

8K超高精細の映像伝送とその未来

2015.12.9
神奈川工科大学 丸山 充

自己紹介

- 丸山 充 (まるやま みつる)
 - 1985年～ 日本電信電話 (NTT)
 - ・ 未来ねっと研究所
 - ・ 高速プロトコル処理 (VODシステム)
 - ・ 高速L2プロトコルの開発
 - ・ 放送局向け映像伝送・蓄積配信システムの開発
 - 2012年～ 神奈川工科大学 (KAIT)
 - ・ 情報ネットワーク・コミュニケーション学科
 - ・ 本厚木の北側にある5000人規模の工科大
 - ・ ネットワークの設備拡充に注力中
 - ・ 関係機関のご協力で、非圧縮4Kの映像伝送実験などを実施中

本日のプレゼンの流れ

- 研究の背景
 - ①8K非圧縮映像のIP伝送トライアル
 - 8K映像とデュアルグリーン形式
 - 並列伝送方式
 - 実験に使用した機材
 - ②8K非圧縮映像のクラウドサーバ実現とマルチキャスト伝送
 - クラウドでの並列サーバ実現
 - マルチキャストNWの伝送トライアル
 - ③クラウドを用いた映像加工処理トライアル
 - 最近のトピックス
 - ④NWの運用を支えるモニタリングシステム
 - over 10Gネットワークモニタシステム
- まとめ

研究の背景とモチベーション

光ネットワークの高速化

仮想ネットワークの柔軟性

背景

40GbE, 100GbE...
400GbE, TbE

クラウド
計算リソース

アプリケーションに適した
ネットワーク構成の提供

モチベーション

- 放送局が扱う素材用の超広帯域映像転送・蓄積配信・加工処理を広帯域NW+クラウド上で提供
- 大容量**ストリームデータ**に着目し、リソース状況に関わらず**リアルタイム性**を保持してサービスする技術の開発

ストリーム指向ネットワーク コンピューティング構成技術

- 広帯域なストリームデータを安定的に転送するためには、網状態やコンピューティングのリソースを把握して、アプリケーションとの**協調動作**が不可欠
- 仮想ネットワークの状態を高精度にモニタ・解析する技術

The diagram illustrates a network architecture for stream-oriented computing. It features a central 'リソース管理サーバ群' (Resource Management Server Group) connected to '広帯域映像伝送' (Wide Area Video Transmission) and '大容量映像伝送' (Large Capacity Video Transmission). Below this, there are 'Open Flow スイッチ' (Open Flow Switches) and '仮想ネットワーク制御' (Virtual Network Control). The system also includes 'ネットワーク品質監視機能' (Network Quality Monitoring Function), 'リソース制御' (Resource Control), and 'バス制御' (Bus Control). A 'ストレージ' (Storage) component is also shown, connected to the Open Flow Switches.

JGN-Xを使ったアプリケーション実験

- 仮想NW制御と連携した**4K映像伝送**実験、多面的な**NW解析アーキテクチャ**の実証
- 次世代ヒューマンメディアを活用した体験・体感型学習支援 (CAVE)
- **モーションキャプチャのリモート伝送**による身体・空間情報の共有 (Motion Capture社 MAC3D System)
- 無線LANや交通を題材にした大規模シミュレーションを行い、計算結果をストリームスイッチを用いて、**リアルタイム可視化**

7

4Kリアルタイム映像製作

- ・ ストリーミングクラウドを用いた高精細映像の蓄積・配信・伝送システムの構築により、**メディアレス映像制作環境**を実験
- ・ 遠隔地とのメディアのエクステンジ環境を評価

8

大学でのアプリケーションによる伝送実験

- ・ 大学をJGN-Xに20Gbpsの帯域で接続
- ・ NAIST-KAIT間 4 K映像伝送実験
 - 4 K非圧縮映像伝送実験
 - 4 Kサーバを用いた素材配信実験
- ・ 観測を含めたシステムの動作検証が目的

CAVEシステム(KAIT)

表示システム

- 表示サイズ2.5m x 2.5m x 2.5m.
- 3面+床面のスクリーン
- 4台の偏光型3Dプロジェクタで投影
- 1000 x 1000 pixels / screen.
- 偏光メガネを使用

入出力機器

- ヘッドモーション・トラッカーシステム
- ゲームPad入力デバイス

教育用分子モデルの表示

KAIT 光学式モーションキャプチャシステム

- ・ Motion Analysis社製MOCAPシステム
 - Hawk 18台
 - Rapter-E 8台

特徴

- ・ リアルタイム処理によるセグメント情報の取得
- ・ パフォーマンスキャプチャ (Body, Facial, Finge)
- ・ 複数人、屋外計測が可能

利用分野

歩行解析・人間工学・スポーツなどの研究分野に限らず、自動車メーカーなどの産業分野やエンタテインメント業界 (ゲーム/CG/放送/バーチャルスタジオ/バーチャルリアリティイベントライブ) など

11

外部計算リソースとのシームレス連携による大規模シミュレーション結果のリアルタイム可視化

- ・ 大規模シミュレーションのリアルタイム可視化の研究推進
- ・ 映像の製作の過程で頻繁に使われるプレビズ (Pre visualization), ネットワーク構成のエミュレーションなどへ適用する。

12

①8K非圧縮映像のIP伝送トライアル NICT雪祭イベント2014.2～

- ・ 8K映像機器の製品化の動き
 - カメラ (アストロデザイン、日立国際、池上通信機)
 - 液晶ディスプレイ (シャープ、アストロデザイン)
- ・ 100GbEサービスの提供開始
 - NTTコミュニケーションズ他
- ・ NTTコミュニケーションズから提供の100Gbps Ethernetを使って、以下の検証 (実験) を行う
 - 10Gbps超の高精細映像伝送プラットフォームとしてのIPネットワークの適用可能性評価
 - 数10Gbpsオーダーのマルチレール同期伝送性能評価
 - over10Gのトラフィックモニタリングの評価

13

NICT雪祭りイベント 超高精細映像伝送トライアル

東阪の100Gbpsの回線上で以下の伝送に挑戦

- 7680x4320 デュアルグリーン (8K-DG)
60Hz 10bit 24Gbps

その時の課題:

- 単体の装置で送れる量ではない
- 8Kの表示装置がない
- コンテンツは?
- over10Gのネットワークモニタがない

14

8K映像とは

- 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
- デュアルグリーン方式の8K映像機器を使用

15

8K デュアルグリーン方式

- デュアルグリーン方式とは800万画素の素子4枚で撮像
- ビットレートは24Gbps (HD-SDI×16本相当)

