



SRv6を用いた 低遅延リアルタイム配信処理プラットフォーム

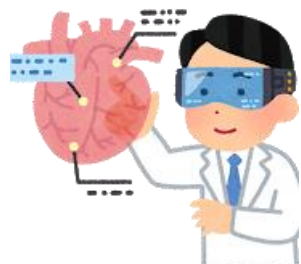
2023.10.5

○瀬林 克啓・丸山 充・岩田 一(神奈川工科大学)・
君山 博之(大同大学)・仲地 孝之(琉球大学)・
加藤 康久・青木 弘太(ミハル通信)・
三島 航・深川 祐太・小原 泰弘(NTTコミュニケーションズ)・
漆谷 重雄・栗本 崇(NII)・
河合 栄治・大槻 英樹(NICT)・小林 和真(NICT/IPA)

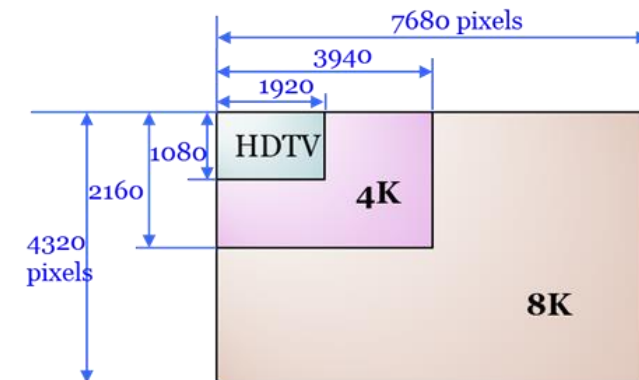
研究開発の取り組み

モチベーション

- 8K超高精細映像を使った**番組制作環境**をクラウドインフラで実現
 - 編集設備のアクセラレーションはできないか
- 医療用8K映像を用いた**遠隔診断・遠隔医療**を自在に行う環境をクラウドインフラで実現
 - 内視鏡映像や顕微鏡映像のデータベース化や医学教材としての利活用



ハイビジョンの16倍、4Kの4倍の空間解像度(7680 x 4320)を持つ映像



映像処理プラットフォーム技術
エッジ・クラウド上でのリアルタイム8K映像処理

映像レート: 24Gbps-48Gbps
伝送レート: 25.6Gbps-51.2Gbps

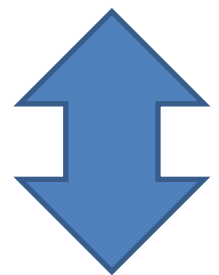


研究のスタンス

映像処理プラットフォーム技術

- エッジ・クラウド上でのリアルタイム処理

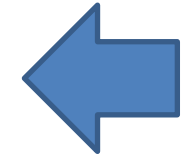
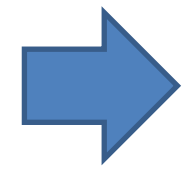
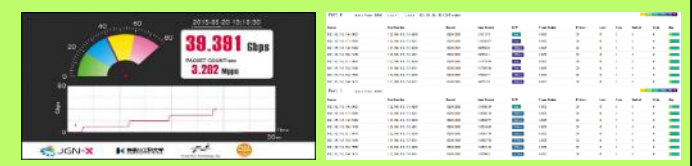
協調



フィードバック
市場性、技術の方向性

ネットワーク・クラウド制御技術

- 高精度モニタ技術、仮想ネットワーク制御
- 高精度CPUリソース監視

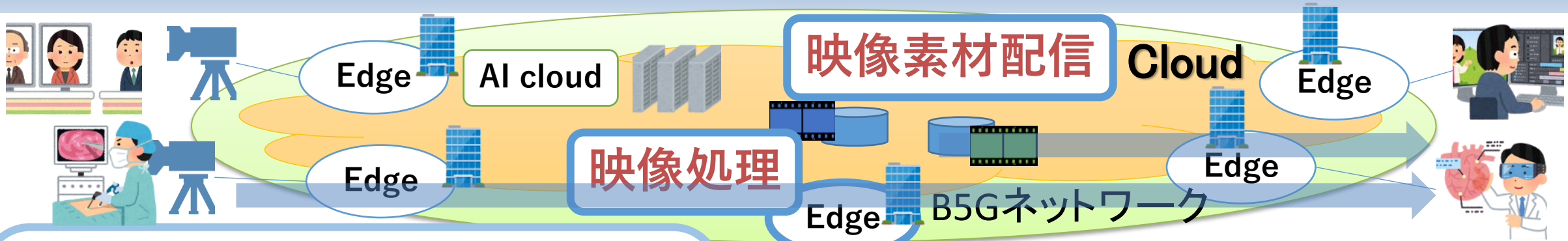


実証実験
SINET6
JGN

学生への
刺激の場

実践教育
の場

広帯域・低遅延リアルタイム配信処理プラットフォーム



VVFを自由自在に組み合わせて
映像制作ワークフローを実現
(サービスファンクション
チェイニング)

DPDK*を用いてソフトウェアで
実現した映像処理機能(VVF)

