
AI支援ネットワークと連携する コンテンツ配信ネットワーク制御の検討

Consideration on contents delivery network management system linking AI assisted network

2020年9月11日

山本秀樹 中松芳樹 岩下将人
沖電気工業株式会社

11 September 2020

Hideki Yamamoto, Yoshiki Nakamatsu, Masato Iwashita
Oki Electric Industry Co., Ltd.

謝辞: 本研究開発は、総務省の「革新的AIネットワーク統合基盤技術の研究開発(JPMI00316)」によって実施した成果を含みます。

目次

AI支援ネットワークと連携するコンテンツ配信ネットワーク制御の検討

1. はじめに
 1. 研究の背景
 2. 革新的AIネットワーク = AI支援ネットワーク + アルファ

2. キャッシュサーバの制御
 1. システム構成
 2. 集める情報
 3. 流量の予測
 4. 5G網のキャッシュの制御

3. 標準化
 1. 標準化ギャップ 1 : CDNモデル
 2. 標準化ギャップ 2 : NFVモデル

4. おわりに

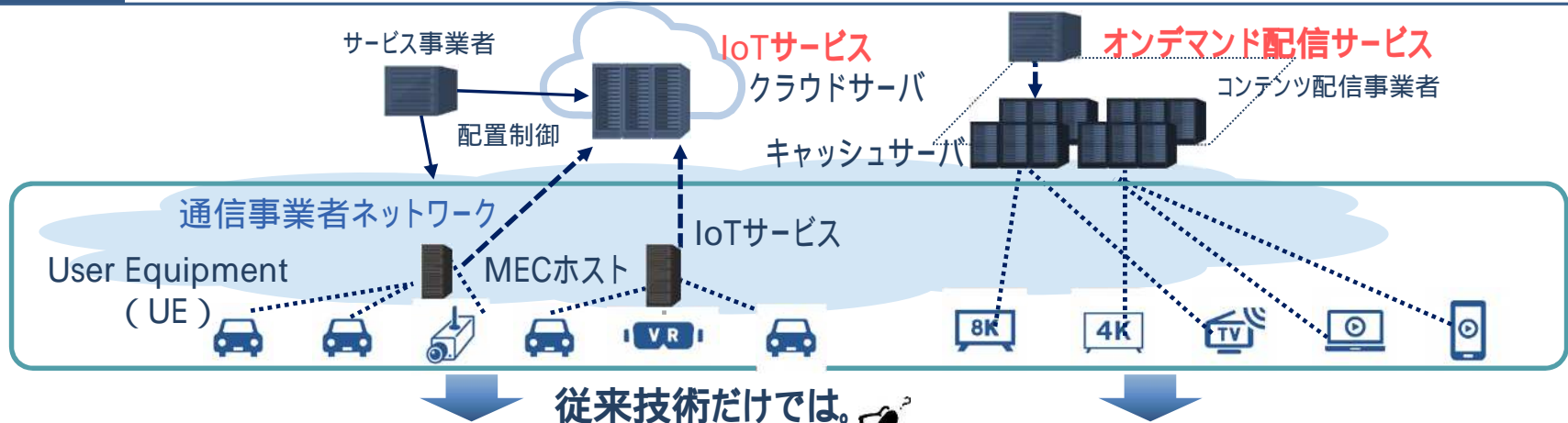
研究の背景(1) 全体感

総務省受諾案件の「革新的AIネットワーク統合基盤技術の研究開発（JPMI00316）」にて、4K/8Kといった大容量コンテンツを安定して視聴できるNWサービスを構築するための研究開発を実施

背景 5G（第5世代移動通信システム）の導入，IoT機器普及，4K8Kコンテンツの増大等に伴い，通信量の急激な増加や新サービスの創出が見込まれている

課題 設備投資によるネットワーク設備やノードを拡張するだけでは，サービスの品質/信頼性を保持できない

課題 今後のトラフィックの増加の主な要因と想定される、オンデマンド配信サービス、IoTサービスに着目
オンデマンド配信サービス： 4K8Kといった大容量コンテンツの視聴に対しても、映像の乱れを回避
IoTサービス： 最大需要の瞬間に合わせた負荷分散を行うことで大量のIoTサービスを提供



従来技術だけでは、
 ピーク時に負荷分散ができず遅延、無応答が発生

適切なキャッシュが利用できず映像の乱れが発生

目的 AI支援ネットワークを活用したキャッシュ制御を開発し映像の乱れを回避（設備投資をたくさんしなくても）

目次

AI支援ネットワークと連携するコンテンツ配信ネットワーク制御の検討

1. はじめに

1. 研究の背景
2. 革新的AIネットワーク = AI支援ネットワーク + アルファ

2. キャッシュサーバの制御

1. システム構成
2. 集める情報
3. 流量の予測
4. 5G網のキャッシュの制御

3. 標準化

1. 標準化ギャップ 1 : CDNモデル
2. 標準化ギャップ 2 : NFVモデル

4. おわりに

研究の背景(2) オンデマンド配信向けとは

課題

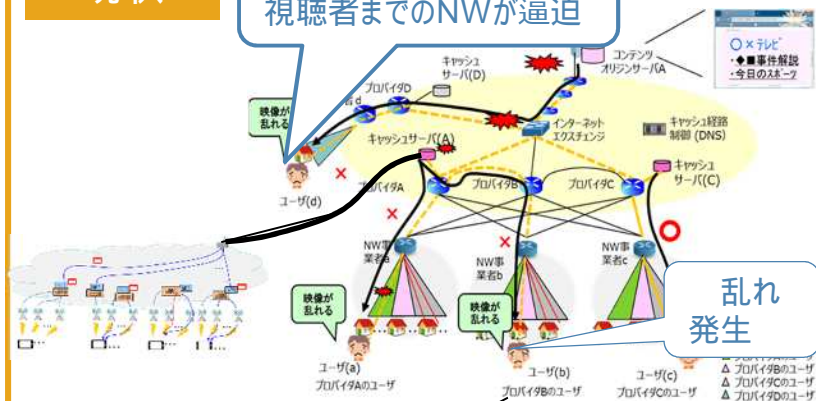
大容量化やアクセス増加のためキャッシュサーバ上に必要なコンテンツが無かったり、通信事業者ネットワークのトラヒック増大でネットワークが混雑したりすると、端末がキャッシュサーバにアクセスしても映像が乱れてしまう。

