【オールIPに向けたラボの取り組み】

IP配信、IP放送を支える要素技術

2022/7/29

一般社団法人　日本ケーブルラボ
技術部　清水

１．IP放送とIP配信の課題

２．IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

3．今後の取り組み

１． IP放送とIP配信の課題

２． IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

３． 今後の取り組み

映像の低遅延伝送

✓ 映像伝送において低遅延のニーズは高い

●TV放送と低遅延映像伝送

スポーツ中継などにおいて主映像を放送波で伝送し、アングルの異なる映像を低遅延で伝送

●観戦と低遅延映像伝送

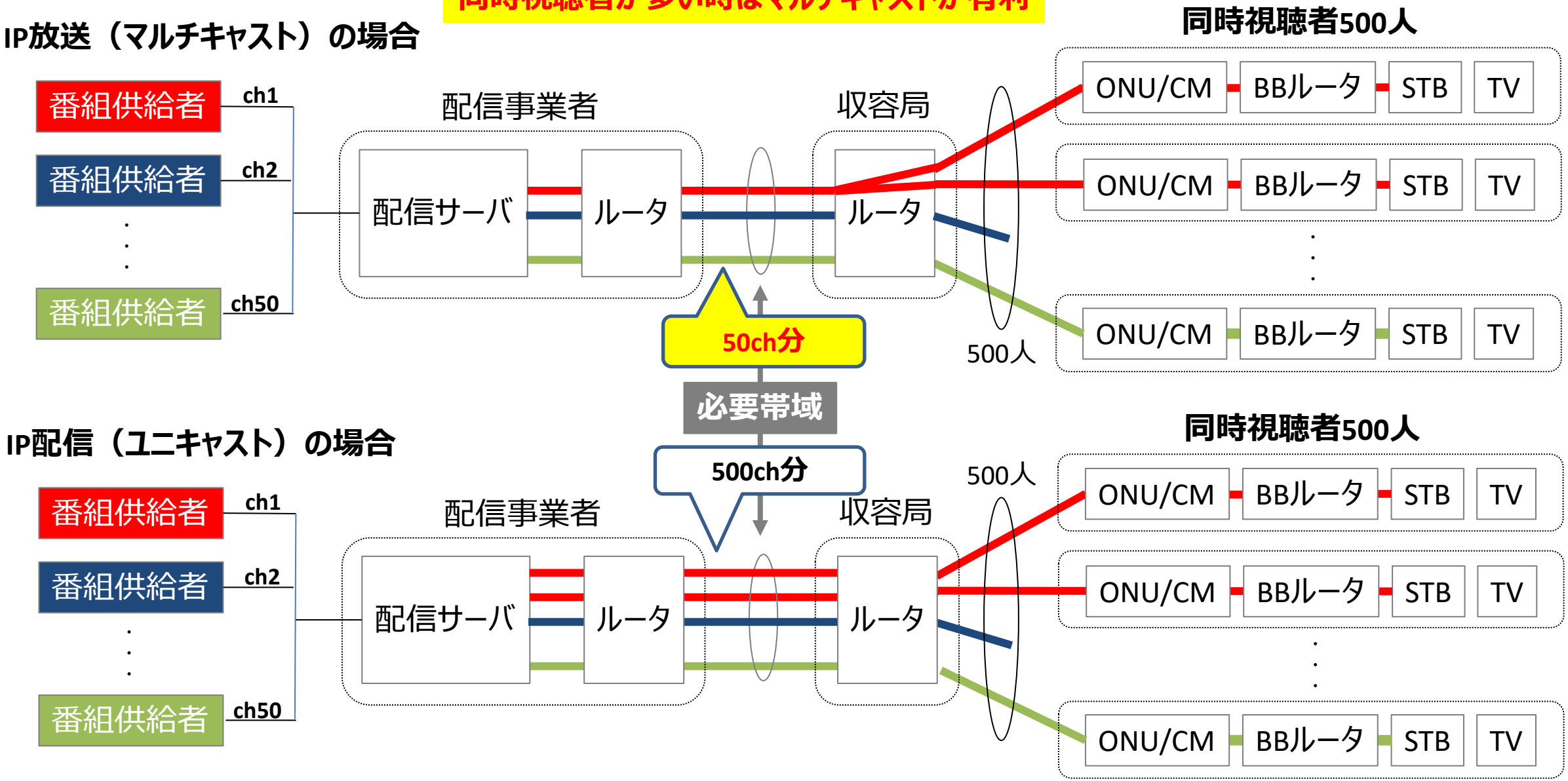
スポーツ観戦などにおいて視聴アングルと異なる映像をスマホなどへ低遅延で伝送

●インタラクティブサービスと低遅延映像伝送