広告挿入

AI機能

字幕挿入

自動翻訳

物体検出

メディア
分離・合成

メディア同期

モニタリング機能

フロー品質

トラヒック特性

遅延調整

映像処理機能

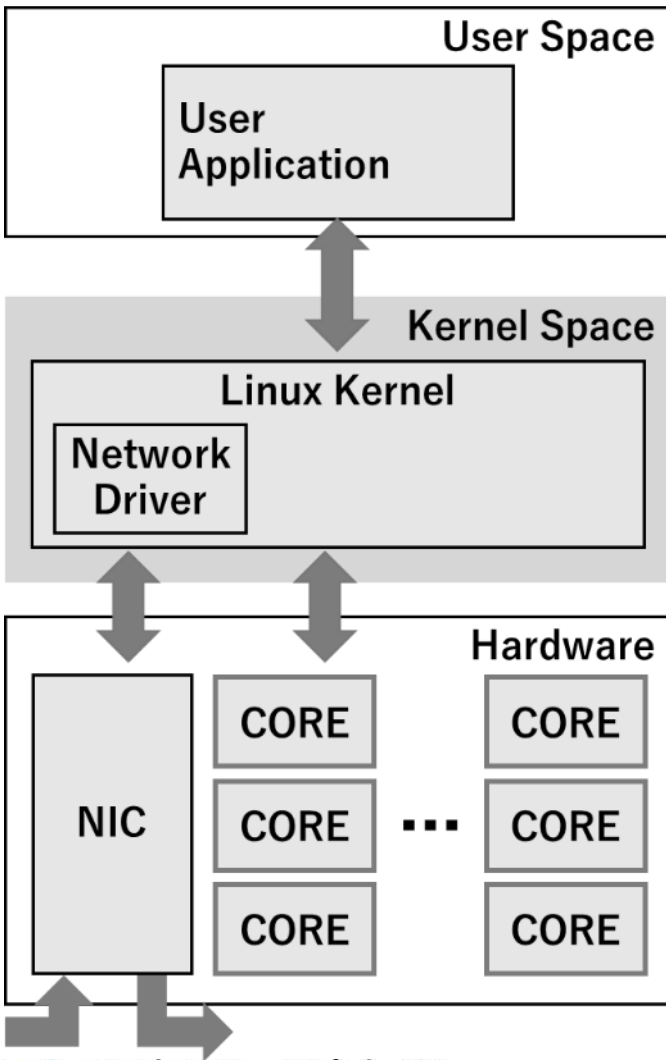
色調整

トランス
コーディング

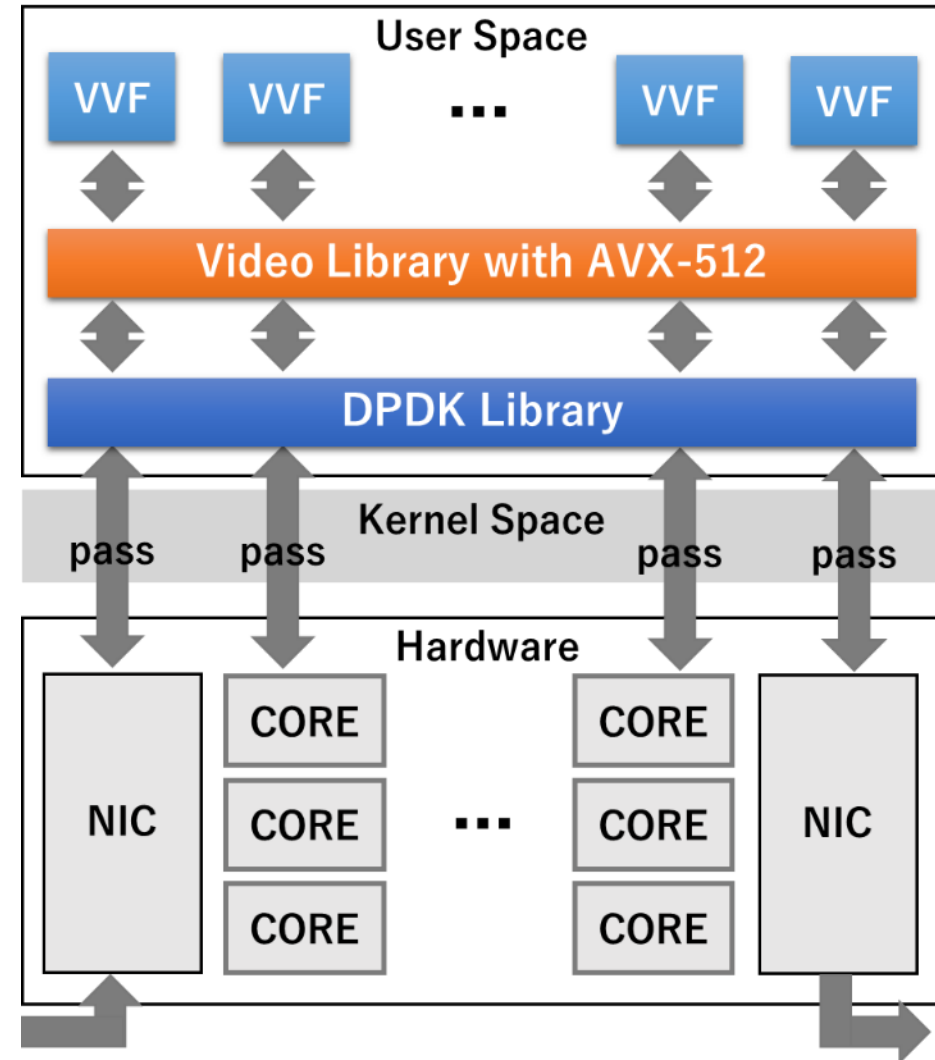


VVF (Virtualized Video handling Function)

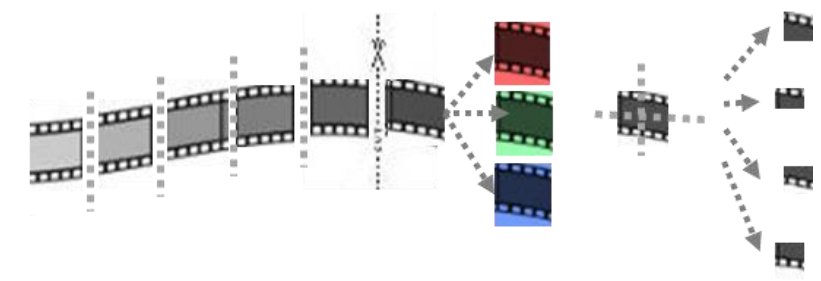
通常の処理



DPDKを使用したVVFの処理



- DPDK*を用いてソフトウェアで実現した映像処理機能
- SIMD (AVX-512) を併用
- Over 100Gbpsの packets 処理性能を達成

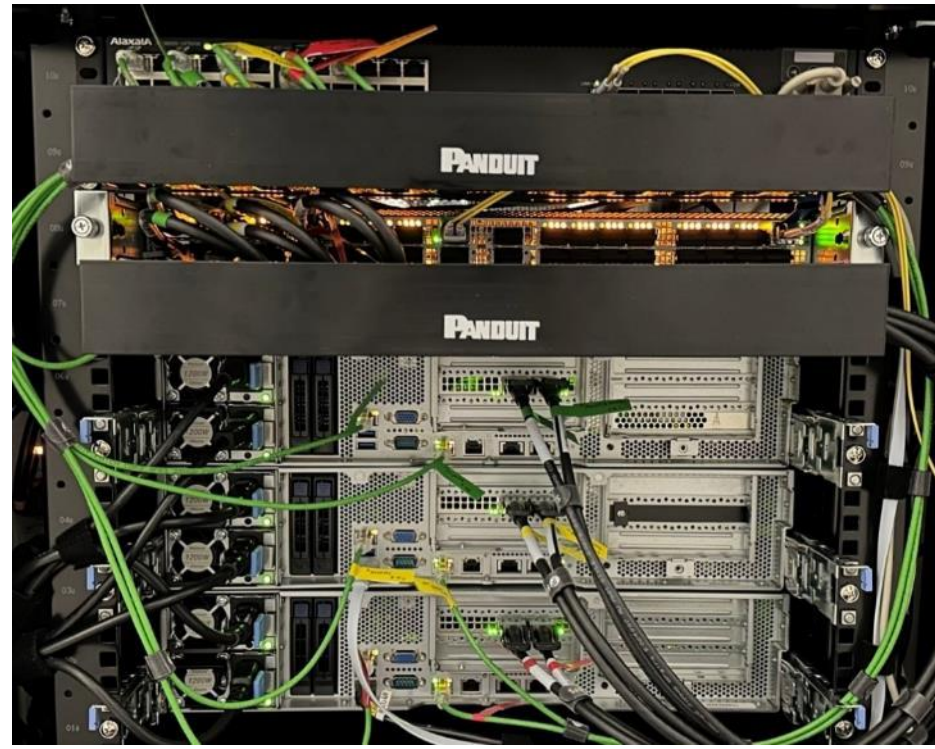
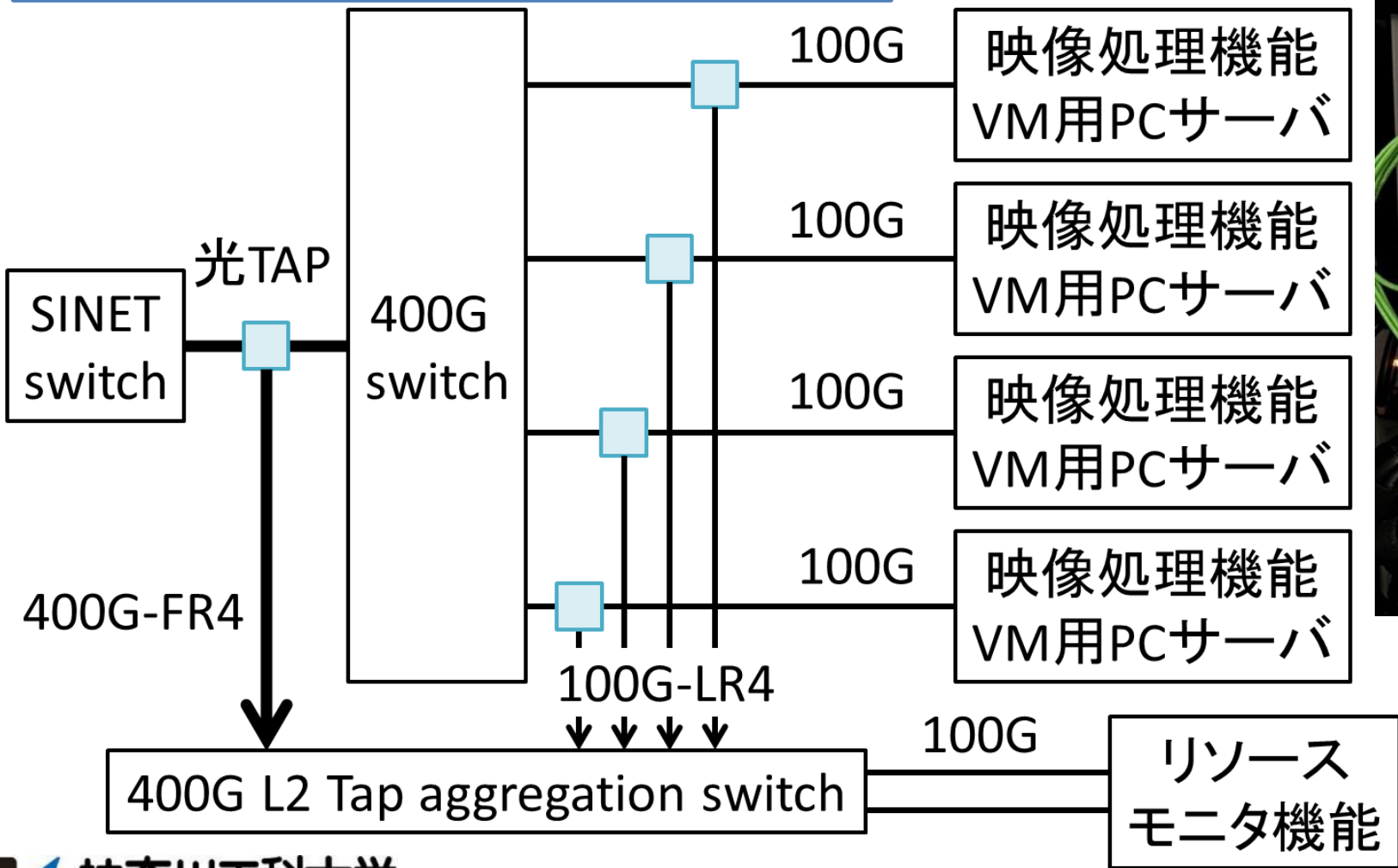