研究概要

「AIネットワーク統合基盤」とデータ連携により、**複数通信事業者のネットワーク状態を把握し**、その情報を元に端末が接続するキャッシュサーバを動的に制御することで、**キャッシュサーバを有効活用し**、映像の乱れを回避（削減）

現状

キャッシュサーバ(A)から視聴者までのNWが逼迫



乱れ発生

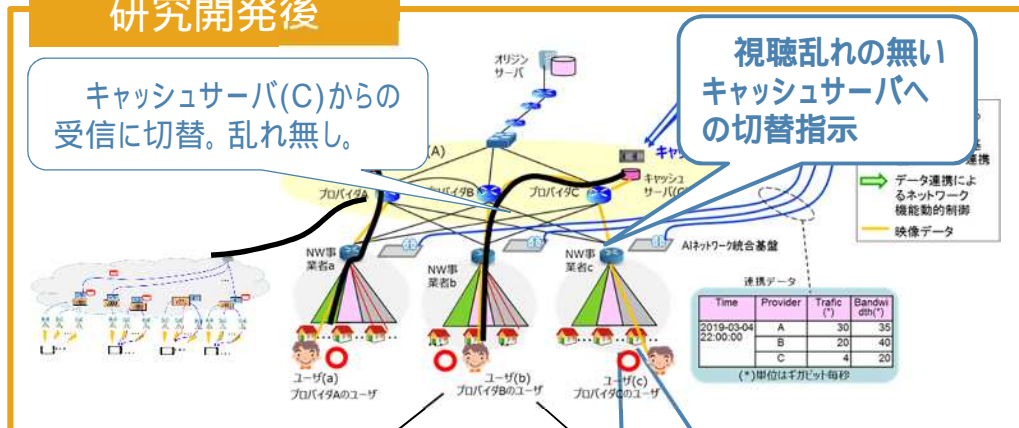
キャッシュサーバ(A)から映像を受信、乱れ無し

キャッシュサーバ(A)の、NW過負荷等のため、**映像乱れ発生**

研究開発後

キャッシュサーバ(C)からの受信に切替。乱れ無し。

視聴乱れの無いキャッシュサーバへの切替指示



各AIネットワーク基盤からNW情報をキャッシュ制御サーバに送信（データ連携）

キャッシュサーバ(A)から映像を自身、乱れ無し

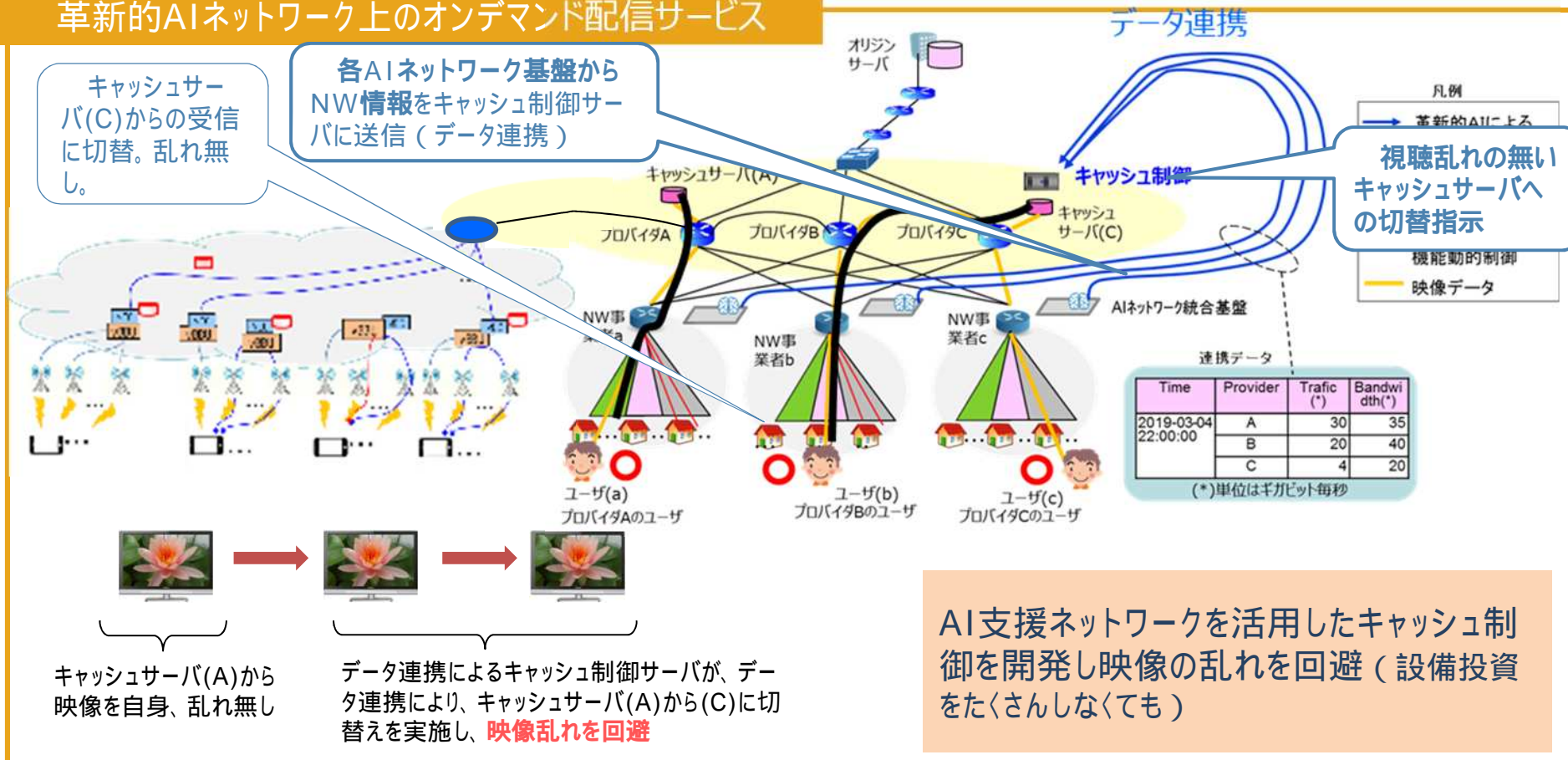
データ連携によるキャッシュ制御サーバが、データ連携により、キャッシュサーバ(A)から(C)に切替えを実施し、**映像乱れを回避**