16

多種多様な規格が存在 UHDTV (Rec. ITU-R BT.2020)

- 画素数 7680x4320, 3840x2160
- 走査 順次走査
- フレーム周波数 120Hz, 60, 60/1.001, 50, 30, 30/1.001, 25, 24, 24/1.001
- 色サンプル RGB 4:4:4 YCbCr 4:2:2, 4:2:0
- 表色系 広色域:沖縄の青い海が再現

- 8Kフル解像度方式 (12bit 60Hz/120Hz)もNHK様を中心に開発が進んでいる。

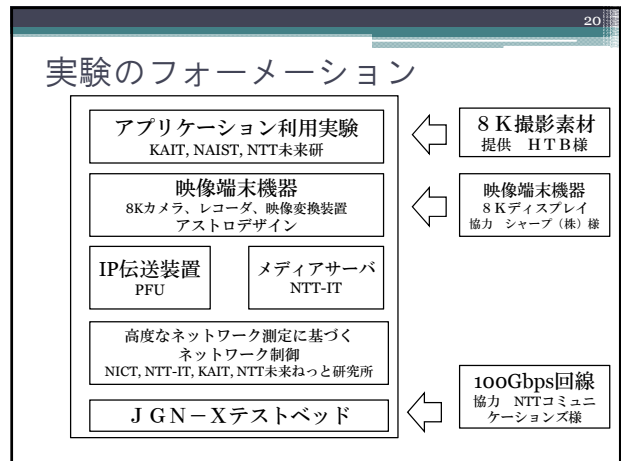
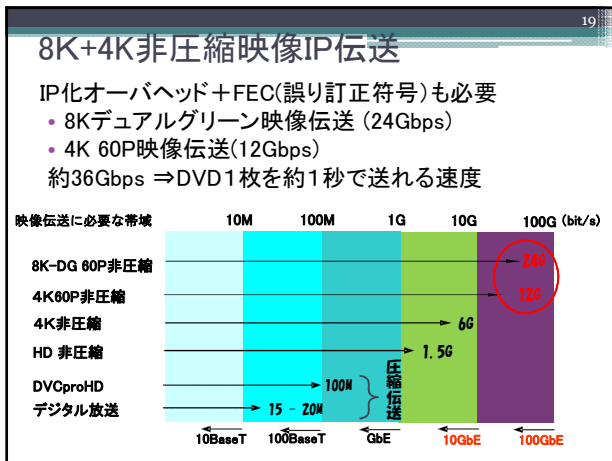
17

非圧縮8K映像配信システムの概要

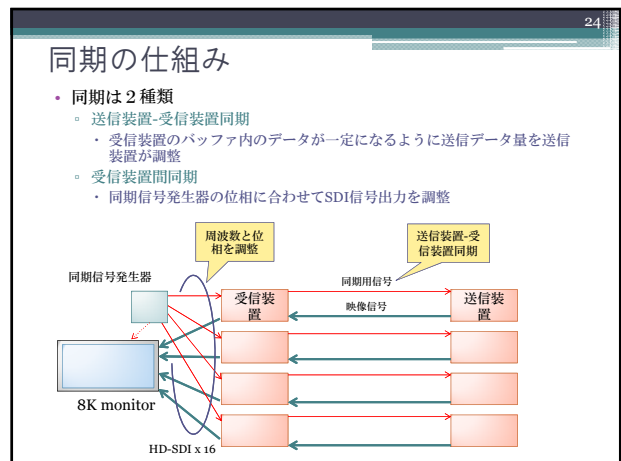
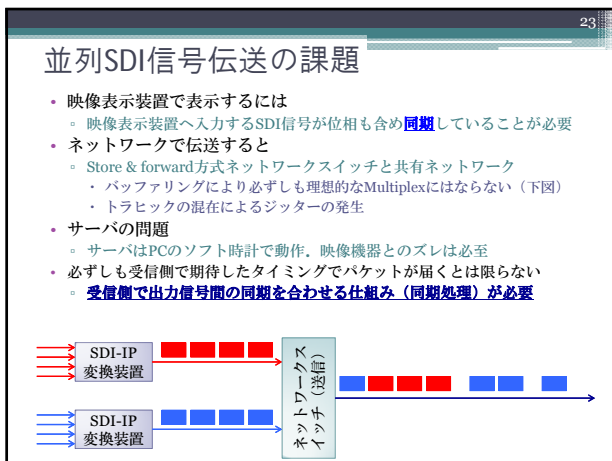
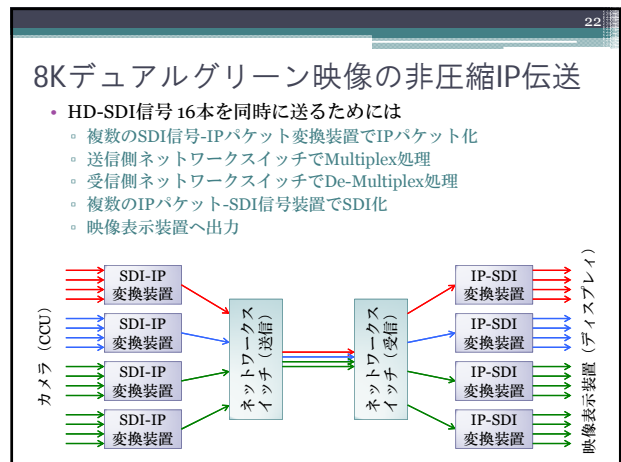
- 2つのシステムをインテグレート
 - 8K映像伝送システム (リアルタイム系)
 - 8K映像配信システム (蓄積配信系)

18

超高精細映像素材の伝送・蓄積配信



IPネットワーク上での
8K映像ハンドリング技術



25

フレーム同期

- たまたま1フレームずれてしまうと
 - 1部分がずれて出力
 - Time code(TC)情報で合わせることも可能だが、TCが入っていないこともある
 - 各フレームにIDを振って送信、それを受信装置間で共有することでフレーム同期を実現

26

実験で使用した機材

27

4 K 非圧縮映像伝送装置

PFU社 Qool Tornado QG70

- 放送業界向け映像伝送装置
- 非圧縮4K@30pの双方向伝送が1台で可能
- プレビュー機能
- NTT未来研技術

出展：PFU Technical review 2013年5月号 Vol.24, No.1, 45号

28

QG70 外観

29

QG70の技術

ハードウェアエンジン

出展：PFU Technical review 2013年5月号 Vol.24, No.1, 45号

30

QG70：フレーム同期機能

- チャンネル間の周波数同期とフレーム同期
 - 周波数同期については、各チャンネルが独立して9種類の信号に同期
- タンデムオペレーション
 - マスターからスレーブ装置への同期による周波数同期
 - マスターからスレーブ装置へのフレーム番号の通知によるフレーム同期