*DPDK: Data Plane Development Kit



相模原DCのエッジ装置

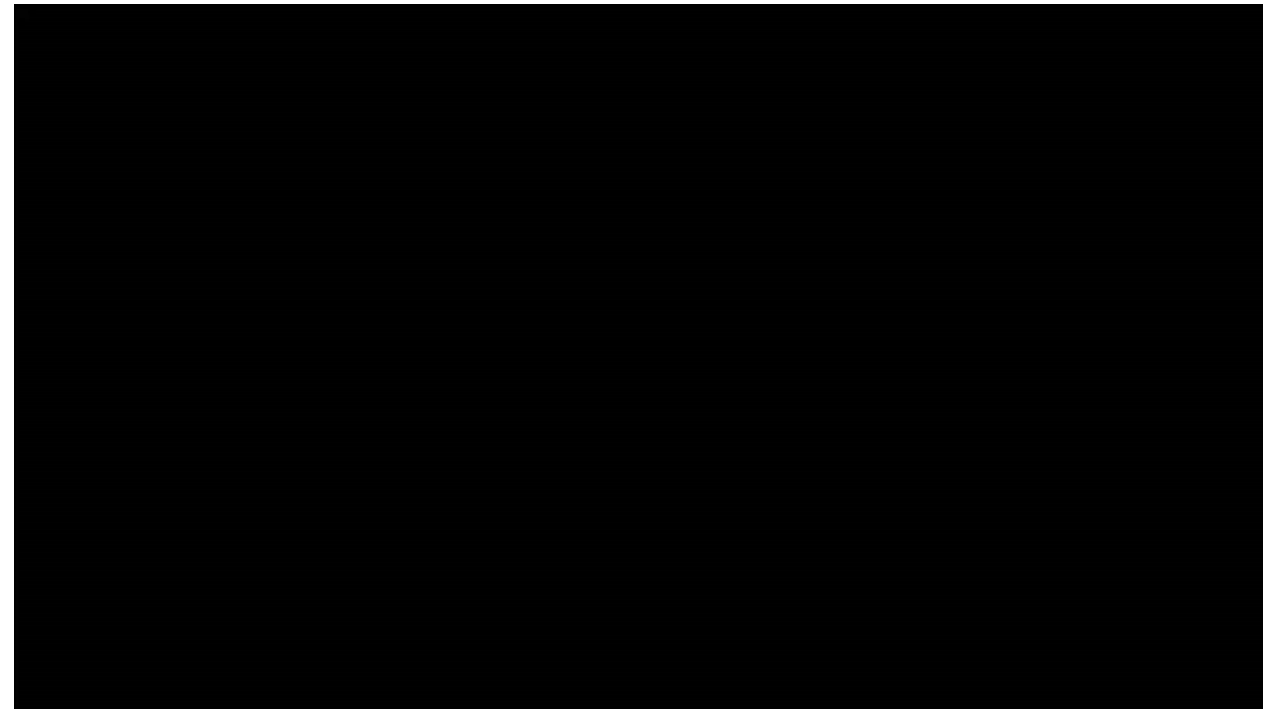
400Gbpsの処理性能



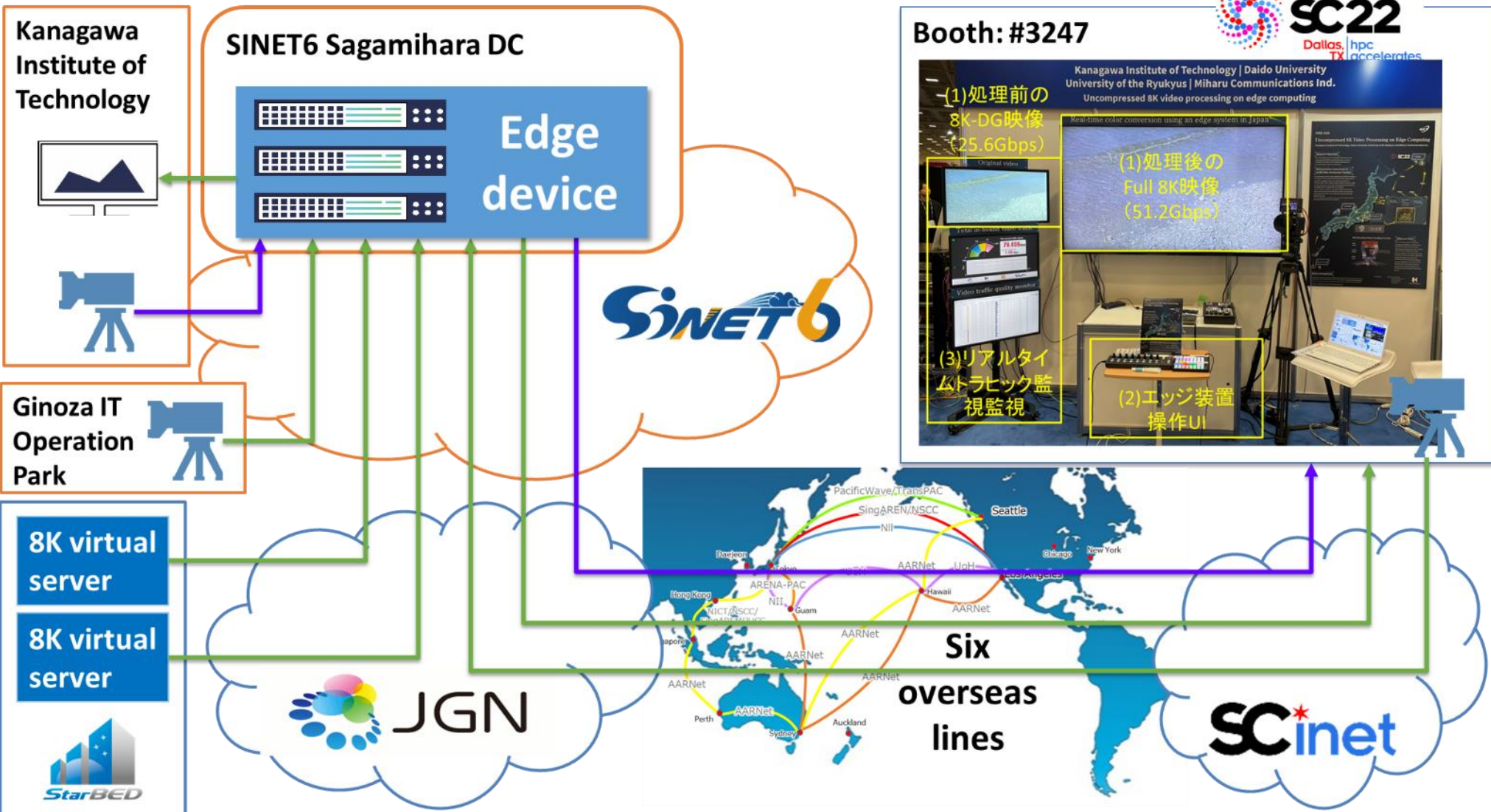


デモンストレーションビデオ

- 相模原DCに構築した400Gbpsエッジ装置の映像処理
 - 映像スイッチング
 - トランスコード＋色調整
 - HD切り出し
- MIDIコントローラによる制御
 - 簡易的なライブスイッチャー



国際回線を用いたSC22 NRE 実験展示



- ダラスの会場からエッジ装置を操作
- 処理前と後の8K映像を会場に表示
- 6本の国際回線から主にSINET6国際回線を使用

神奈川工科大学 (KAIT)
 大同大学
 琉球大学
 ミハル通信株式会社
 国立情報学研究所 (NII)
 情報通信研究機構 (NICT)