ライブネットオークションやeスポーツ等のインタラクティブなサービスのために、映像を低遅延で伝送

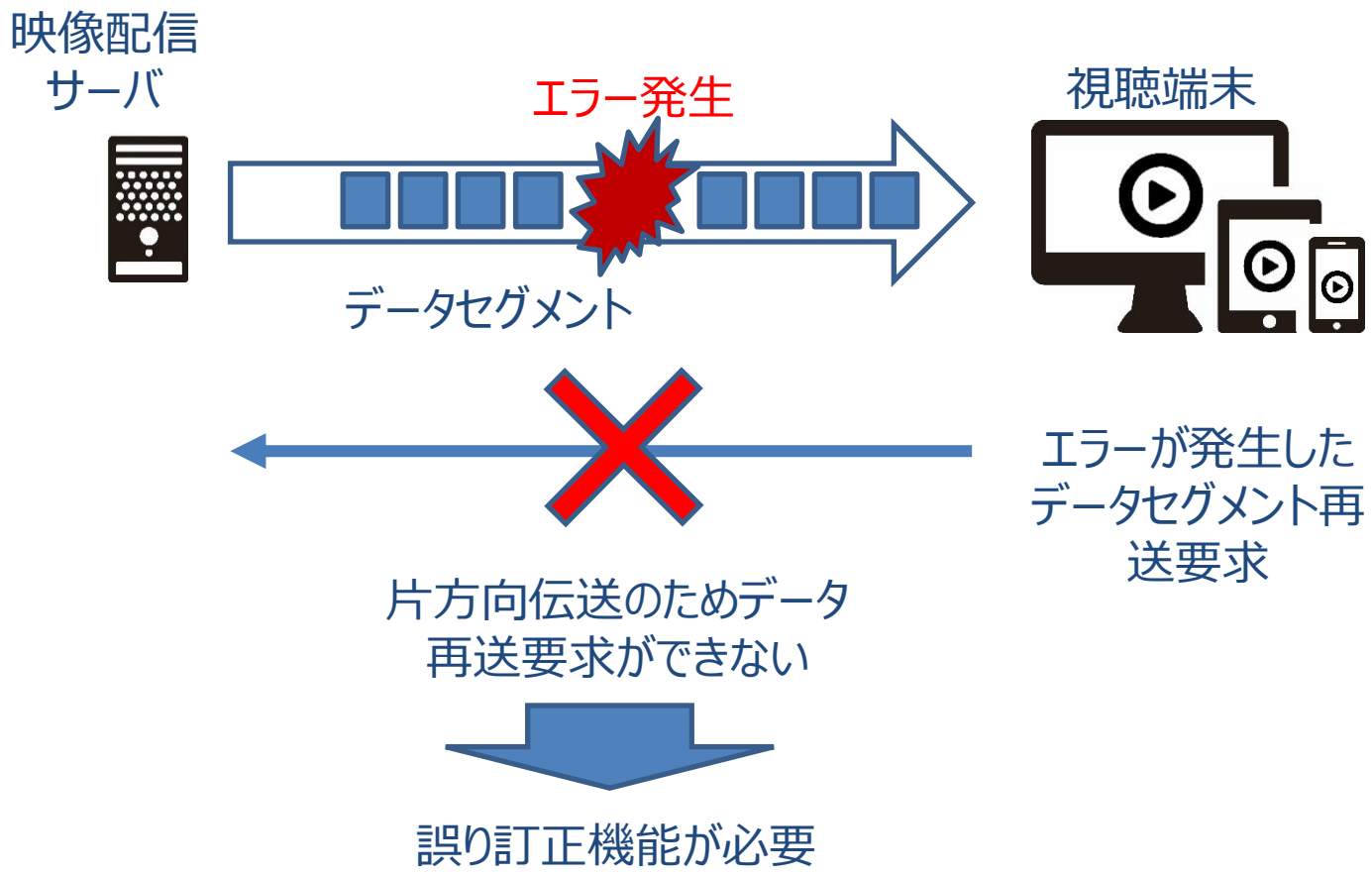
同時視聴ユニキャスト増による帯域増加

同時視聴者が多い時はマルチキャストが有利



片方向伝送における伝送品質

- ✓ マルチキャストの片方向の伝送では、伝送品質の劣化によりでエラーが発生した場合の対策が必要
- ✓ 片方向伝送における品質確保のために誤り訂正機能が必要



１．IP放送とIP配信の課題

２．IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

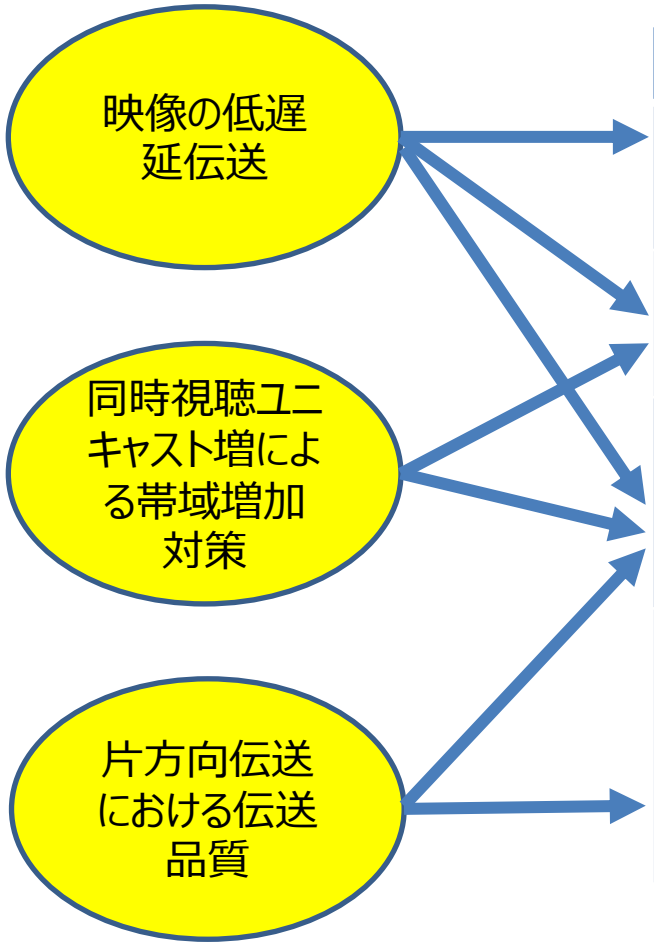
2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

３．今後の取り組み

IP放送とIP配信の要素技術

✓ IP放送、IP配信における3つの課題に対する、ラボが検討を行った4つの要素技術を概説