革新的AIネットワーク (AI支援ネットワーク + サービス側の制御)

モデル

- コンテンツ配信事業者はインターネット上に複数のキャッシュサーバを配置しサービスを提供
- 複数の通信事業者がネット接続サービスを提供
- 複数のISPがインターネット接続サービスを提供
- 複数の5G事業者がインターネット接続サービスを提供
- 通信事業者はAI支援ネットワークを使用し、高品質・高信頼なネットワークを提供
- キャッシュサーバ制御では、コンテンツの内容は扱わない (NW、システムの状態から判断)

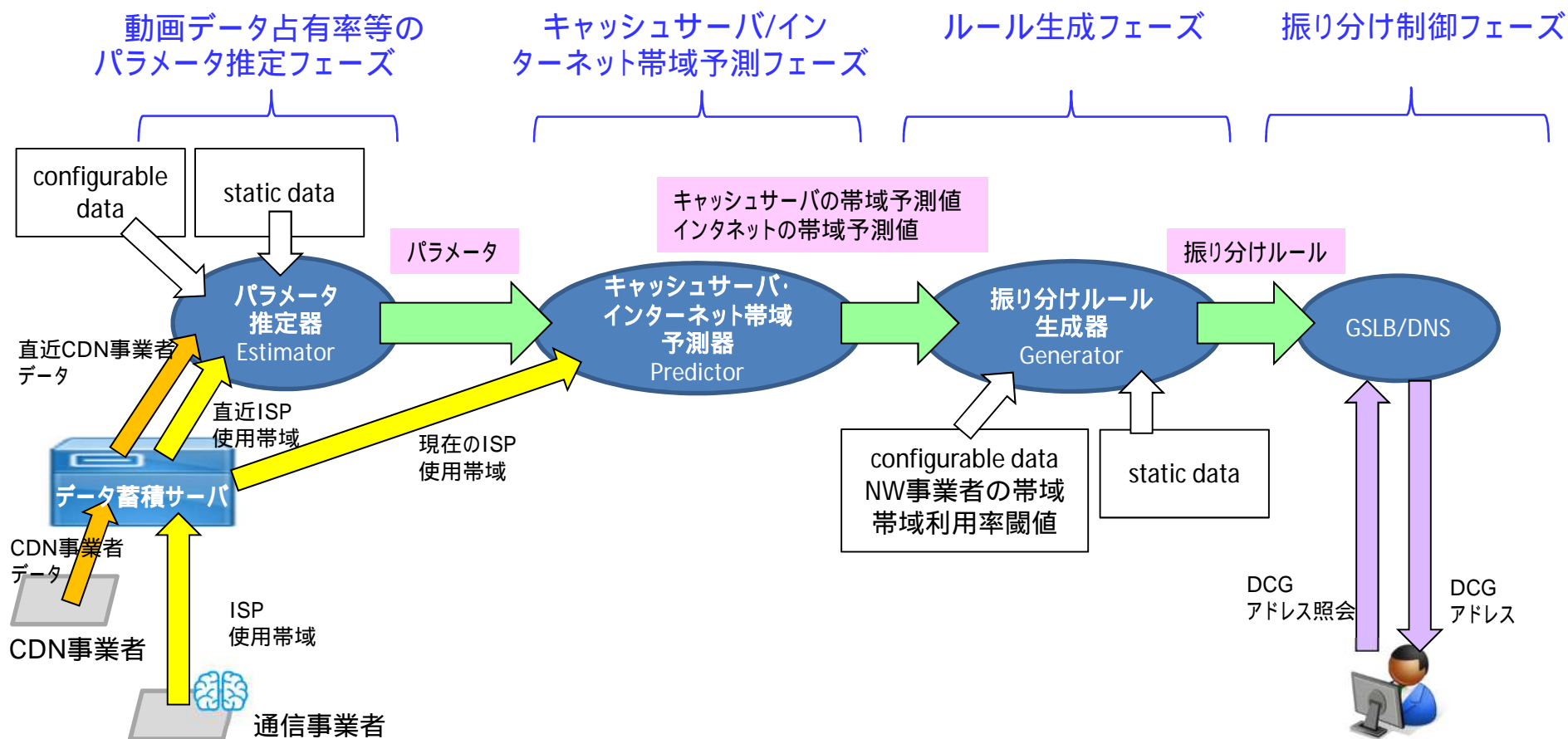