広域SRv6サービスチェイニングの実現に向けた検討

KAIT

映像処理機能の連携
VVF実装
SRv6の適用

網サービスの有益な
アプリケーション例
として映像処理を適用

NTTコミュニケーションズ

SRv6/SR-MPLS
トポロジ制約のないSFC*手法
インラインコンピューティング

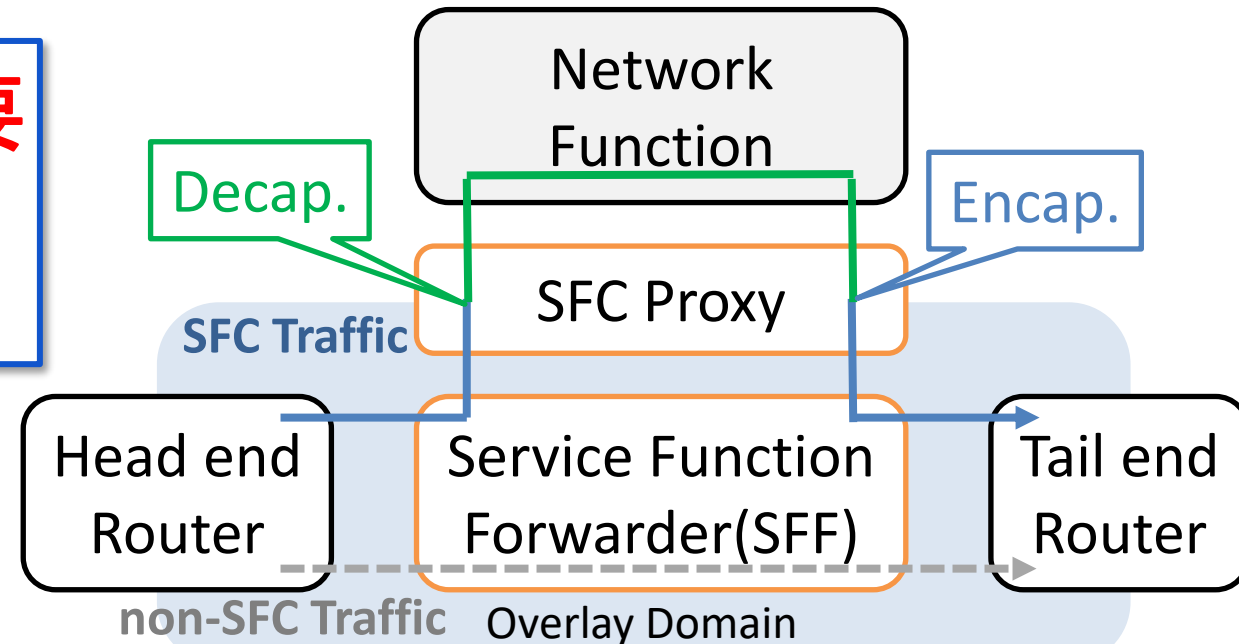
*SFC: Service Function Chaining

インラインサービスチェイニングのモデル化
データプレーンをテスト実装・評価
NS研究会（2023年3月）で発表
IETFへの標準化提案を勧めるコメント

課題: サービスチェイニング技術の制約

- Network Functionとの接続方式による**トポロジ上の制約**
 - Service Function ForwarderとService Function Chaining (SFC) Proxyによる転送
 - Network Functionの配置変更には, 物理的な構成変更が必要
 - 経路ノードの増加に伴い転送遅延も増加

トポロジ制約のないSFC手法が必要
需要に応じたNetwork Functionの配置,
負荷に応じた水平展開を実現したい!

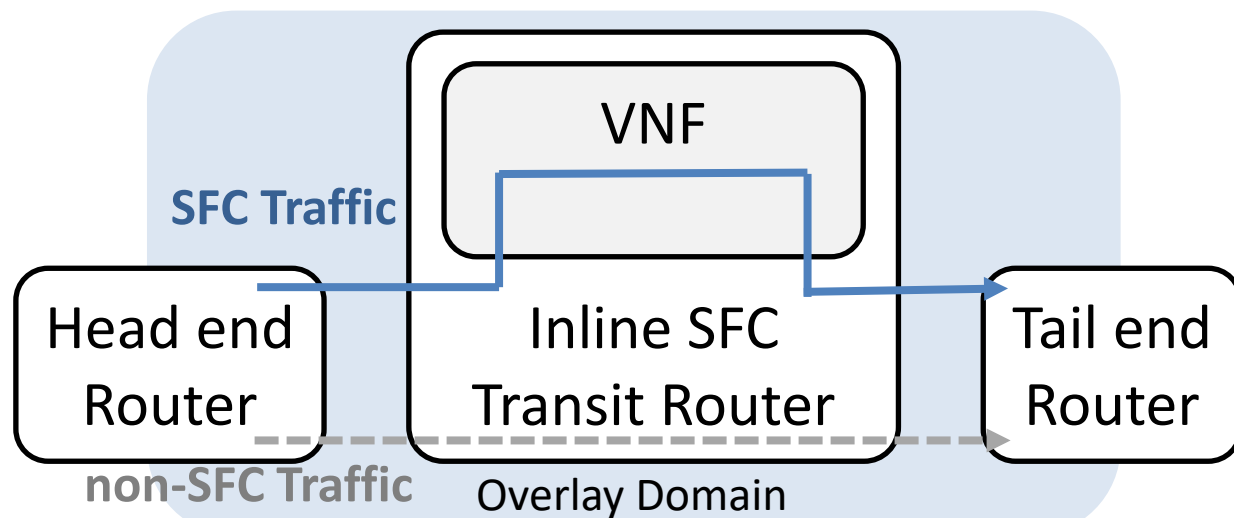


提案: インラインサービスチェイニング

- 中継ルータをインラインサービスチェイニングルータとして構成
 - Virtual Network Function (VNF) を収容可能なハイパーバイザ機能
- 任意の箇所の中継ルータでVNFを提供
 - 需要に応じてVNFをデプロイ, スケーリング可能

設計のポイント

- 映像遅延の最小化 (1フレーム = 16ms 以内での転送)
- 既存IPv6ネットワークへの導入
→ 汎用サーバ上で中継ルータ機能と Network Function機能を提供





アプローチ

- インラインサービスチェイニングを実現するためにEnd.ANを採用
 - End.ANの定義: ” TBA1-1 End.AN - SR-aware function (native) [This.ID] ”
 - SRv6対応のNetwork Functionを提供するためのbehavior
 - 定義は上記のみ. 詳細や実装例, ユースケースは無し

具体化, 詳細設計が必要



設計: SRv6 End.ANの具体化

- 未定義のEnd.ANの処理を本研究にて設計

- Segment Listを1つ進めるとともに, 宛先アドレスを更新
- SID(Segment ID)にマッチするNetwork Functionへ接続しSFCを適用!
- SFCを利用しないパケットは通常のIP転送

Algorithm 1 End.AN: Endpoint to SR-aware APP

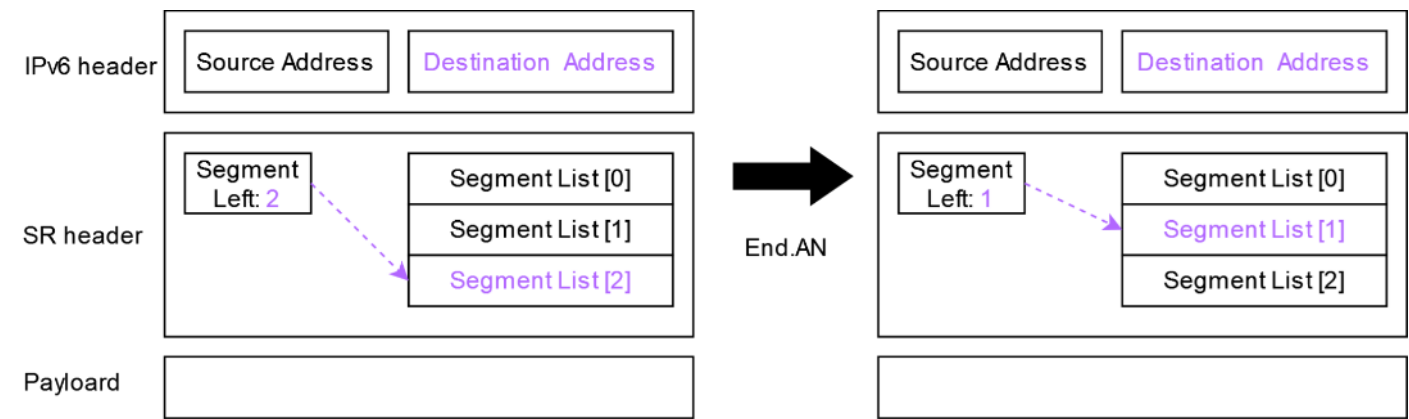
```

1: if NR = SRH & SL > 0 then
2:   decrement SL
3:   apply the Network Function associated with the LocalSID
4:   forward accordingly to the matched entry
5: else
6:   drop the packet
7: end if