要素技術
低遅延の映像伝送を実現するCMAF (Common Media Application Format)
大容量のデジタルコンテンツを効率的かつ迅速に、ユーザーに配信するCDN (Content Delivery Network)
マルチキャストによるネットワークの帯域削減を実現するM-ABR (Multicast Adaptive Bit Rate)
片方向の伝送路において、誤り訂正符号を付加することにより品質を確保するFLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport)

1．IP放送とIP配信の課題

2．IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

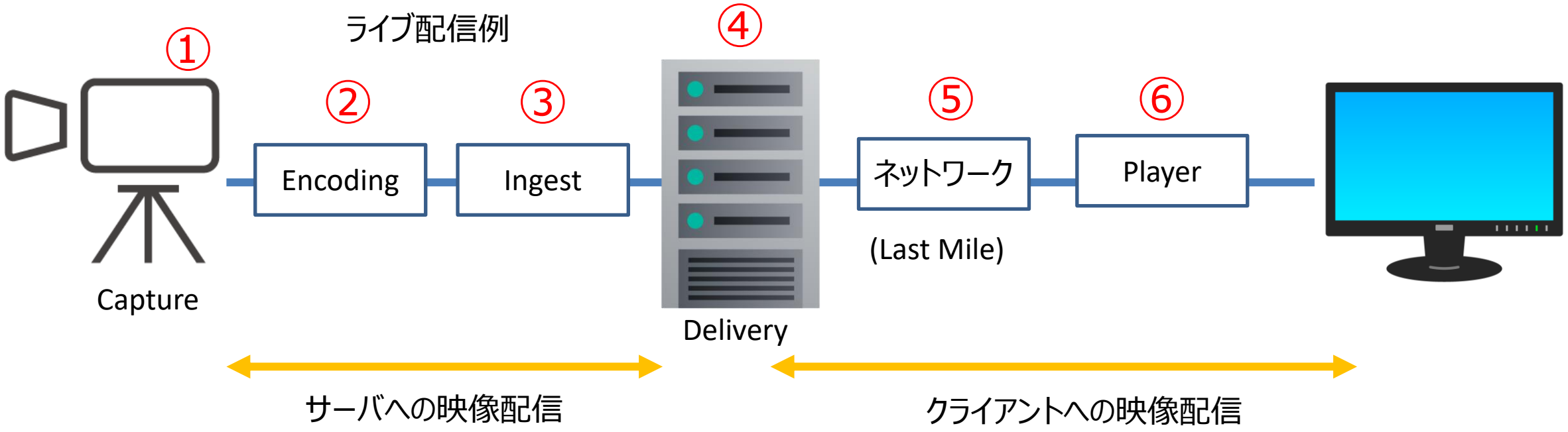
2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