革新的AIネットワーク上のオンデマンド配信サービス



キャッシュサーバの制御：システム構成

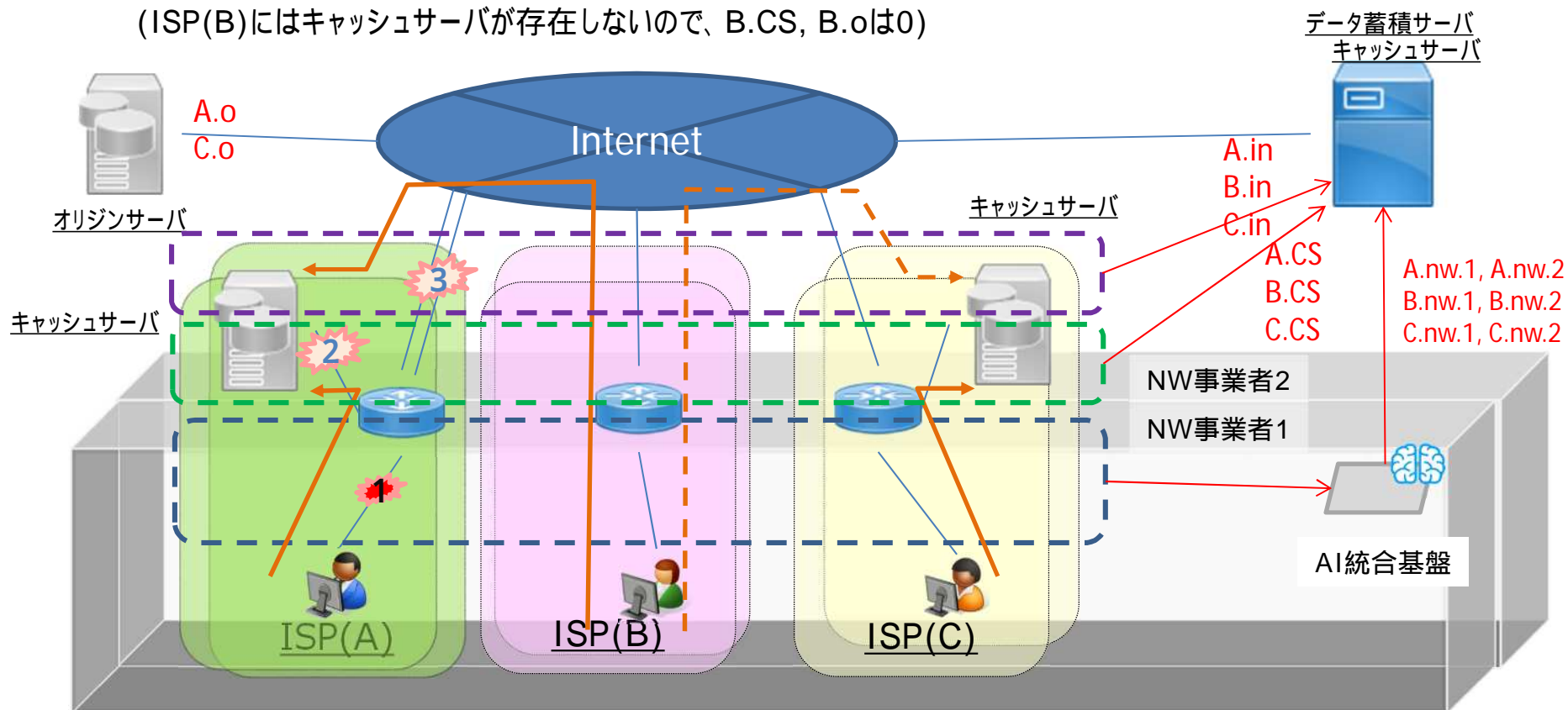
システムの扱うデータと制御の概要

- 通信事業者のAI支援ネットワークから各ISPの使用帯域(使用率)、最大帯域の情報を取得できる（将来予測は取得できない）
- CDN事業者がキャッシュサーバを設置・運用しているため、キャッシュサーバの情報を取得できる。
- 映像の乱れ回避のため、得られた情報から逼迫しているキャッシュサーバの映像のアクセスをそうでないキャッシュサーバに切り替える。
- 切り替え先が逼迫してくれば、また切り替える。