```

今回設計したEnd.ANのアルゴリズム

パケット処理の例

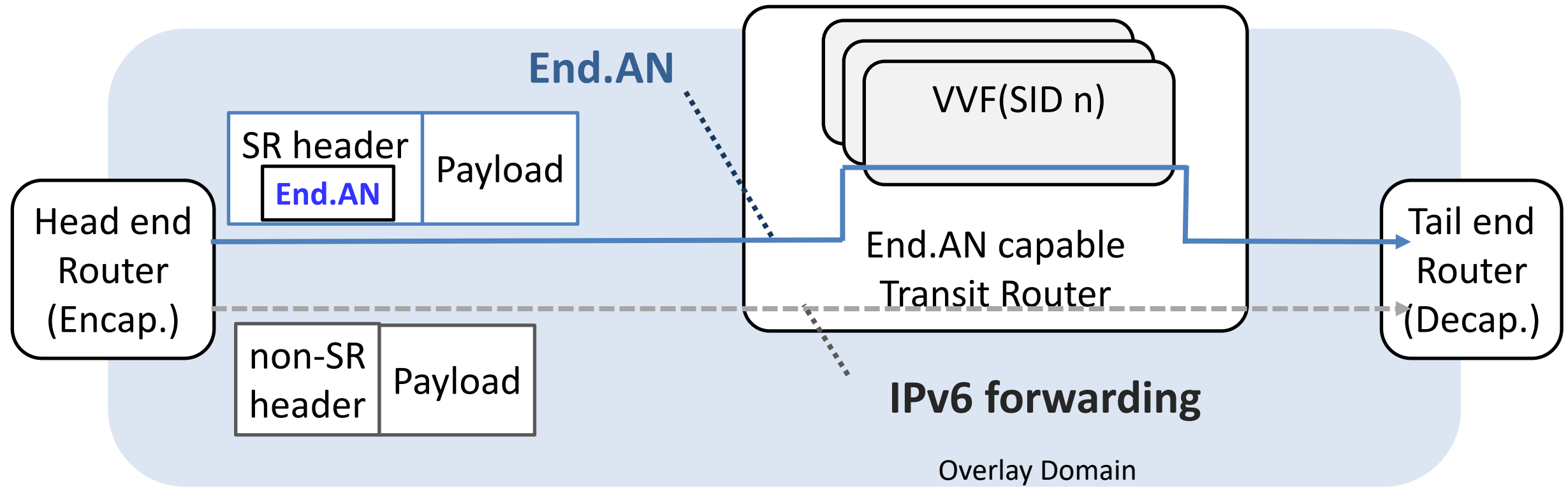


→ 具体化したEnd.ANを映像処理アプリケーションに組み込み実装



End.ANの動作

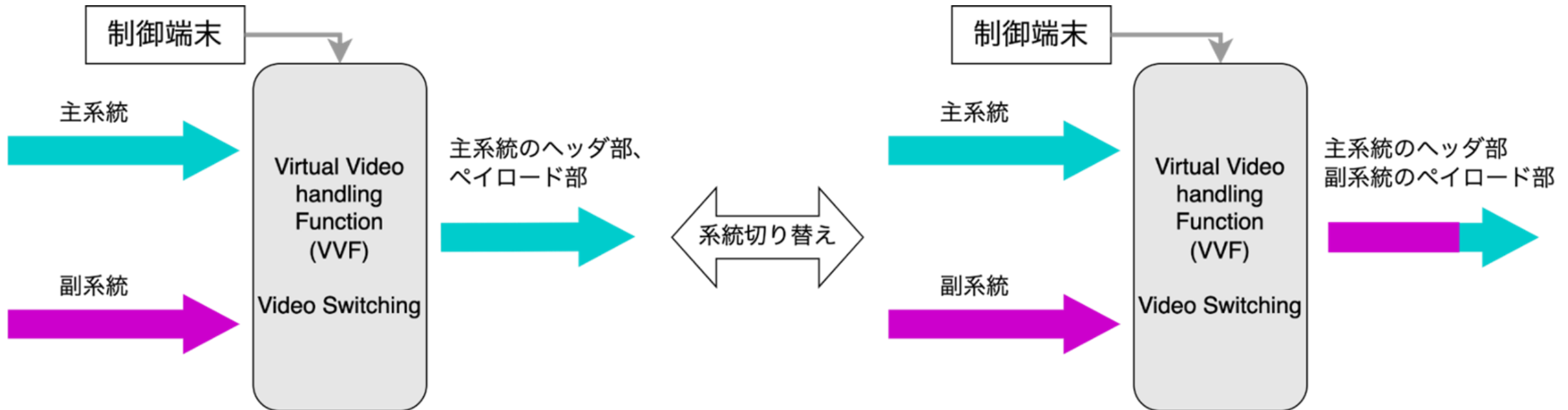
SIDにより、Network Function (=VVF)を選択的に適用！



映像アプリケーションの例

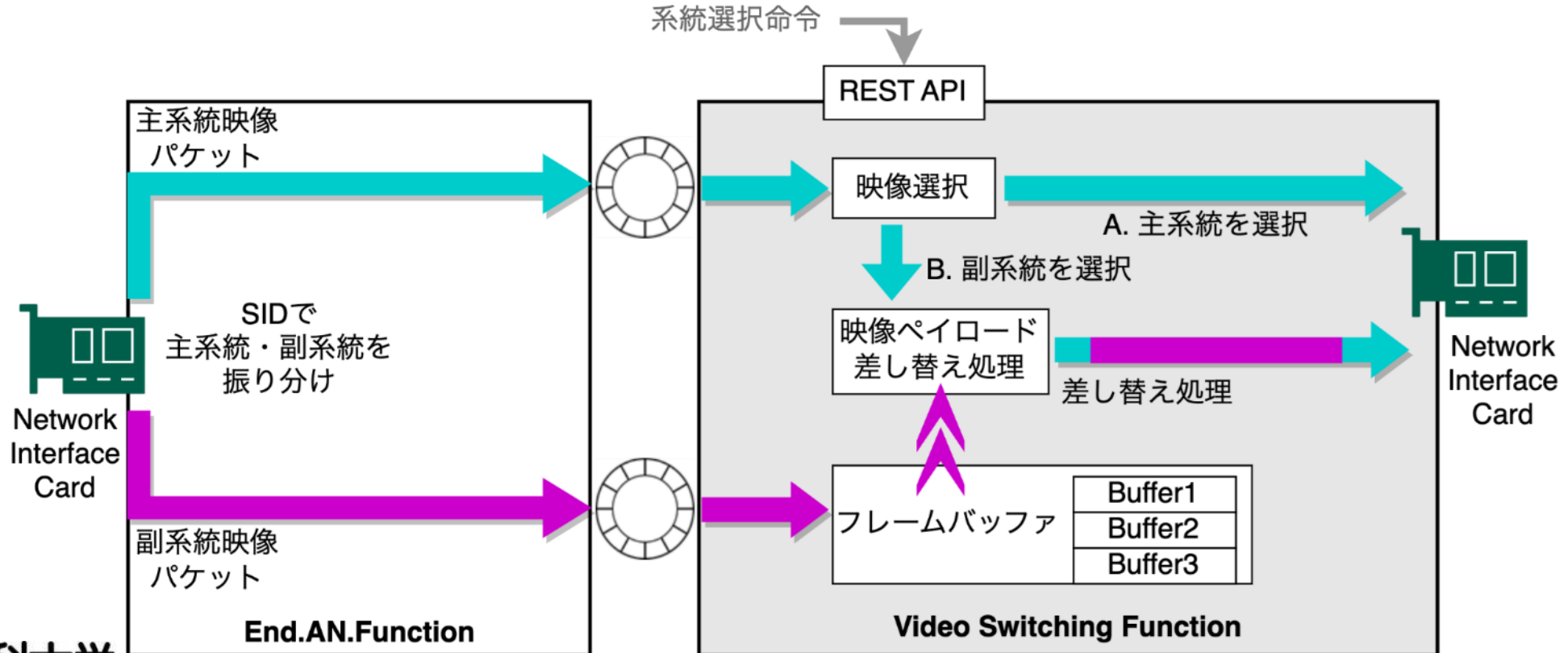
- 映像スイッチング機能

- 2系統の非圧縮8K映像を1フレーム以内に選択切り替え・出力する機能
- 映像パケットのうちペイロードのみを差し替え



実装: End.ANを用いた映像スイッチング機能

- End.ANと、映像スイッチングを実現するVVFを実装
 - 主系統, 副系統それぞれのEnd.ANをLocal SIDとして設定
 - パケットに付与されたSIDを元に, 対応する系統の入力に振り分け