出展：PFU Technical review 2013年5月号 Vol.24, No.1, 45号

31

QG70：FEC機能 (Forward Error Collection)

- 縦方向1次元FECの採用
- FECを生成する配列サイズは、横方向が4～512パケット、縦方向Dが4～16パケット

出展：PFU Technical review 2013年5月号 Vol.24, No.1, 45号

32

NTT-IT社 4K非圧縮映像サーバ SHS-XMS

- 主な特徴
 - スケーラビリティ
 - 1ストリームを1台のサーバで制御可能なエントリーモデルからPCクラスターアーキテクチャによる最大54Gbpsの配信性能を実現するクラスターモデルまでスケーラブルに構成
 - 高コストパフォーマンス
 - 汎用PCサーバと汎用ディスクアレイ (HDD,SSD)により構成
 - フレキシビリティ
 - 10GbEを使ったリアルタイム収録・再生およびファイル転送によるアップロード、ダウンロード
 - 映像制作で利用されている様々なフォーマットに対応
- NTT未来ねっと研究所技術をベースに商品化

参考資料：情報処理学会誌 2013年12月号 君山、小倉、丸山 「オーバー50Gbit/s PCクラスター型ストリームサーバの構成法」

33

8K撮影機材

- アストロデザイン製 AH-4800
 - CCU経由でHD-SDI 16本で出力
 - 8K (7680x4320) デュアルグリーン (8K-DG) 60Hz 10bit 24Gbps を出力
- 8Kレコーダ HR-7512

34

8Kディスプレイ (シャープ様 御協力)

| | |
|---------|-----------------------------|
| 画面サイズ | 85型 (approx. 1.9 x 1.05m) |
| 画素数 | 7680 (H) x 4320 (V) |
| 画素サイズ | 0.245 mm (103 Pixel / Inch) |
| 色数 | 10 bits RGB |
| フレームレート | 60Hz progressive |
| 輝度 | 300 cd/m ² over |
| バックライト | 直下RGB-LED方式 |
| 入力/IF | 光/IF、HD-SDI |
| フォーマット | Full-8K、DualGreen |

出展 シャープ様プレゼン資料

35

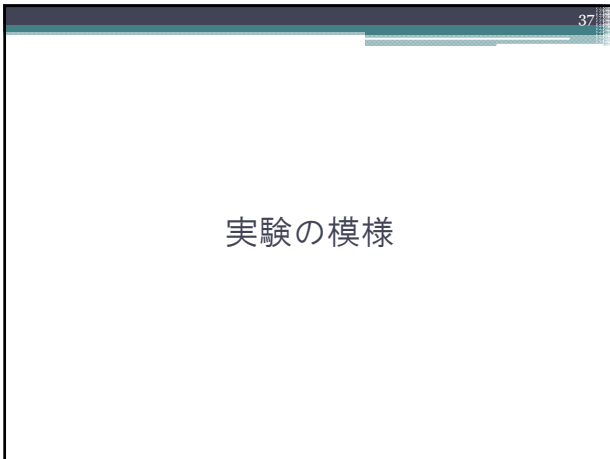
QG70およびXMSによる 並列伝送

QG70 4台のタンデム運用

XMS 2台の連携

36

100G回線対応ルータ



38

8K撮影装置を使った撮影

- アストロデザイン製 AH-4800
 - CCU経由でHD-SDI 16本で出力
 - 8K (7680x4320) デュアルグリーン (8K-DG) 60Hz 10bit 24Gbps を出力
- 8Kレコーダ HR-7512

ハイブリッド車の100V電源を使用

39

8K撮影 (HTB様御協力)

ハイブリッド車内の撮影機材

ピントの確認は、車内4Kモニターで

- 32インチ4Kモニター DM-3432
- 波形モニター WM-3215
- 8Kカメラ調整用のリモコン
- 光伝送用の受信機 AR-4804
- 8Kレコーダー HR-7512C
- 8Kカメラ用CCU AC4802
- 電源は、ハイブリッド車の100Vコンセントより供給。

40

雪像プロジェクションマッピング撮影 (機材をプレハブ内設置)

- 8Kカメラヘッド AH-4800
- 8K CCUカメラコントロールユニット AC-4802
- 8K光伝送装置 Head Adaptor : AT-4803
- 8K光伝送装置 CCU Adaptor : AR-4804
- 8K SSDレコーダー : HR-7512-C

41

8K表示装置(神奈川工科大)

- 4K×4面パネル
 - 市販TVの改造による簡易8K表示装置
 - 大学でも8Kの実験が可能になった

42

2月5日 大手町のプレス発表

KDDI大手町ビル
NICT NOC横の会議室


多数のプレスが取材に

関係各社と並列報道発表にトライ


Web掲載
 2月5日 37社
 2月6日 18社 米国2社
 2月7日 25社 中国2社
 新聞掲載19社

43

2月7日 うめきた会場デモ



4 K60Pによる大手町との掛け合いで低遅延を実感



Sharpのディスプレイが綺麗
ディスプレイを写真で撮っても画素が分からないと好評

44

うめきた会場全景



45

8Kの高精細度の確認？



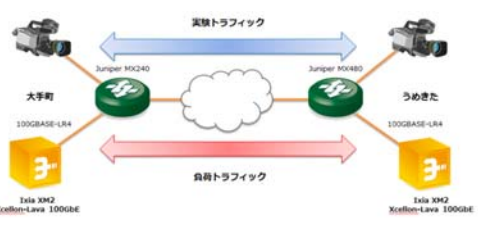
46

この位鮮明に見えます！！



47

100GネットワークQoS試験



映像伝送を行ったまま、片方向90Gbps
双方向 180Gbpsの負荷トラフィックを発生

48

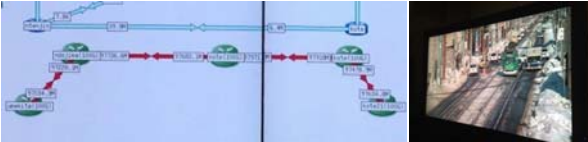
QoS制御なし 帯域不足による画像の乱れ



49

QoSによる優先制御により映像に影響なし

- 映像トラフィックの出力キューの優先度を高める
- ルータから送信する際に、MPLSラベルにおけるEXP bitの優先度をあげたパケットとして中継ルータに渡す。
- 各中継ルータはEXP bitを参照することにより、優先度を高く中継