キャッシュサーバの制御：集める情報

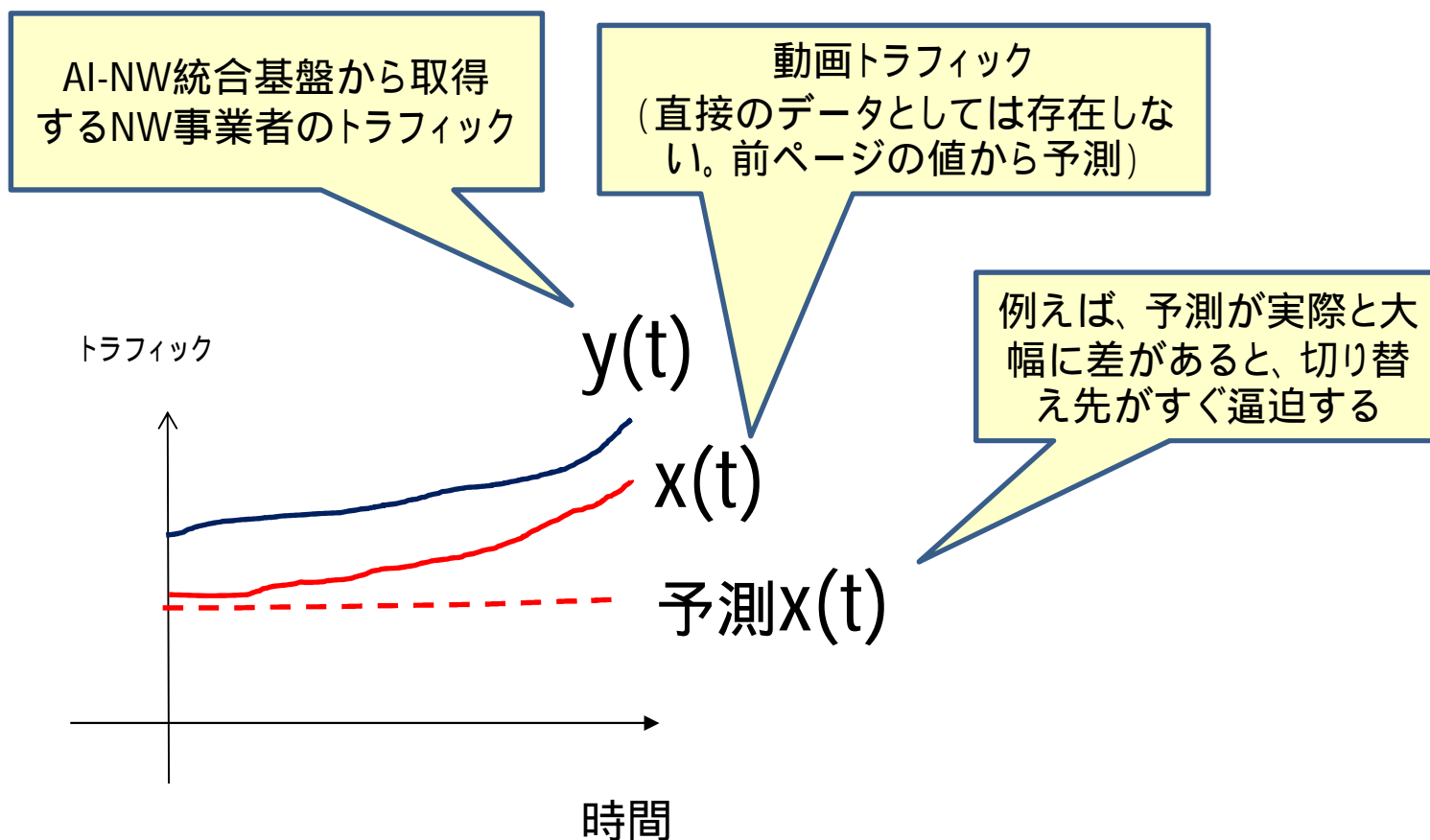
- キャッシュサーバの制御では、CDN事業者及び通信事業者の情報から以下を計算し制御を決める。
 - A.nw.1 : ISP(A)のNW事業者1の使用帯域。AI-NW統合基盤情報 (NW状態情報)から得られる。
 - A.nw.2 : ISP(A)のNW事業者2の使用帯域。(NW事業者は2事業者と仮定する)
 - A.CS : ISP(A)側に置かれたキャッシュサーバ出口のNW統計情報から得られる使用帯域
 - A.in : ISP(A)とInternetとの境界点におけるNW統計情報から得られる使用帯域
 - A.o : オリジンサーバからISP-Aへの通信での使用帯域
- B.nw.1, B.nw.2, B.in, C.nw.1, C.nw2, C.CS, C.in, C.oも同様
(ISP(B)にはキャッシュサーバが存在しないので、B.CS, B.oは0)



キャッシュサーバの制御：流量の予測(1)

映像の流量予測の目的

- キャッシュサーバの映像コンテンツのアクセスを切り替える（キャッシュサーバ制御）。
- 制御にあたり、直接得られる情報は、他コンテンツも含まれるため、映像分の推定が必要。
- 推定した映像分の流量を処理可能なキャッシュサーバに振り分ける。
- 映像分の流量の推定は、切り替え先がすぐに逼迫するかどうかにも利用可能



キャッシュサーバの制御：流量の予測(2)

予測方法

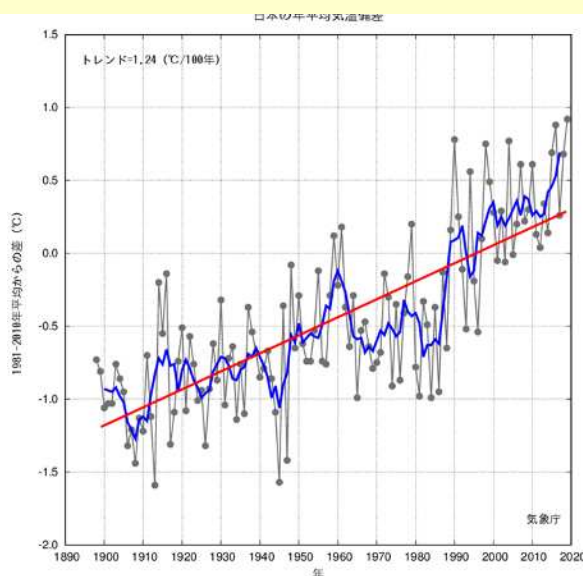
- 動画トラフィックの予測は、時系列解析の問題。
- 複数の手法から、カルマンフィルタを選択（観測できない動画流量を扱うことができること、非定常な現象を扱うことができることから）