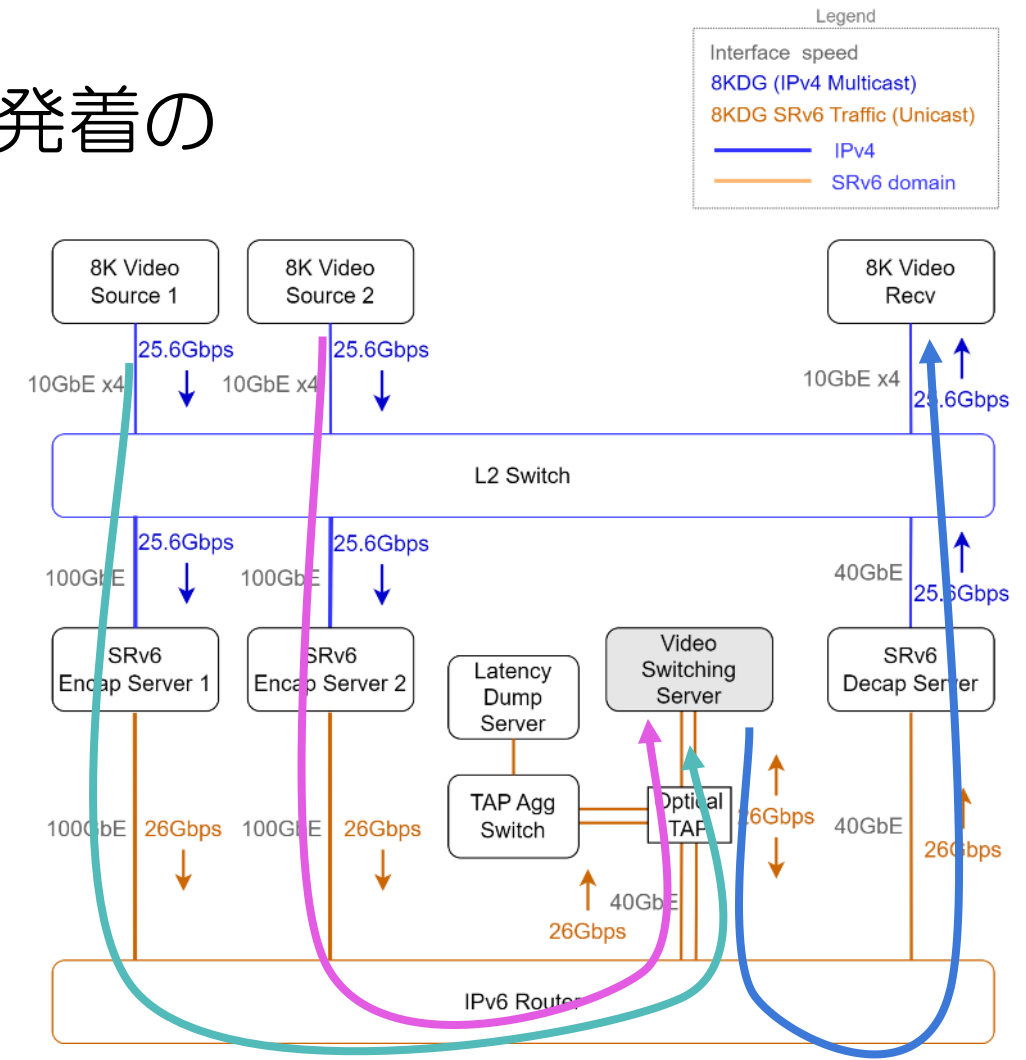




評価①: 性能評価実験

- パケットレベルで遅延性能を計測
 - 計測用サーバでスイッチングサーバ発着の
パケットのタイムスタンプを比較
 - 下記の4つのCaseについて評価

Case	Description
Case 0	通常のIPv6転送
Case 1	通常のEnd処理
Case 2	End.ANを適用(主系統出力)
Case 2.5	End.ANを適用(副系統出力)



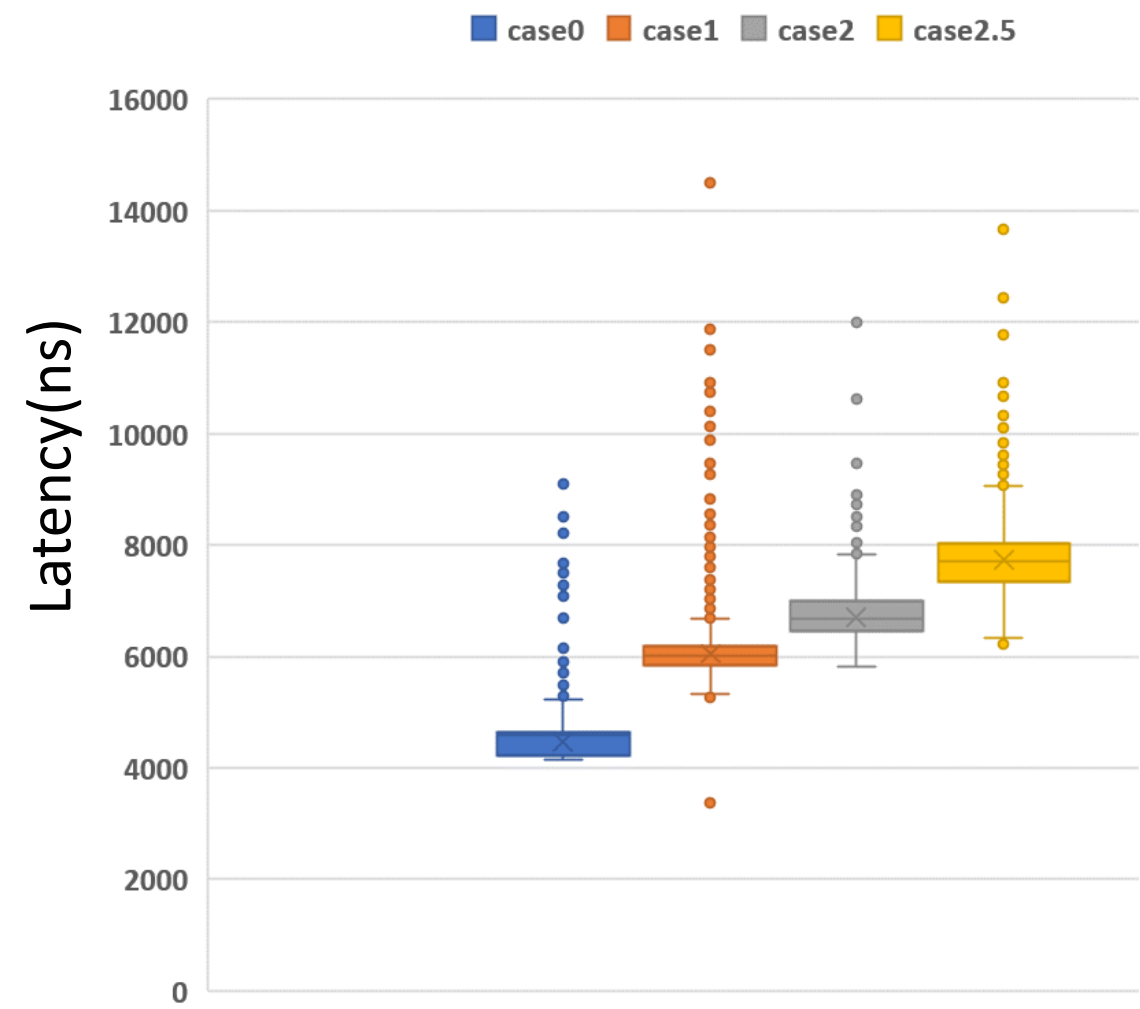


評価①: 性能評価実験 (結果)

Case	Description	Latency
Case 0	通常のIPv6転送	4.5 μ s
Case 1	通常のEnd処理	6 μ s
Case 2	End.ANを適用(主系統出力)	6.7 μ s
Case 2.5	End.ANを適用(副系統出力)	7.7 μ s

提案手法により, 1フレーム未満の遅延
= 16ms以内での転送を実現

Case毎の処理遅延(N = 10,000)