50

実験評価

- マルチレーンストリーム伝送
 - 超高精細映像リアルタイム伝送実験
 - QG70対応であれば、16本のマルチレーンでも受信側バッファは1フレーム内でOK
 - 超高精細蓄積映像配信実験
 - Linuxベースのサーバの揺らぎを吸収するために、受信側に2フレーム分のバッファがあればOK
- over10Gネットワークモニタ
 - 8Kトラフィックメータは、可視化ツールとして有効
- 100Gネットワークの適用性
 - バックグラウンドトラフィックを回線限界までかけても優先制御さえすれば映像には全く支障がない。

51

②8K非圧縮映像のクラウドサーバ実現とマルチキャスト伝送

- 2015雪祭りイベント
- Interop2015での実験

52

ニーズ

- NWの広帯域化で4Kや8K（ハイビジョンの16倍の画素数）の高精細ストリームデータを扱うアプリケーションの普及の期待
 - 2020年の東京オリンピックでは、スポーツ中継への期待
 - 研究分野では、研究内容の可視化ツールとして期待
- 課題：専用の編集設備が必要で容易に利用できない。放送局は多大な投資が必要。

↓

クラウド上の仮想編集設備を利用できれば、コンテンツ制作の裾野が拡大

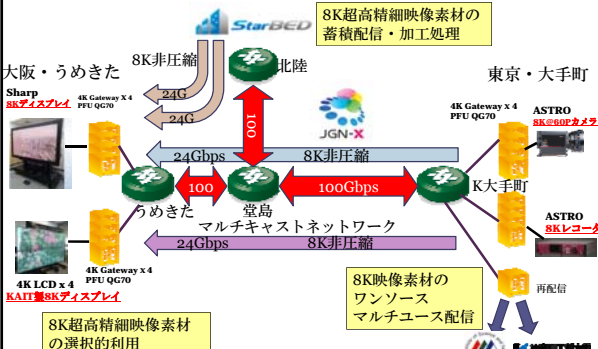
53

NICT2015雪祭りイベント 超高精細映像伝送トライアル

- 8K素材の蓄積配信・加工処理の基本機能を汎用クラウド設備の利用により実現
 - StarBED3の並列環境を用いて検証
- 8K映像の選択的利用と映像素材のマルチユース配信機能を100Gbps L3マルチキャストネットワークで実現
 - Over 10Gbpsでの映像スイッチング
- 100G回線対応ネットワークモニタ基本性能の検証

54

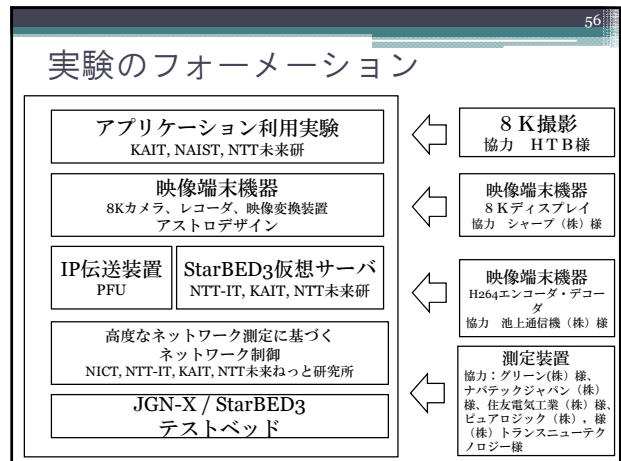
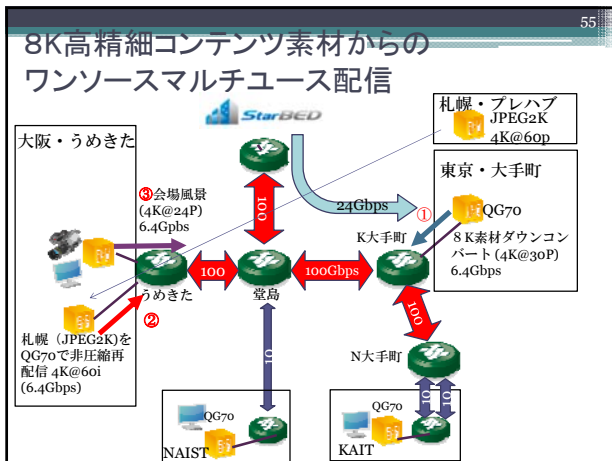
広帯域ネットワークとクラウド設備による 8K超高精細映像伝送・蓄積配信・加工処理



大阪・うめきた (Sharp 8Kディスプレイ, 4K Gateway x4 PFU QG70) ↔ 北陸 (StarBED) ↔ 東京・大手町 (4K Gateway x4 PFU QG70, ASTRO 8Kレコーダ)

伝送速度: 24Gbps (8K非圧縮), 100Gbps (マルチキャストネットワーク)

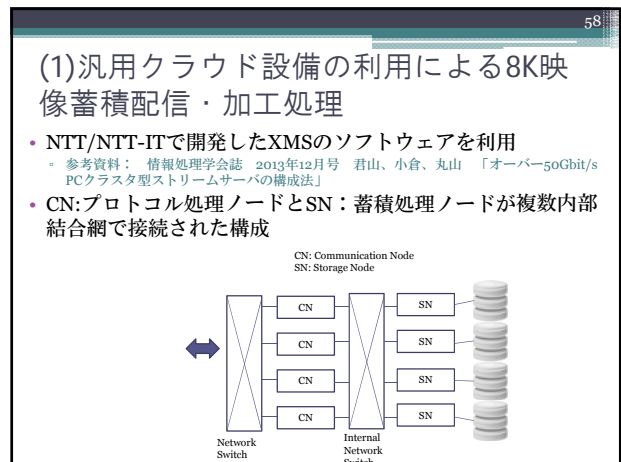
処理: 8K超高精細映像素材の蓄積配信・加工処理 (StarBED), 8K映像素材のワンソースマルチユース配信



57

個別技術紹介

- StarBED3で作成した映像サーバ機能、トランスコード機能
- マルチキャストNW



59

蓄積配信処理の検討

- (1) ノード単体のスループットの確保
 - 蓄積入出力性能およびプロトコル処理性能
- (2) 複数ノードへの機能割り当ておよび同期機能
 - 機能分散方法
 - クロック同期