(1) 時系列データの変数の種類

- ・観測変数：直接観測・測定できる(見える変数)
- ・潜在変数：直接観測・測定できない(見えない変数)

(2) 時系列データの構成要素

- ・トレンド(傾向変動)：時間とともに単調に増加/減少する変動。増加または減少傾向を持続する長期的、系統的な変動であり、線形または非線形関数で表現される。
- ・季節変動：季節によって左右される1年を周期として規則的に繰り返される変動。
- ・不規則変動：上記以外の説明がつかない不規則かつ短期的に起こる小変動



分類	モデル	潜在変数	非定常性
観測変数を用いたモデル	ARモデル (autoregressive mode8、自己回帰モデル)	×	
	MAモデル (moving average mode8、移動平均モデル)	×	×
	ARMAモデル (autoregressive moving average mode8、自己回帰移動平均モデル)	×	
	ARIMAモデル (autoregressive itegrative moving average、自己回帰和分移動平均モデル)	×	
	SARIMAモデル (seasona8 autogressive integrative moving average)	×	
状態空間モデル (潜在変数を加えたモデル)	ウィナーフィルタ	○	×
	カルマンフィルタ	○	○
	MCMC (Markov chain Monte Car8o、マルコフ連鎖モンテカルロ法)	○	○
	粒子フィルタ	○	○

キャッシュサーバの制御：流量の予測(3)

開発状況

- カルマンフィルタが扱う状態空間モデルは線形・ガウス型状態空間モデルである。
- ある時点 n の観測値のベクトル y_n が確率変数を用いてシステムモデルと観測モデルを表すことができる。
- カルマンフィルタを実装し、テストデータで評価を実施。今後システムに組み込み評価を行う。

カルマンフィルタ定義

$$x_n = F_n x_{n-1} + G_n v_n \quad (\text{システムモデル})$$

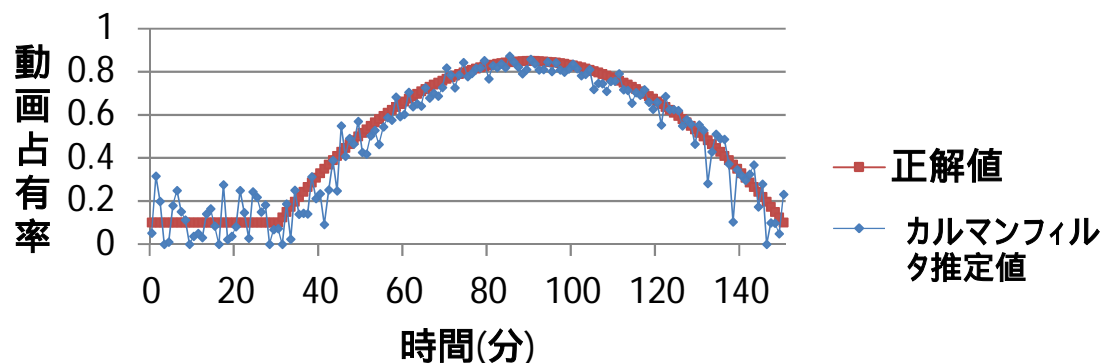
$$y_n = H_n x_n + w_n \quad (\text{観測モデル})$$

- x_n は k 次元の潜在変数のベクトル。状態と呼ばれる。
- v_n はシステムノイズあるいは状態ノイズと呼ばれ、平均0、分散共分散行列 Q_n にしたがう m 次元正規白色雑音。
- w_n は観測ノイズと呼ばれ、平均0、分散共分散行列 R_n にしたがう l 次元正規白色雑音。
- F_n : $k \times k$ 行列
- G_n : $k \times m$ 行列
- H_n : $l \times k$ 行列

事前分布 x_0 は正規分布が仮定される。

正規性は線形変換で保存されるため、 x_n, y_n も正規分布となる。v

テストデータでの評価



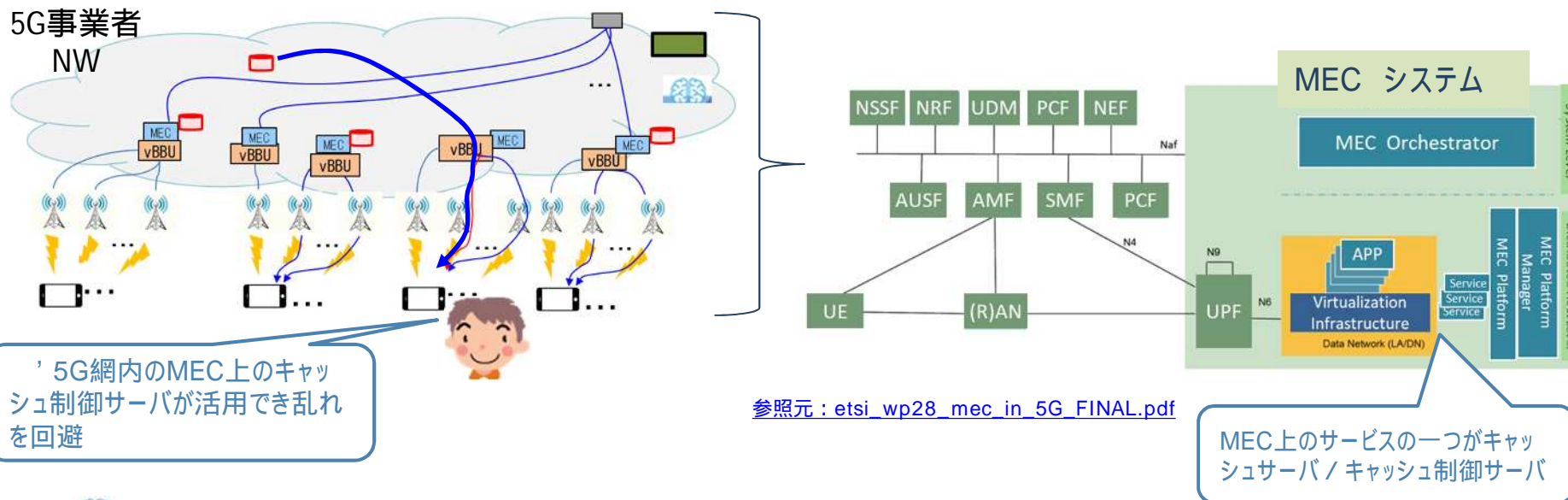
- 小規模テストベッドでの実験データを用いて、ISP (A) の動画占有率を推定した。
- 今後システムに組み込み、大規模テストベッドで評価を実施する。