3．今後の取り組み

遅延の要因

✓ 遅延が発生するポイント
- 素材取込（①）
- サーバへの映像配信（②,③）
- クライアントへの映像配信（④～⑥）



JLabs Japan Cable Laboratories

遅延の内訳

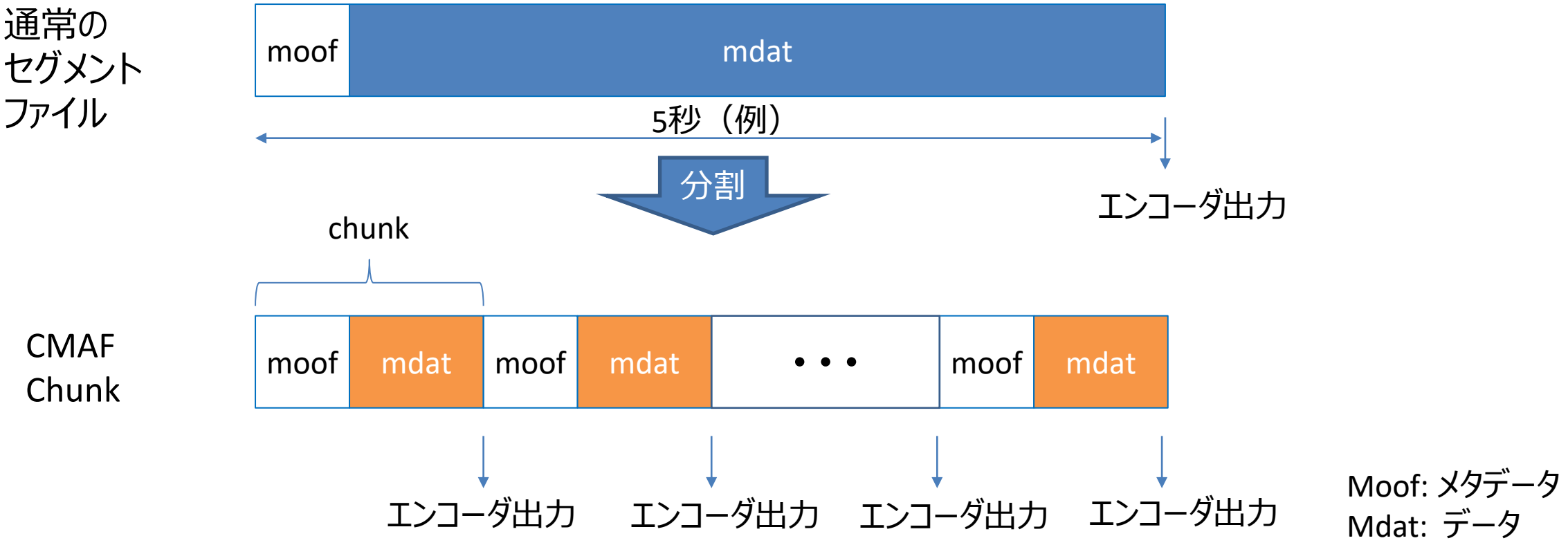
- ✓ プレイヤーでの遅延が支配的(約50%)
- ✓ プレイヤーでのバッファ処理に起因　(映像配信単位であるセグメントの長さにより再生開始時間が遅延)