60

StarBED3 Group Nの仕様

| 種別 | 仕様 |
|---------|---|
| Model | DELL PowerEdge C6220 |
| Chipset | Intel C600/X79 (Sandy Bridge) |
| CPU | Intel Xeon E5-2650 2GHz 8 core 20MB cache 2個 |
| Memory | 128GByte(DDR3-1333 8GB Registerd LV DIMM) |
| HDD | 500GB (SATA/7.2K RPM) |
| SSD | 200GB (SATA/MLC) × 4 |
| NIC | Intel i350 dual port GbE |
| NIC | Intel X520V2 Dual port 10GbE Port#2 空 |

61

ノード単体のスループットの確保

- 蓄積入出力性能：
 - ノード内の4台のSSDを使いRAID 0構成
 - 432MB/s~1053MB/sとばらついていた
 - 予想と違っていた
 - HDチャンネル(1.5Gbps)あたり、190MB/sなので、2チャンネル分なら最低レートのシステムでもサポート可能
 - 非圧縮で30分程度収録可能
- プロトコル処理性能：
 - MTU (Max Transfer Unit)を拡大し、8KBのジャンボフレームを使ってオーバーヘッド削減
 - PCノードから10GbEにより、100GbE対応ルータへの直接接続

62

複数ノードへの機能割り当ておよび同期機能

- 複数ノードへの機能割り当て：
 - 8台のノードを連携して、24Gbpsの仮想サーバを実現
 - 1台のノードにCNとSN機能を共存して、HD 2本分の3Gbpsの処理性能を達成
- 同期機能：
 - ノード間の同期精度の改善のために、内部結合網を使ったNTP動作

8K映像配信ノード 8台構成24Gbps

63

StarBED3の機材

64

StarBED3からの伝送映像 8Kトラヒックメータが大活躍

65

プレビュー映像作成の加工処理

- 8K-DG映像からHDサイズ(1920x1080画素)にダウンコンバートし、H.264(25Mbps)で圧縮
- 4フレーム/秒の処理時間を達成

66

(2)100Gbps L3マルチキャストNWの構築

マルチキャストルータは、Juniper MX480で構成
プロトコルは、PIM-SM (Sparse Mode)

- 受信装置のJoin/Leaveが契機
- L3マルチキャストによる枝刈り
- IGMPスヌープの連携

マルチキャストアドレスの割り当て

宛先装置アドレス単位でマルチキャストアドレス割り当て装置内の4ストリームの区別のためにポートを使用

IPストリームデータ
1.6G x16本

239.0.163.11
239.0.163.12
239.0.163.13
239.0.163.14

映像信号
HD-SDI(1.5G)
x16本

10GbE X4

QG70 1台あたり4本のストリームを受信
4本のデータはポート番号で区別

QG70の受信マルチキャストアドレスをSNMPの独自MIBを使い、4台まとめて切り替え

受信マルチキャストアドレス選択

QG70の受信マルチキャストアドレスをSNMPの独自MIBを使い、4台まとめて切り替え
2~3秒以内での切り替え、バラバラと切り替わる

実験評価

- 8K素材の蓄積配信処理の基本機能をStarBED3のノード8台で安定的に実現
- 8K素材からHD(H264)への圧縮機能もバックグラウンドで実現
- 100Gbps L3マルチキャストネットワークによる映像の選択的機能も安定的に動作を確認
- しかし、本番前日に完成した事もあり、データが取れていなかった
- 同期は本当に大丈夫なのだろうかの定量的なデータもない

→ Interop2015の場での再挑戦

Interop2015の取り組みの狙い

- 8K/4K映像の多地点マルチレート配信
 - StarBED3内の22台のノードを用いた8K/4K対応仮想サーバによるマルチレート映像同時配信機能
- マルチキャストアドレス選択による受信レートの選択
 - 100Gbps L3マルチキャストネットワークを構築し、各地点の可用帯域や端末設備によって受信レートの異なる映像を選択
- 100Gネットワークモニタを使った高精度多地点観測
 - 100Gモニタ環境、既存の10Gbpsモニタの連携

評価項目

- マルチレート蓄積配信サーバの複数ノード間の同期配信性能
- 8K/4K超高精細映像の選択的切り替えのオーバーヘッドの明確化
- 100G回線上でのマルチキャストネットワーク上の詳細なトラフィック状況の解析

超高速映像マルチレート配信実験

StarBED 22台

6.4Gbps 4K@30P非圧縮
1.2Gbps 4K@60P非圧縮
2x 8Gbps SR-10G x 2 非圧縮

マルチキャストネットワーク

100Gbps

100Gbps

100Gbps

100Gbps

KDDI 大手町

NTT 大手町

4K@30P受信

4K@60P受信

実験システムの課題と評価項目

- 非圧縮 8K/4K 超高精細映像素材のマルチレート同期配信サーバ
- 100Gbps L3マルチキャストネットワーク

73

マルチレーンストリーム伝送技術

・非圧縮ハイビジョンの1.5Gbps（60pの場合は3Gbps）のレートを基本にマルチレーンストリーム伝送を行う
各ストリームが受信側で完全に同期しないと映像にならない

①送信装置・受信装置間同期
②複数台の受信装置における周波数・フレーム同期
③表示装置との位相同期

74

マルチレート映像サーバ設計方針

- 1台のノードにCNとSN機能を共存
- CN関連
 - 各ノードから10GbE専用インタフェースで、100Gbps対応ルータに直取
 - プロトコル処理の軽量化を図るために8000Byte程度のジャンボフレームで伝送
- SN関連
 - ノード毎に4台のSSDでRAID0を構築
- ノード単体の性能と割り当て台数
 - 各ノードは1台のノードあたり、HD 2本分 3Gbpsのトラフィックをハンドリング
 - メディア単位に、ノード群を割り当てる事とし、8K-DG対応は8台、4K@60P対応は4台、4K@30P対応は2台で構成
- ノード間の同期
 - NTPでシステム内の時計を1ms以下に同期
 - 映像送出開始指示は、RTSPを用いて絶対時刻ベースの同期送出で実現
 - 複数レートの同期伝送もRTSPを使った同期送出で実現

75

StarBED3のマルチレート映像サーバ構成

低遅延内部結合網・時刻同期

CN:通信処理部
SN:番積処理部

8K-DGノード 8台構成、4K@60Pノード 4台構成、4K@30Pノード 2台構成を完全連動

1台のノードでCNとSN機能を共存して3Gbpsの処理性能を達成

76

マルチレート映像サーバの評価項目

- ノード単体のディスク性能
 - 2015雪まつり実験の際にベンチマークをした際にノード間の性能差が見られたが、今回も同様な傾向であるかを確認
 - 432MB/s~1053MB/sとばらついていた
- 複数ノードからの同期配信性能
 - RTSPでの同期送出を行った結果、受信装置のQG70で観測されるパケット到着時刻差
- 複数レートの同期配信性能
 - 8K-DG, 4K@60P, 4K@30Pの同期配信時に、受信装置QG70のパケット到着時刻差