キャッシュサーバの制御：5G網のキャッシュの制御

構成 (想定)

- 5Gサービス事業者のネットワーク上のMECの上にキャッシュサーバとキャッシュ制御サーバをおく (5GコアとのリファレンスポイントN6の先、DN上)
- キャッシュサーバへのアクセスは、すべての5Gアクセス網から可能
- インターネット上のキャッシュサーバとの連携が可能

5GネットワークとMECの構成



AI支援NW有り5G網

- vBBU (Virtualized Base-band unit)
- MEC(Multi-access edge computing)
- キャッシュサーバ
- キャッシュ制御サーバ

- ・ 物理的には、vBBUの計算機資源の一部がMECとなり、その上にキャッシュサーバやキャッシュ制御サーバが搭載されると想定
- ・ キャッシュサーバの数は複数パターンを想定

目次

AI支援ネットワークと連携するコンテンツ配信ネットワーク制御の検討

1. はじめに

1. 研究の背景
2. 革新的AIネットワーク = AI支援ネットワーク + アルファ

2. キャッシュサーバの制御

1. システム構成
2. 集める情報
3. 流量の予測
4. 5G網のキャッシュの制御

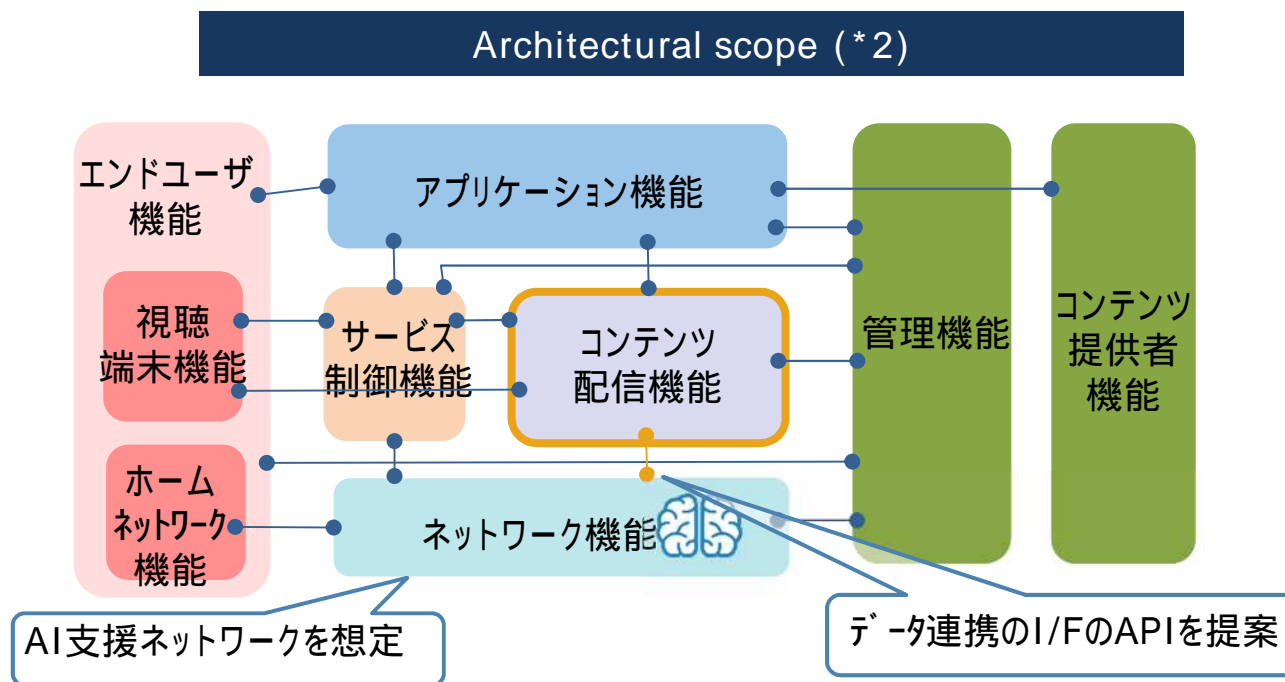
3. 標準化

1. 標準化ギャップ 1 : CDNモデル
2. 標準化ギャップ 2 : NFVモデル

4. おわりに

標準化ギャップ1：CDNモデル

- IPTVやCDNに関する標準化において、コンテンツ配信機能とAI支援をもったNW間の連携するシステムは標準化されていない（標準化ギャップ）
- そのため、その部分の標準化開始の提案をITU-T SG16 Q21(multimedia systems)に実施
- **通信機器ベンダー、大手海外通信事業者からも標準化課題提案に関しては、支持を得ている**
- **その結果、「F.CDN-AINW」(*1)の作成が承認された**

