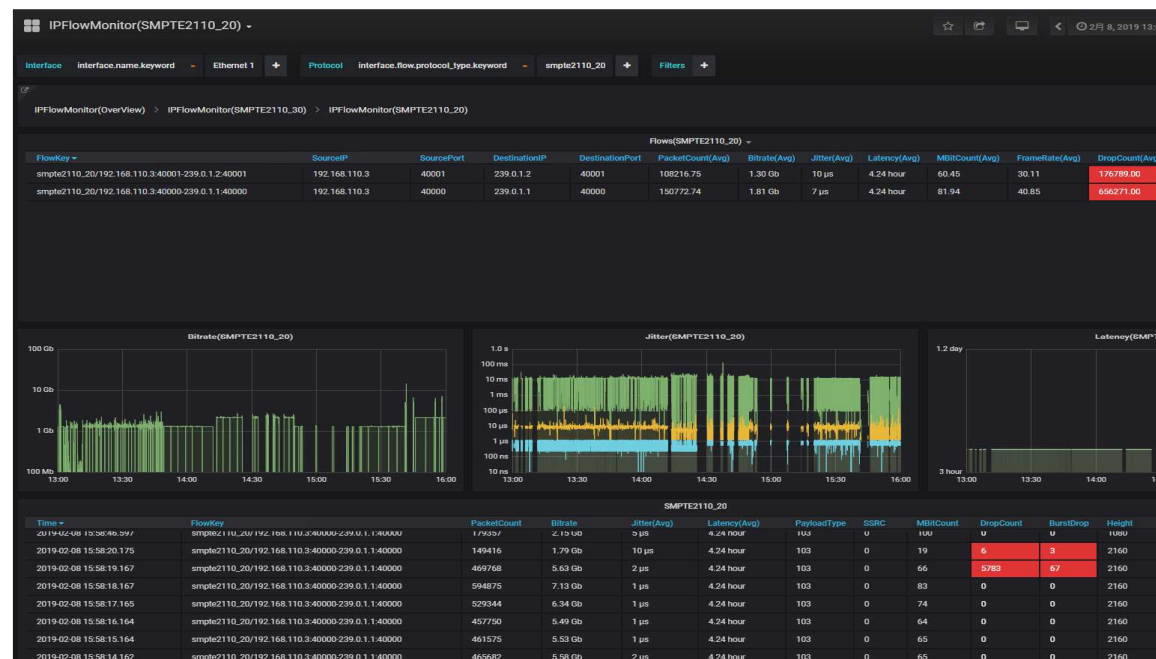


例2: インテリジェントウェイブ EoM



EoMとは？

- IPフローを監視することでサービス品質維持・向上を実現する放送事業者様向けの製品です。
- 放送システムのデータの分析、サービス運用、トラブルシューティングのコストを大幅に削減可能です。



Arista7130 - FPGA搭載のL1スイッチ -

- ❖ 監視可能ポート数: ~32ポート
- ❖ 対応速度: 10G

* スイッチング時の内部レイテンシーが5n秒
* ミラーリング機能を実装しています。



ARISTA

Alveo U200 - スマートNIC -

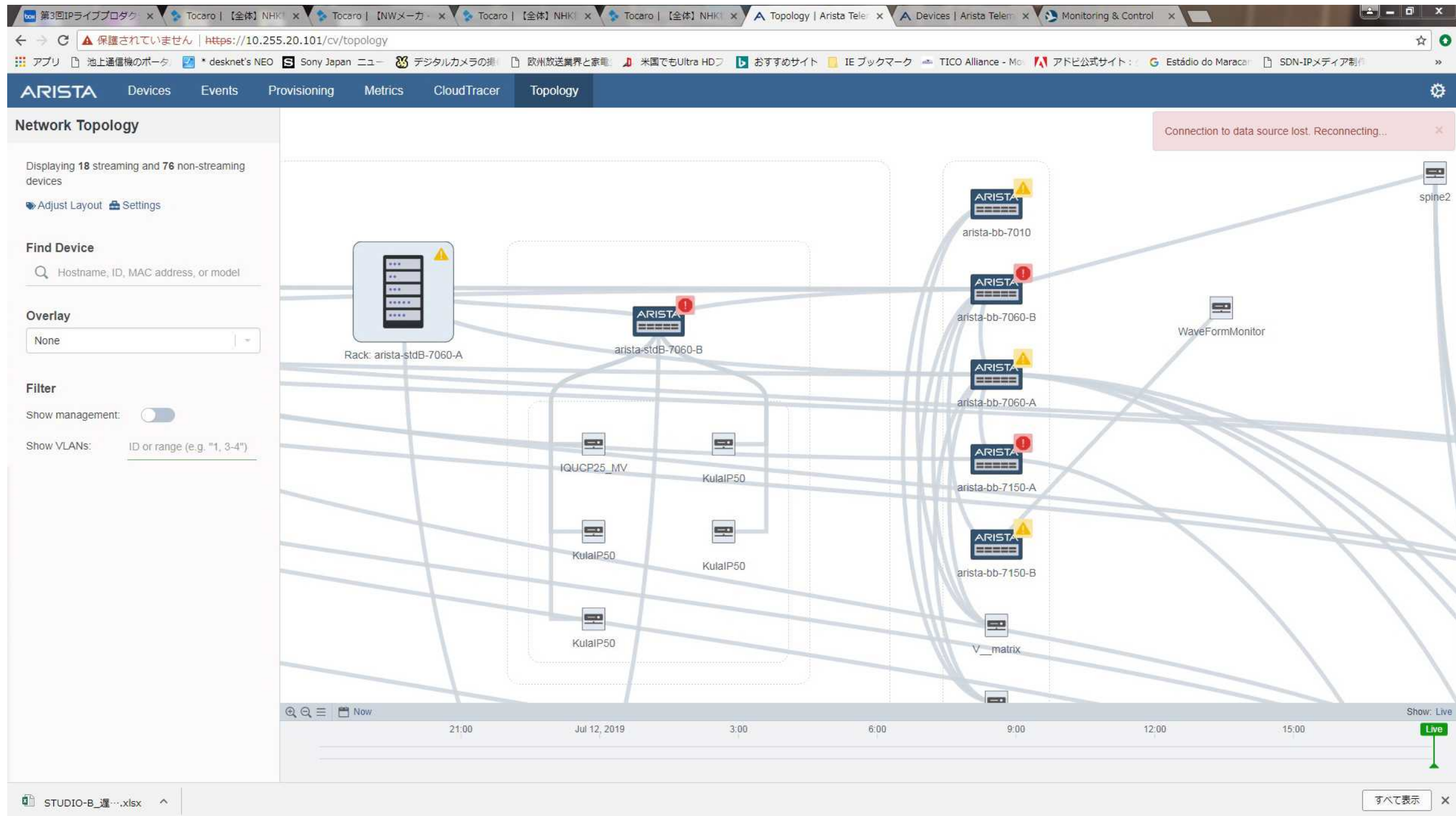
- ❖ 監視可能ポート数: ~8ポート
- ❖ 対応速度*1: 10G or 25G