77

100Gbps L3マルチキャストNWの構築

マルチキャストルータは、Juniper MX480/240で構成
プロトコルは、PIM-SM (Sparse Mode)

L3multicast 区間

- 受信装置のJoin/Leaveが契機
- L3マルチキャストによる枝刈り
- IGMPスヌープの連携

78

100Gbps L3マルチキャストネットワークの評価項目

- 8K超高精細映像の選択的切り替えのオーバーヘッドの明確化
 - 現状の制御オーバーヘッドを定量的に明らかにする。
- 回線上での詳細なトラフィック状況の解析
 - 映像の切り替えポイント等でのトラフィックの状況を網内のマルチキャストルータのポイントで多面的に解析を行う。

79

評価実験結果

- 非圧縮8K/4K超高精細映像素材のマルチレート同期配信システムの性能評価
 - ノード単体のディスク性能
 - 同期配信性能
- 100Gbps L3マルチキャストネットワーク評価
 - 8K映像素材の選択切替えを行う際のオーバーヘッド

StarBED3の22台ノード

ノードを100Gbpsルータのポートに直取

82

ノード単体のディスク性能のばらつき

| ノード ID | avg (MB/s) | max (MB/s) | min (MB/s) |
|--------|------------|------------|------------|
| n116 | 750 | 800 | 550 |
| n117 | 750 | 800 | 300 |
| n118 | 750 | 800 | 550 |
| n119 | 750 | 800 | 550 |
| n120 | 750 | 800 | 550 |
| n121 | 750 | 800 | 550 |
| n122 | 750 | 800 | 550 |
| n123 | 750 | 800 | 550 |

クラウド設備のノード利用前に性能測定は、必須
あふない

83

Interop2015展示ブース全景

84

CISCO Nexus7Kと伝送機材

85

複数ノードからの同期配信性能と複数レートの同期配信性能

| 仮想サーバ種別 | 到着時刻差の最大値 (5回平均) |
|-------------------------------|------------------|
| 8K-DG単体 | 31.33ms |
| 4K@60P単体 | 15.10ms |
| 4K@30P単体 | 43.91ms |
| 8K-DG, 4K@60P, 4K@30Pマルチレート同期 | 79.86ms |

100ms程度の受信バッファで吸収可能

86

実際のデモ模様

8K-DG, 4K@60P, 4K@30Pが完全同期

8K-DG解分

87

100Gbps L3マルチキャストネットワークを用いた8K映像素材の選択的切り替え

88

重複時間の存在

- Leaveが出てから枝刈込に時間がかかるために、切り替えを行うと重複時間が起きる
- StarBEDの2種類の8K映像を切り替え時に観測された重複時間
 - 堂島 1.385sec
 - K大手町 1.25sec
 - 端末 1.34sec
 - ・ 端末の重複は、over10Gになってしまう

89

マルチキャストアドレスの切り替えでソースを選択

会場内8Kカメラ映像とStarBED3映像の切り替え

90

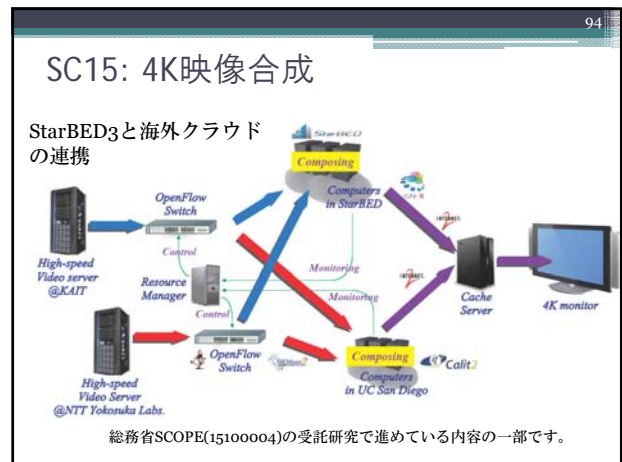
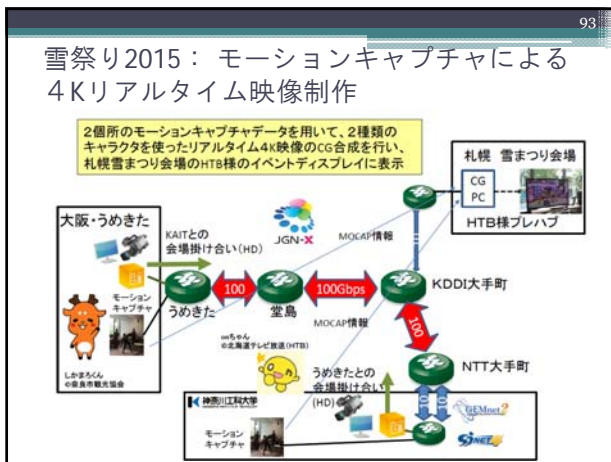
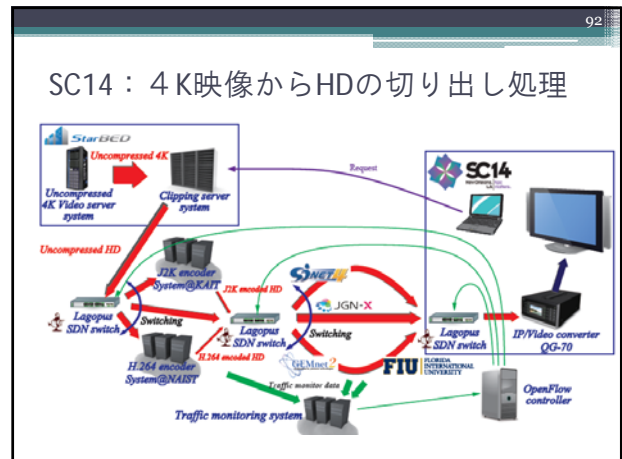
実験評価

- 8K-DG×2, 4K@60P, 4K@30P素材のマルチレート蓄積配信処理の基本機能をStarBED3のノード22台で安定的に実現
- 高精度ネットワークモニタにより、100ms以下の同期配信性能を確認
- 100Gbps L3マルチキャストネットワークによる映像の選択的機能も安定的に動作を確認し、高精度ネットワークモニタを使って、オーバーヘッド時間を明らかにした。