	LATENCY TYPE	SECONDS	IMPACT
①	Capture	0.39	7.58%
②	Encoding	1.48	28.79%
③	Ingest	0.27	5.25%
	Repackaging	N/A	N/A
④	Delivery	0.17	3.33%
⑤	Last Mile	0.28	5.44%
⑥	Player	2.55	**49.61%**
	End-to-End Latency	5.14	100%

出典　https://aws.amazon.com/jp/blogs/media/how-to-compete-with-broadcast-latency-using-current-adaptive-bitrate-technologies-part-1/

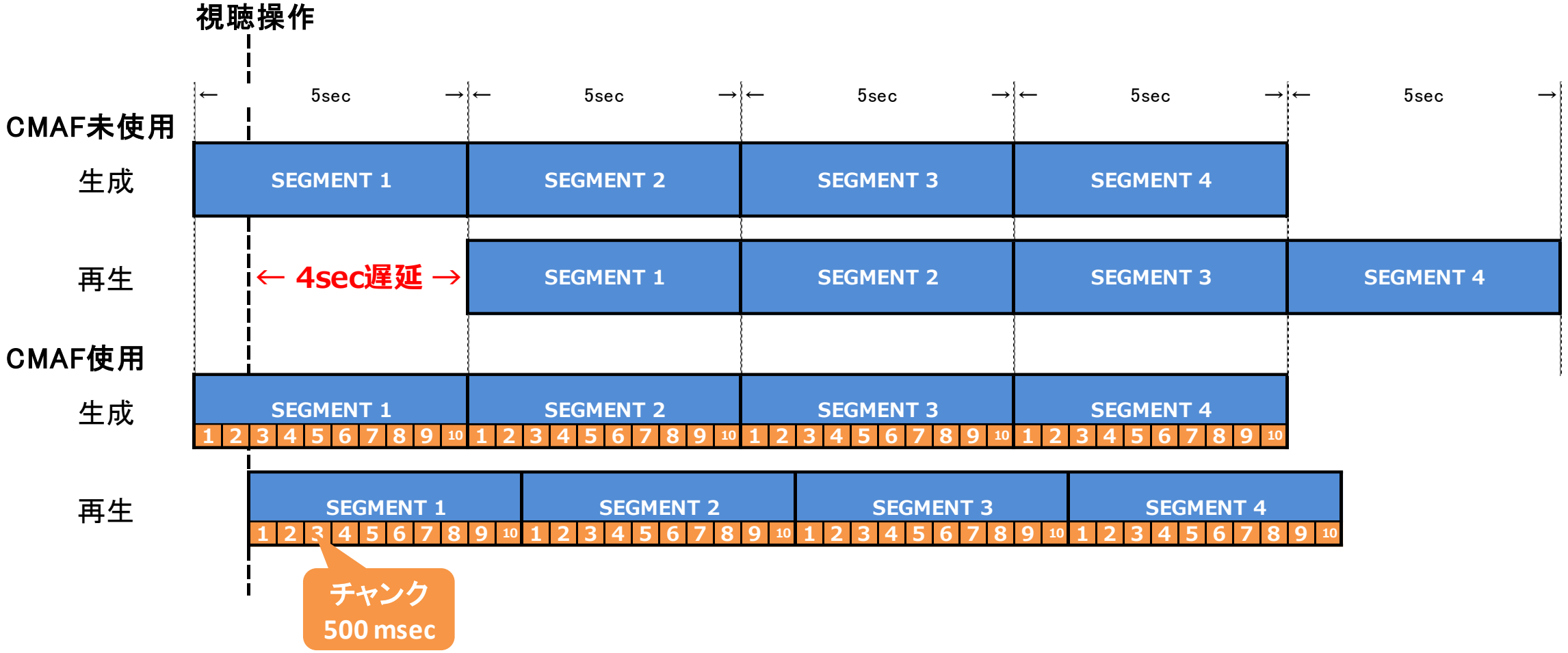
CMAF Chunk

- ✓ CMAFは共通のメディアコンテナフォーマットとしてISO BMFF(Base Media File Format)として定義
- ✓ HTTP/1.1*を利用して、セグメントを分割した”chunk”単位で配信
  *コンテンツを短く分割して送信し、受信側では受信した分から再生するプロトコル