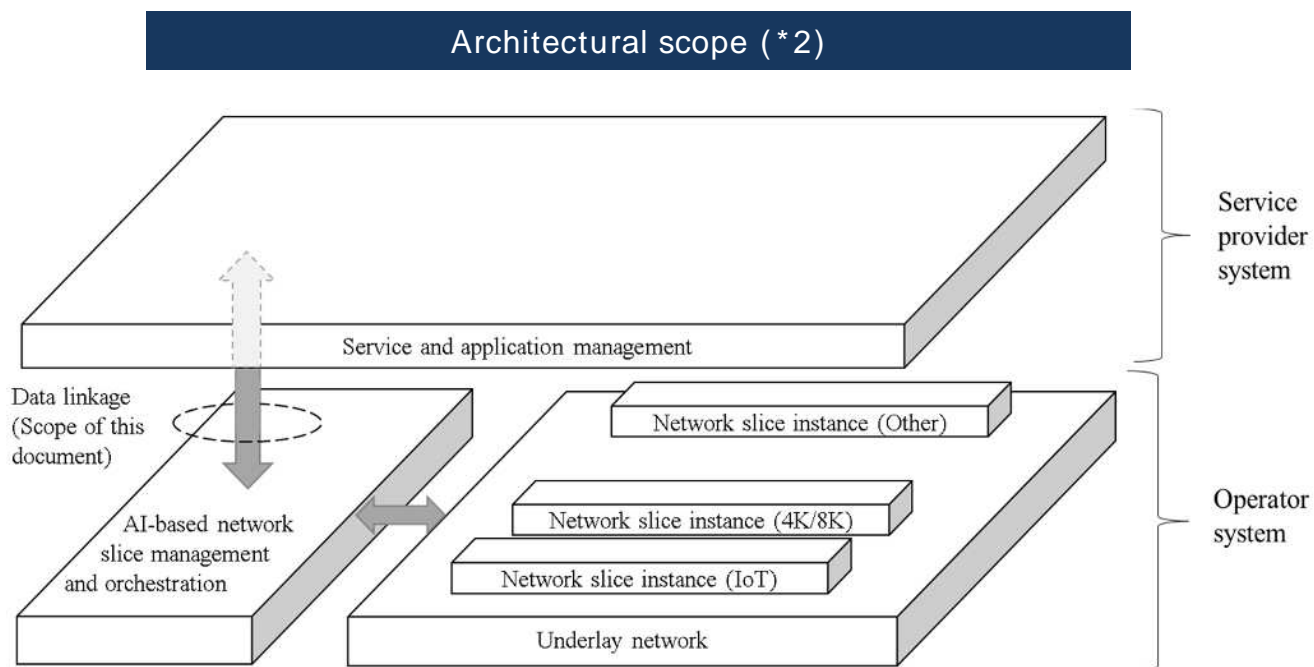


(*1) Requirements and reference model for CDN services over AI network

(*2) ITU-T Y.1901 IPTV functional architecture をベースに作成

標準化ギャップ 2 : NFVモデル

- 5Gネットワーク以降のネットワークのSW制御に関する標準化において、サービスアプリケーション基盤と通信事業者間の連携に関するフレームワークは標準化されていない（標準化ギャップ）
- そのため、その部分の標準化開始の提案をITU-T SG13 Q21に実施
- **5G機器ベンダー、大手海外事業者からも標準化課題提案に関しては、支持を得ている**
- **その結果、「Y.DL-AINW-fra」(*1)の作成が承認された**
- 今後、フレームワークとしてデータ連携のメタデータAPIなどを提案する



(*1) Framework for data linkage between AI-based network slice management and orchestration and network slice customers in networks beyond IMT-2020

(*2) ITU-T SG13-TD619/WP1より抜粋

目次

AI支援ネットワークと連携するコンテンツ配信ネットワーク制御の検討

1. はじめに

1. 研究の背景
2. 革新的AIネットワーク = AI支援ネットワーク + アルファ

2. キャッシュサーバの制御

1. システム構成
2. 集める情報
3. 流量の予測
4. 5G網のキャッシュの制御

3. 標準化

1. 標準化ギャップ 1 : CDNモデル
2. 標準化ギャップ 2 : NFVモデル

4. おわりに

おわりに

- 総務省受諾案件の「革新的AIネットワーク統合基盤技術の研究開発（JPMI00316）」にて、4K/8Kといった大容量コンテンツを安定して視聴できるNWサービスを構築するための研究開発を実施している。
- 通信事業者の持つAI支援ネットワークからの情報と、CDNサービス事業者のキャッシュサーバの情報から、映像の乱れが発生しそうなキャッシュサーバのアクセスを、未然に切り替えるキャッシュ制御サーバを開発することを目標としている。
- このようなシステム構成の研究の先例はなく、動画視聴のデータを推定しつつキャッシュサーバを切り替えるため、カルマンフィルタを導入したシステムの開発を行っている。
- このモデルは、5G網上のMECでも適用可能と考えている。
- さらに、システムアーキテクチャやI/Fは広く標準化すべきと判断し、ITU-T SG16（マルチメディア）とSG13（将来ネットワーク）で標準化を開始した。

御清聴ありがとうございました。