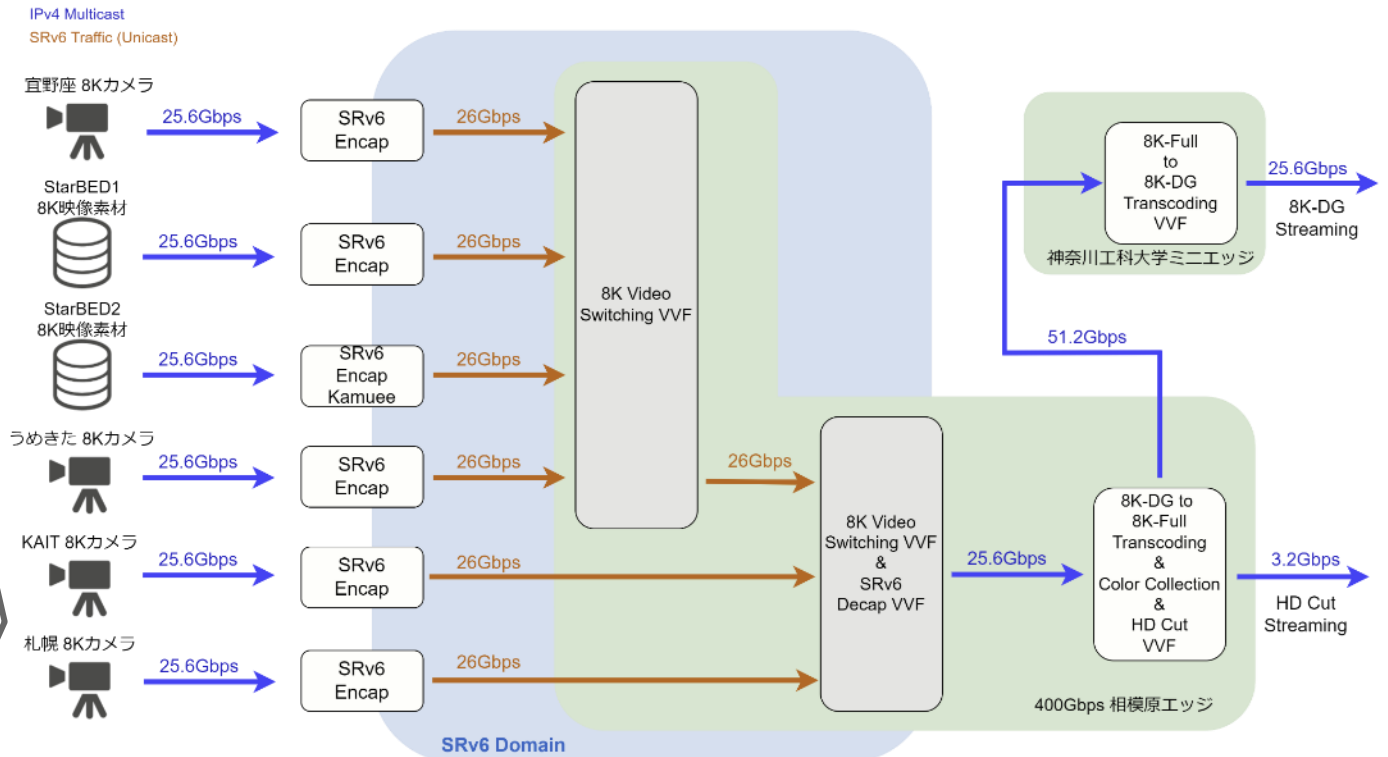
評価②: 実証実験

- NICT主催「さっぽろ雪まつり」における実証実験
 - 複数拠点からの映像を使用し, 8Kライブ映像のワークフローを実現

- 相模原拠点に**End.ANを実装した Transit Router**を配置

- 映像スイッチングVVF
- トランスコーディング (色調整 & 8KDG→8KFull) VVF
- トランスコーディング (8KFull→8KDG)VVF

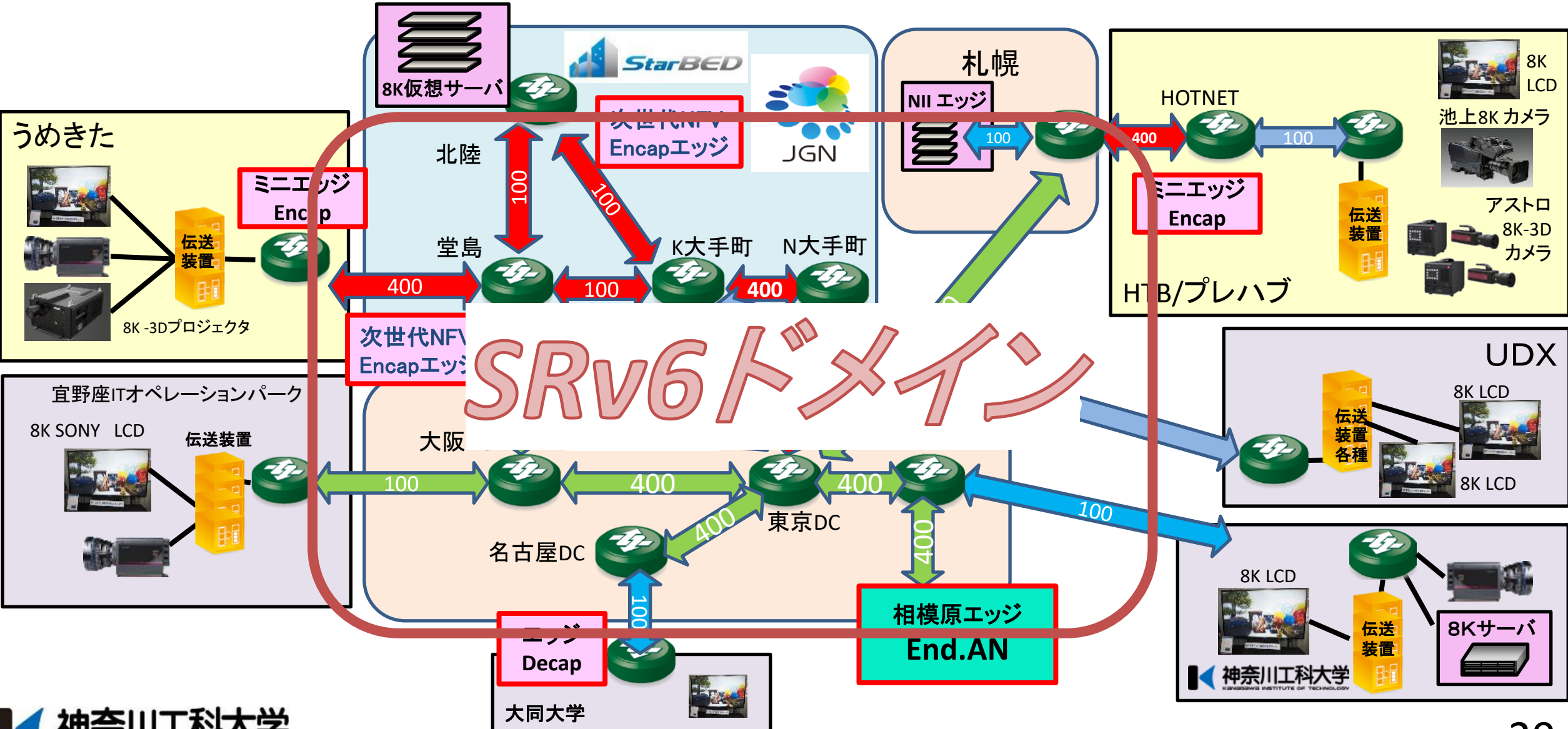
- 各拠点にミニエッジ(Head/Tail end router)を高信頼NFV (Kamuee)に配置



実用網で3日間の安定運用に成功



SRv6を用いた広域サービスチェイニング

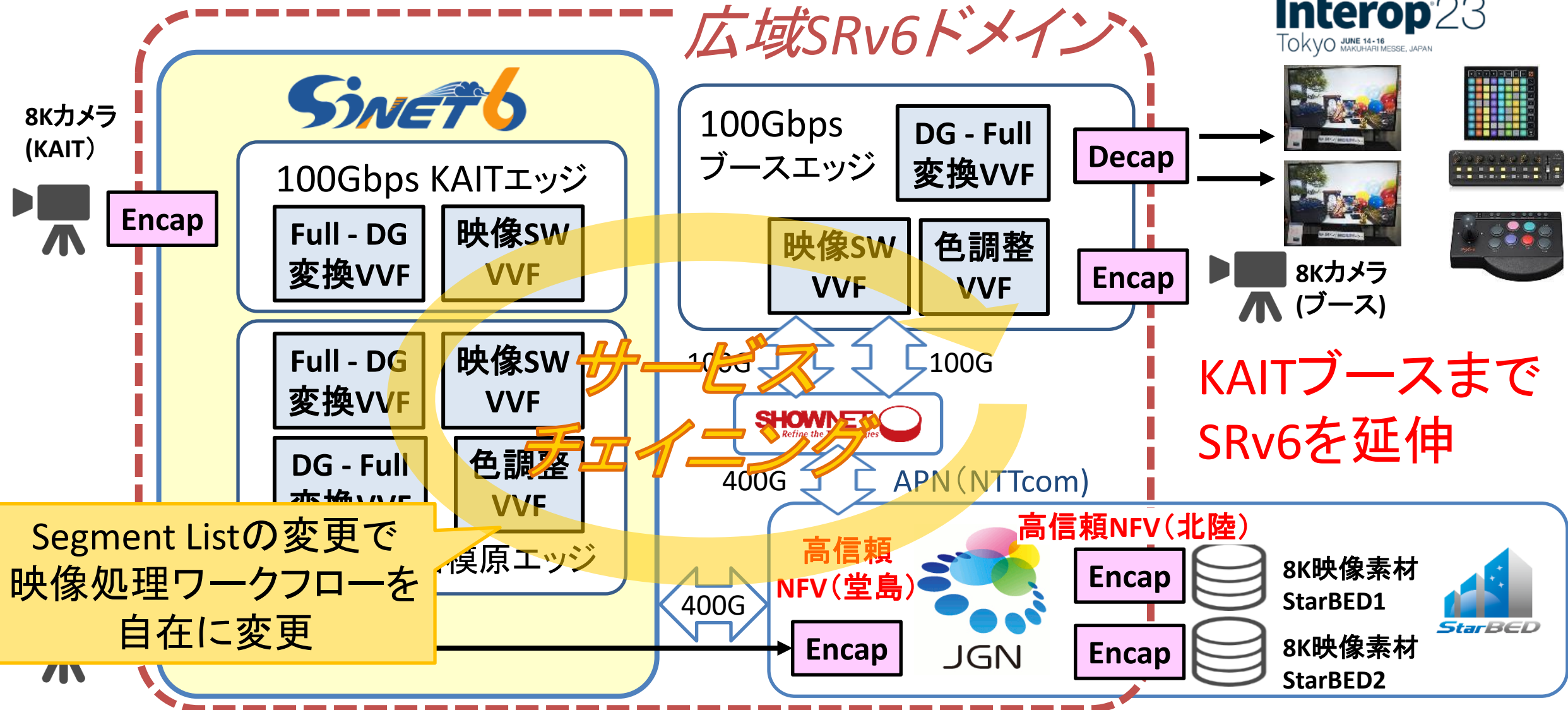


- SFCCの効率的な実現を目指し、インラインサービスチェイニングを提案
 - 映像遅延の最小化
 - 既存IPv6ネットワークへの導入⇒既存SFCCのトポロジ制約から脱却！
- End.ANの詳細を設計 & 実装
 - SRv6 behaviorによる中継ルータでのNetwork Function提供 & IP転送を実現
- 映像ワークフローのサービスチェイニングを実証
 - 性能評価：映像品質に影響を与えない遅延性能を実現 ($< 7.7 \mu s$)
 - 実証実験：IPv6網へ導入. 3日間の安定・正常動作を実証



Interop Tokyo 2023 (6月14日~16日@幕張メッセ)