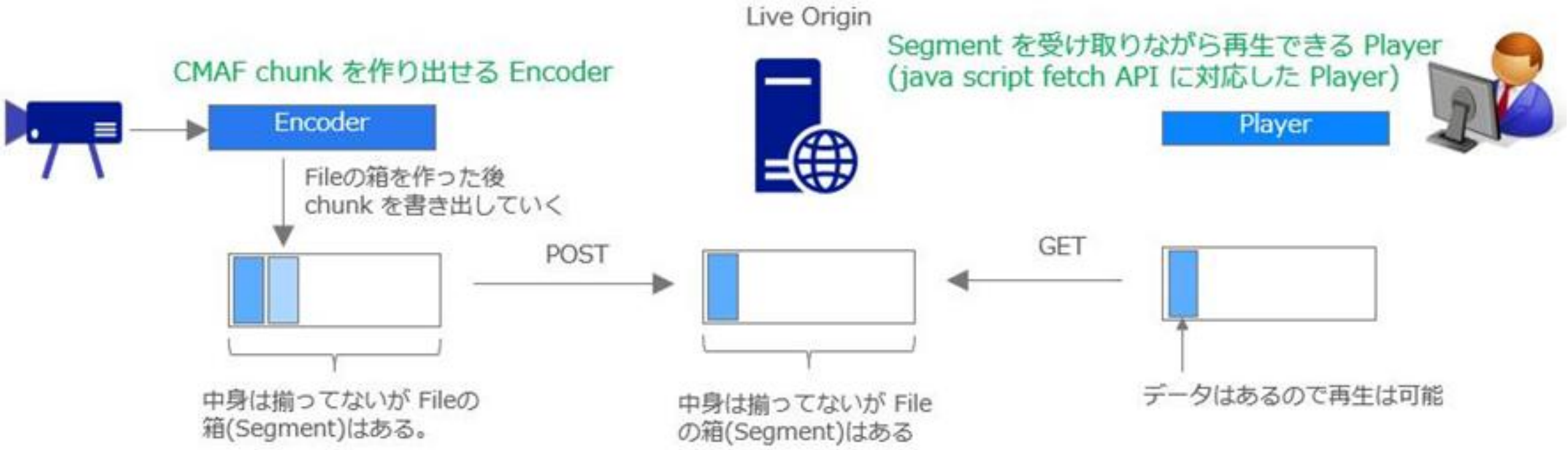
CMAF Chunkによる効果の例

✓ 5secのセグメントを作って配信するより、500msecの Chunks を作って配信して再生した方が遅延低減



CMAF　Chunk利用に必要な機能

- ✓ エンコーダ側は、CMAF Chunk対応が必要
- ✓ プレーヤー側にはCMAF Chunk を次々に再生処理部へ渡してゆくには Fetch API への対応が必要



出典：エンジニアのなんでもメモ帳「Adobe Flashの終了とCMAFによるHLS/DASH超低遅延配信」

日本ケーブルラボの取り組み

✓ 低遅延映像配信に関する技術調査を実施

●「低遅延映像コンテンツ配信手法調査報告書」 JLabs DOC-083　2.0版（2021/5)

✓ ケーブルテレビにおける統一的運用を目的としJLabs運用仕様を策定

●「IP-VODサービス運用仕様」 JLabs SPEC-030　2.0版（2021/11)
コンテンツ符号化仕様のコンテナ形式としてCMAF形式を規定

●「M-ABR運用仕様」 JLabs SPEC-043　1.0版（2022/1)
コンテンツ制作と蓄積の仕様に、JLabs SPEC-030　2.0版に基づくCMAF形式を規定