91

③クラウドを用いた映像加工処理トリアル

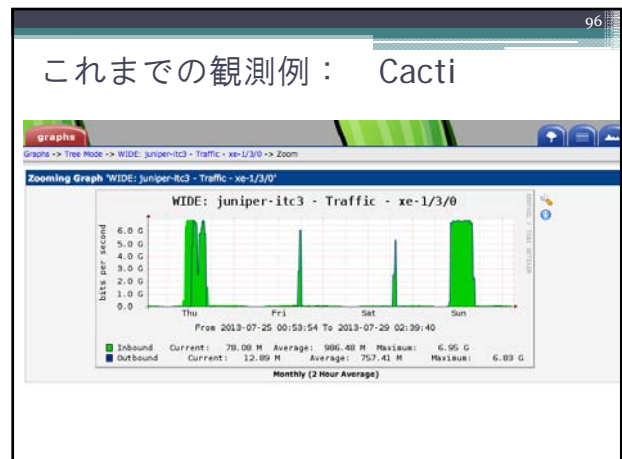
- SC14: 4K映像からのHD切り出し処理
- 雪祭り2015: モーションキャプチャを用いた4Kリアルタイム映像制作
- SC15: 4K映像の合成処理

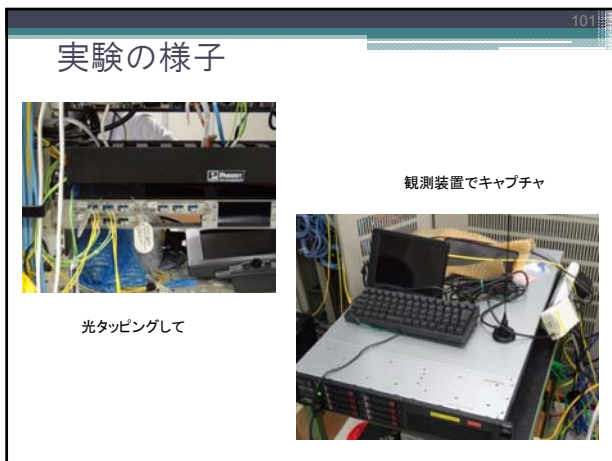
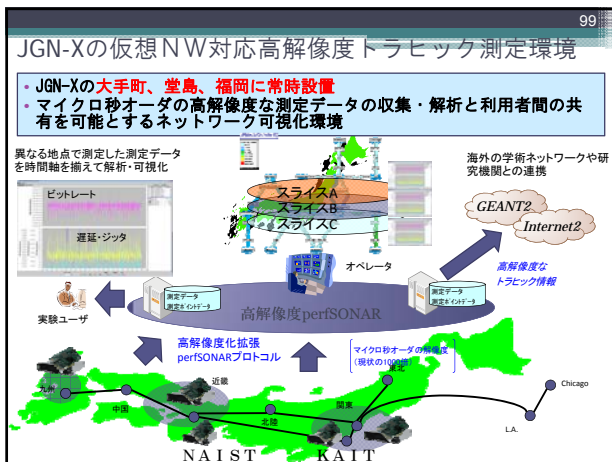
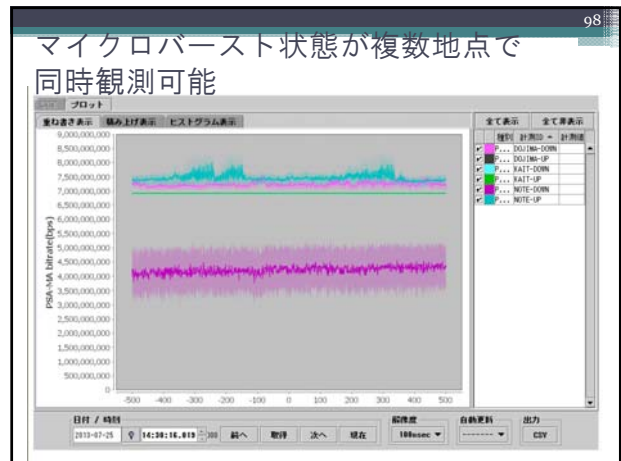
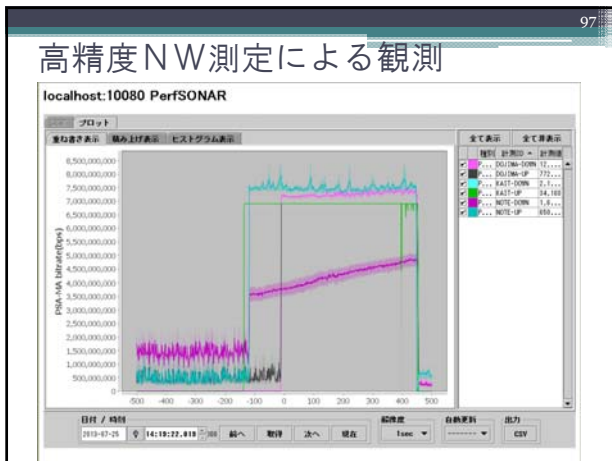