*1 2020年12月末に100G対応予定



XILINX

【参考】例3: Arista Networks CloudVision



【参考】例4: Skyline Communications DataMiner

The screenshot displays the Skyline Communications DataMiner web interface. The browser address bar shows the URL `10.255.182.1/m/#/element/24203/67`. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:** A tree view showing the network topology. The selected node is **20.Studio-A**, which includes **PaloAlto(PA-3250)**, **Studio A DCNM**, **Studio A Magellan SDNO**, **Studio-A-C100-1**, **Studio-A-C100-2**, **StudioA-GM(Main) TS-2950**, **StudioA-MGTSW(Cat9200L)**, **Studio-A-PRISM**, **Studio-A-SNP**, **StudioA-SW01(N9236C)**, **StudioA-SW02(N9236C)**, **StudioA-SW03(C92160-YC)**, and **StudioA-SW04(C92160-YC)**.
- Top Bar:** The title **dataminer** is displayed, along with the user **ikegami** and a **Mask** button.
- Visual Section:** A sidebar with tabs for **overview**, **Syslog//Messages**, **Syslog//Advance Search**, **explorer**, and **PTP**. The **Data** section is active, showing a list of data types: **General**, **Detailed Interface Info**, **Detailed Interface Info - Rx**, **Detailed Interface Info - Tx**, **Interfaces Transceiver**, **SFlow**, **DirectFlow**, **ACL**, **BGP**, **IGMP**, **LLDP**, **OSPF**, **QoS**, **VLAN Info**, **Trunk Info**, **IP Routes**, and **Environment Control**.
- System Description:** A table showing system information for **Arista Networks EOS version 4.22.0F** running on an **Arista Networks DCS-7280TR-48C6-M**. The system object ID is `1.3.6.1.4.1.30065.1.3011.7280.1964.48.2878.6.972`. The system name is **arista-stdB-7280-A**. The system location is **14**. The system services are **7450582**. The system OR last change is **10.255.20.123**. The IP address SNMP is **10.255.20.123**. The IP address HTTP is **10.255.20.123**. The IP address serial is **10.255.20.123**.
- Chassis Identification:** A table showing chassis information for **JPE16264192**. The last save running configuration settings message is **Not Available**. The last copy run start settings message is **Not Available**.
- System Details:** A table showing system details for **Arista-StdB-7280-A**. The system name is **arista-stdB-7280-A**. The system location is **14**. The system services are **7450582**. The system OR last change is **10.255.20.123**. The IP address SNMP is **10.255.20.123**. The IP address HTTP is **10.255.20.123**. The IP address serial is **10.255.20.123**.
- Uptime:** A table showing uptime information for **11 days 00h 29m 26s**. The model name is **DCS-7280TR-48C6-M-F**. The internal version is **4.22.0F-12170486.4220F**. The system MAC address is **44:4c:a8:a5:79:41**. The version is **4.22.0F**. The device mode is **Switching Mode**. The memory total is **32823.780 MB**. The memory free is **30042.164 MB**. The in discards total is **0**. The out discards total is **51919391939**. The total VLANs is **3**. The number of aggregators is **1**. The number of channels in use is **1**.
- Buttons:** Several buttons are visible, including **Credentials ...**, **Save Run. Config.**, **Copy Run Start**, **TCP/UDP Stats ...**, **ICMP Stats ...**, **IP Stats ...**, **IP ARP ...**, **IP Interfaces ...**, **CPU ...**, **PTP Grandmaster Clock...**, **PTP Switch Clock...**, **PTP Time Sync...**, **PTP ...**, and **Enable Polling ...**.

クラウド化の現在と展望

- **AWS、Microsoft Azure、Akamai等との接続**
 - 配信系と制作系はまだシームレスではない
 - SRT、RIST等のクラウド向けプロトコル
 - マルチキャスト通信はまだ一般的でない
- **データセンター、オンプレミスとクラウド**
 - 従来の放送設備はオンプレミス
 - データセンターを外部にも持つ事でクラウド化？
 - 広域回線の費用、IP/IT系機器の保守費用
- **まとめ**
 - **放送事業向けエコシステム構築を具現化したい**

ご静聴ありがとうございました

“次にできること”

2021.10.18

池上通信機株式會社