広域SRv6サービスチェイニングを用いた映像制作



Segment Listの変更で映像処理ワークフローを自在に変更

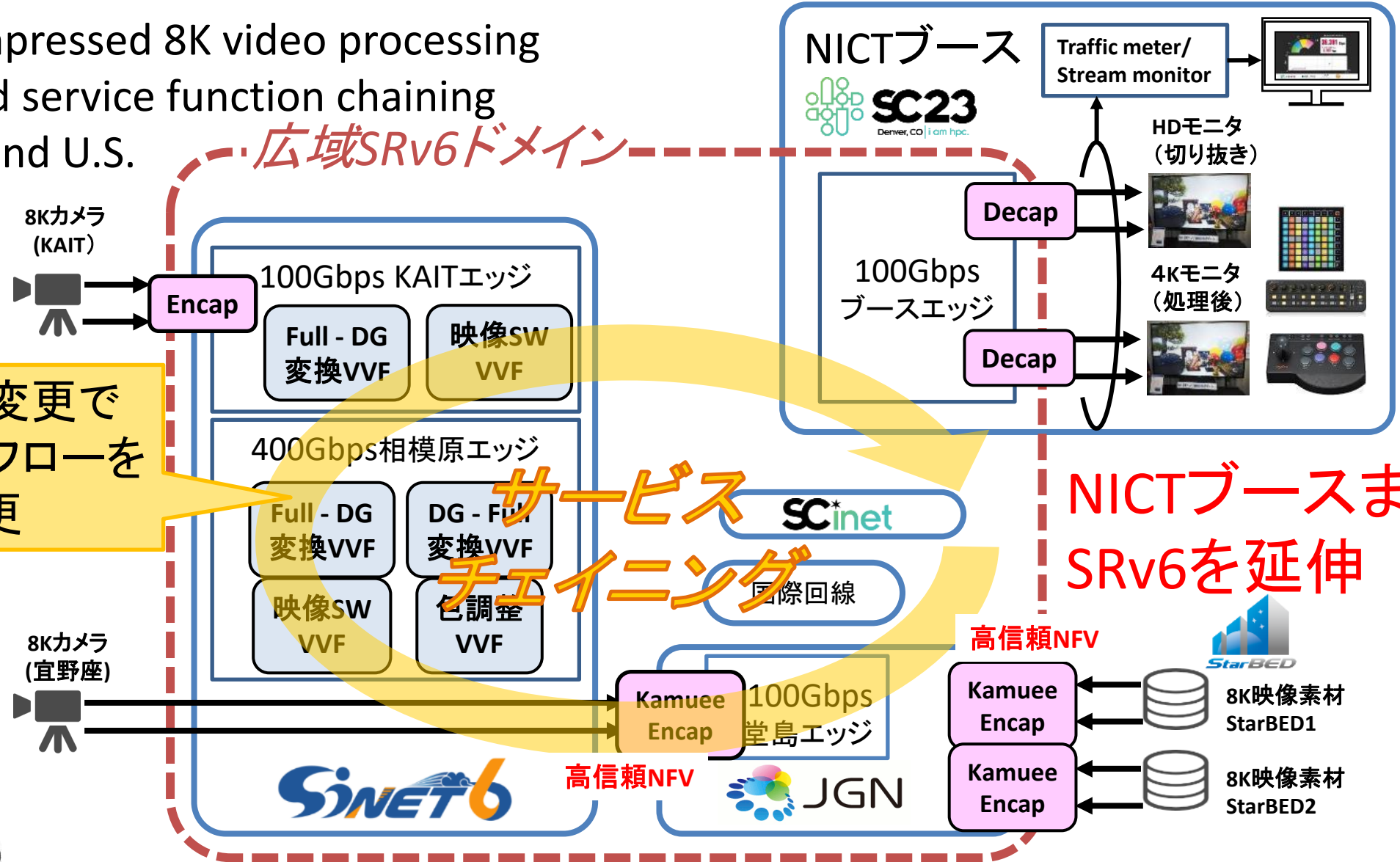
KAITブースまでSRv6を延伸



SC23 NRE@DENVER, CO • NOV 12-17

NRE-028: Uncompressed 8K video processing using SRv6-based service function chaining between Japan and U.S.

Segment Listの変更で映像処理ワークフローを自在に変更



NICTベースまでSRv6を延伸



謝辞

- NICT雪まつり実験2023の実証実験の実施にあたり，NIIのSINET6，NICT JGNの皆様には環境構築にご尽力いただきました。独立行政法人 情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター様，サイバー関西プロジェクト様，宜野座村ITオペレーションパーク様，北海道テレビ放送株式会社様，池上通信機株式会社様，アストロデザイン株式会社様，アリスタネットワークスジャパン合同会社様，セイコーソリューションズ株式会社様，株式会社オービス様，ピュアロジック株式会社様をはじめ関連組織の皆様のご協力頂きました。
- Interop Tokyo 2023の実証実験の実施にあたり，NIIのSINET6，NICT JGN，ShowNetの皆様には環境構築にご尽力いただきました。また，アリスタネットワークスジャパン合同会社様，ピュアロジック株式会社様をはじめ関連組織の皆様のご協力を頂きました。
- 本研究の一部は，NICT委託研究（採択番号 03101）及びJSPS 科研費 22K12021、 22K12003 により得られたものである。



**ご清聴、
ありがとうございました。**



以下、質問対応



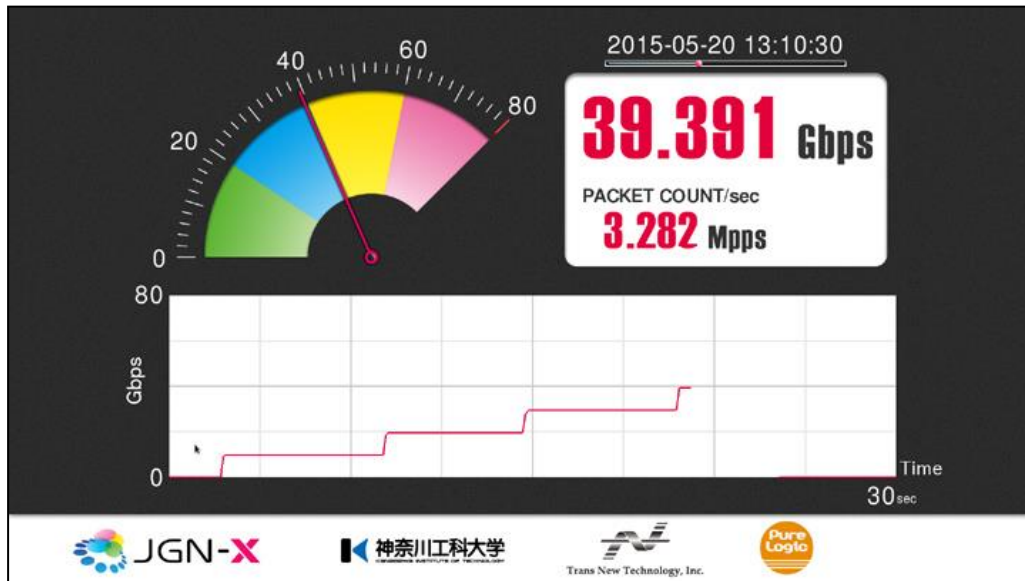
ネットワークリソースのリアルタイム可視化技術

ストリームモニタ

- コンフィグにより様々なストリーム解析結果の表示が可能
- 以下はレーン間の遅延差の可視化例

8K映像トラヒックメータ

- 解像度、パケット量・転送レートの上限、グラフ表示の変更がキーボードから可能



Port 0 latest frame: 18560 Enable Disable 163, 138, 193, 182:12345 enable

Source	Destination	Second	Nano Second	Diff	Frame Number	F Count	Loss	Drop	Rewind	Skip	Gap
192.168.118.116:60503	192.168.110.151:6200	1529612800	915013491	0ns	18863	30	0	0	0	0	
192.168.118.117:45683	192.168.110.151:6201	1529612800	918360857	2ns	18863	30	0	0	0	0	
192.168.118.118:34603	192.168.110.152:6200	1529612810	68976300	153ns	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.120:41458	192.168.110.152:6201	1529612810	69725481	153ns	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.121:60415	192.168.110.153:6200	1529612809	917779795	1ns	18863	30	0	0	0	0	
192.168.118.122:51492	192.168.110.153:6201	1529612809	917285535	1ns	18863	30	0	0	0	0	
192.168.118.123:47572	192.168.110.154:6200	1529612810	77305727	161ns	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.124:35193	192.168.110.154:6201	1529612810	76905789	161ns	18878	30	0	0	0	0	

Port 1 latest frame: 18555

Source	Destination	Second	Nano Second	Diff	Frame Number	F Count	Loss	Drop	Rewind	Skip	Gap
192.168.118.116:60503	192.168.110.151:6200	1529612800	910166339	0ns	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.117:45683	192.168.110.151:6201	1529612800	919566512	392.0us	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.118:34603	192.168.110.152:6200	1529612800	919500777	321.0us	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.120:41458	192.168.110.152:6201	1529612809	919554848	346.0us	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.121:60415	192.168.110.153:6200	1529612809	919541178	392.0us	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.122:51492	192.168.110.153:6201	1529612809	919567478	379.0us	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.123:47572	192.168.110.154:6200	1529612809	919021643	333.0us	18878	30	0	0	0	0	
192.168.118.124:35193	192.168.110.154:6201	1529612809	919504121	310.0us	18878	30	0	0	0	0	

レスポンス時間重視
8K映像が乱れた瞬間の状況を表示

ストリーム毎の統計情報表示
8K映像の乱れの原因のあるスリームを特定