95

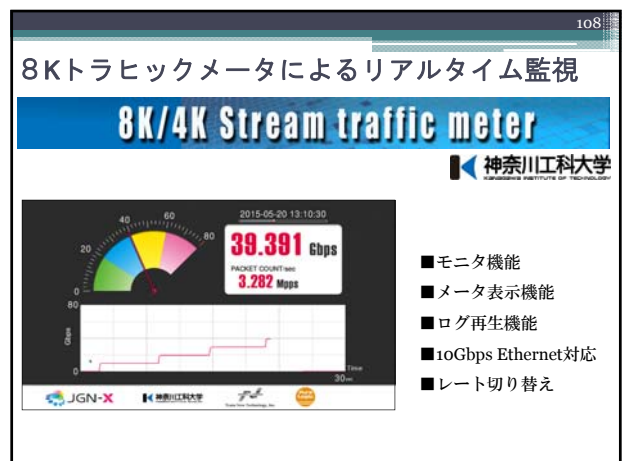
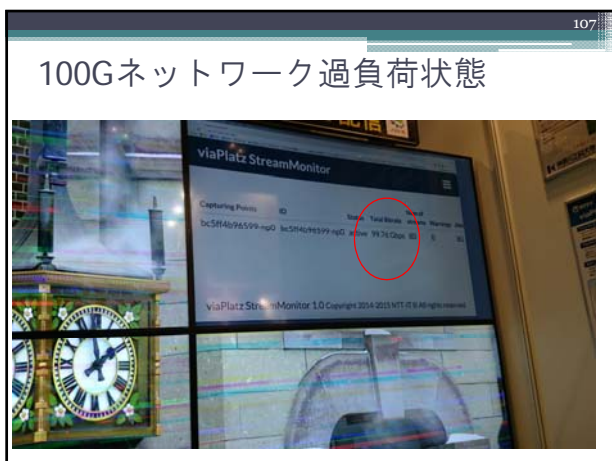
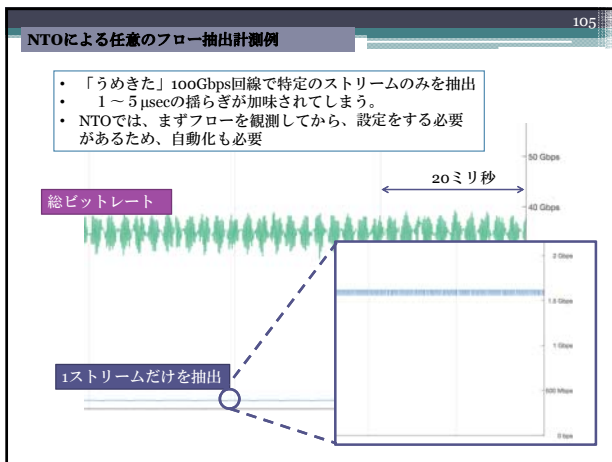
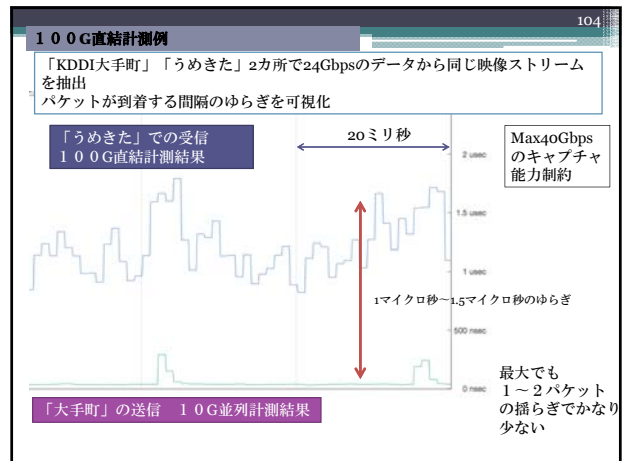
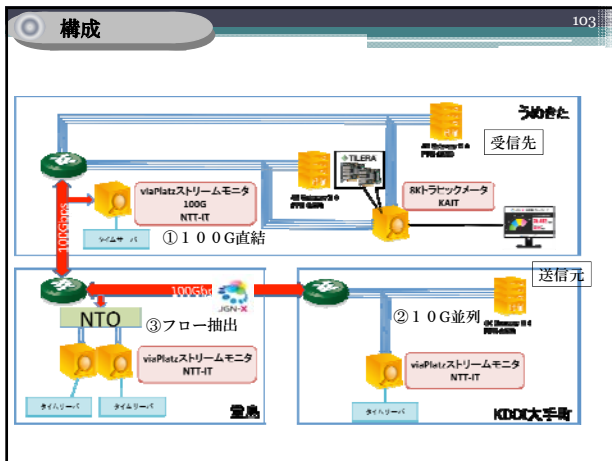
④NWの運用を支えるモニタリングシステム

- 広帯域映像伝送実験には、高精度NWモニタが必要
- 障害が起きたときの切り分け
- モニタポイントで、レイヤ7までのプロトコルを疑似的に動作させ、自動切り分け
- over 10G 100G対応に向けて





- ### over 10G/100G対応のNWモニタ
- 100G回線直結のトラフィックキャプチャ (NTT-IT ViaPatz Stream monitor)
 - 100G回線に集約する直前で複数の10Gモニタを利用した測定によるストリーム特性の変化を可視化
 - 100G回線から特定のフローを抽出し、10Gモニタで測定
 - NTO (Net tool Optimizer)
 - 8K映像トラフィックメータ
 - 汎用並列処理カードを2枚で実装



109

8Kトラヒックメータ

2014年に並列処理ボードで作成(40Gbps版)

本年度は、10Gbps×8本分のタッピングが可能のように拡張した100Gbpsのトラヒック量を測定し通信速度、パケット量を監視

4K Gateway (Q670s4) → 光ファイバー-SM 10Gbps → ROUTER SWITCH → 100Gbps IPネットワーク → ROUTER SWITCH → スプリッタ → 4K Gateway (Q670s4)

10Gbps×8本のタッピングを実現

110

8K映像トラヒックメータの構成

8K映像出力装置

Linux platforme

TLE-G6036 Processor

IA32

GPU

画面更新に合わせて30Hzでトラヒック量をサンプリングして表示

1秒、5秒、30秒のグラフ表示を付加

111

今後の予定

- 広帯域学術NWを利用した教育・医療等への応用
- 超高精細映像素材を用いたクラウド映像製作ワークフローの確立
 - 編集に必要な時だけクラウドの設備を使う映像製作
 - CG (Computer Graphics) 合成を含む映像効果をクラウド上で動作させる
- マルチメディア研究との連携による新たなクロスメディア製作手法の確立 ⇒ 8Kの新たな利用方法

112

謝辞 その1

- 雪祭り実験は、JGN-X A12036プロジェクトの基で、NTT 未来ねっと研究所、NAIST、NICT、NTT-IT、P F U、アストロデザイン、池上通信機と共同で実施しました。
- 雪祭り2014実証実験の実施にあたり、シャープ株式会社様、北海道テレビ放送株式会社様、NTT Com様、IXIA様、ピュアロジック株式会社様、株式会社トランステクノロジー様のご協力をいただきました。
- 雪祭り2015実証実験の実施にあたり、シャープ株式会社様、北海道テレビ放送株式会社様、池上通信機株式会社様、ナパテックジャパン株式会社様、グリーン株式会社様、住友電気工業株式会社様、ピュアロジック株式会社様、株式会社トランス・ニュー・テクノロジー様のご協力をいただきました。

113

謝辞 その2

- Interop2015の実証実験の実施にあたり、ShowNet様、NTT GEMnet2様、国立情報学研究所SINET4様、奈良先端科学技術大学院大学様、シスコシステムズ合同会社様、北海道テレビ放送(株)様、PFUビジネスフォアランナー(株)様、アストロデザイン(株)様、(株)日立国際電気様、ナパテックジャパン(株)様、ピュアロジック(株)様、(株)トランス・ニュー・テクノロジー様のご協力を深謝します。
- 実証実験の一部は、JSPS科研費26330121の助成を受けて進めました。