1．IP放送とIP配信の課題

2．IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

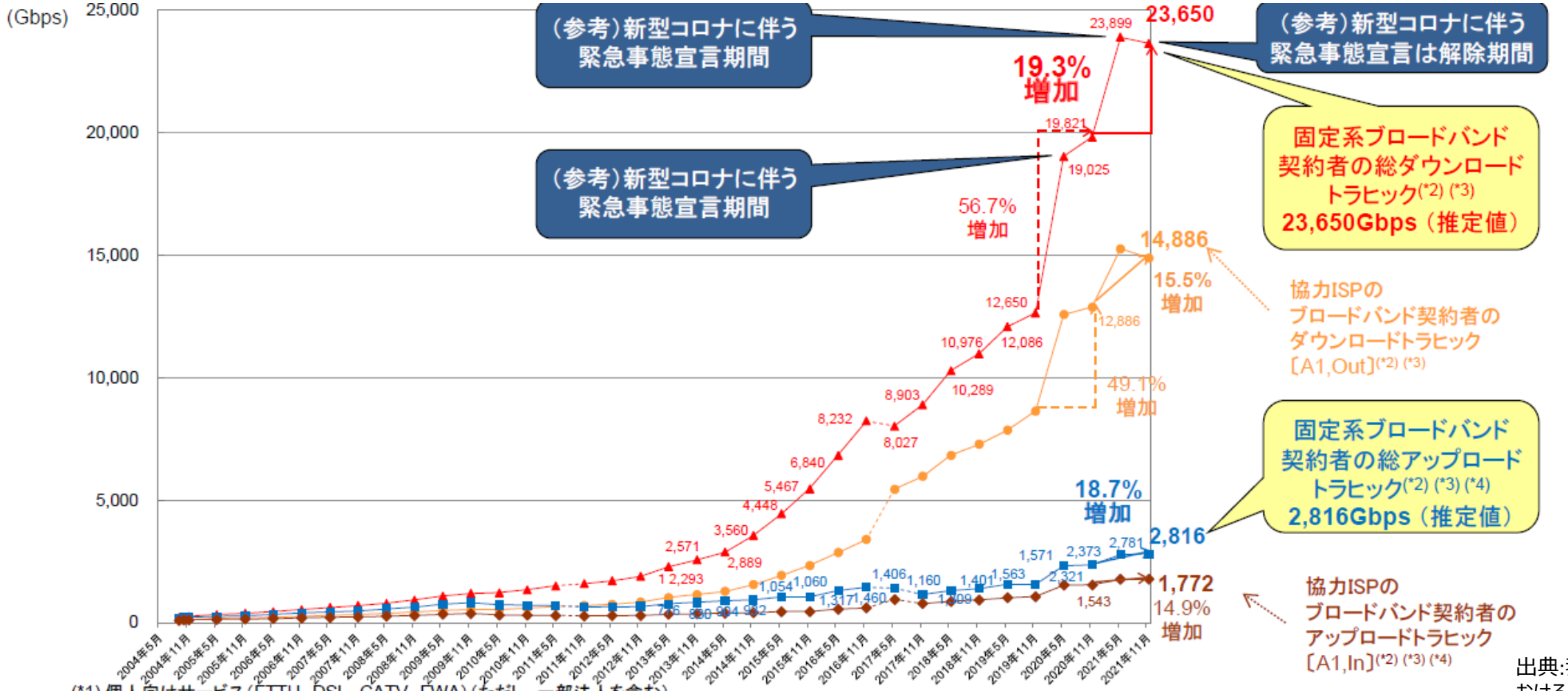
2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

3．今後の取り組み

増加するトラヒック

✓ 総ダウンロードトラヒックは、2021年11月では、約23.7Tbps。対前年同月比で19.3%増



(*1) 個人向けサービス（FTTH、DSL、CATV、FWA）（ただし、一部法人を含む）
(*2) 2011年5月以前は、一部の協力ISPとブロードバンドサービス契約者との間のトラヒックに携帯電話網との間の移動通信トラヒックの一部が含まれていたが、当該トラヒックを区別することが可能となったため、2011年11月より当該トラヒックを除く形でトラヒックの集計・試算を行うこととした。
(*3) 2017年5月より協力ISPが5社から9社に増加し、9社からの情報による集計値及び推定値としたため、不連続が生じている。
(*4) 2017年5月から11月までの期間に、協力事業者の一部において計測方法を見直したため、不連続が生じている。

出典:我が国のインターネットにおけるトラヒックの集計結果（２０２１年１１月分）２０２２年２月４日
総務省 総合通信基盤局電気通信事業部 データ通信課

トラヒック増加への対策

✓ トラヒック増加対策の内、キャッシュサーバの導入(CDN)とマルチキャスト利用(M-ABR)を検討

インフラ対策
- ネットワークの高速化(基幹系、アクセス系FTTH化)
- ネットワークの高機能化(仮想化、ソフトウェ化)

→ ネットワーク側の増強

回線調達対策
- トランジット/IX導入
- キャッシュサーバの導入

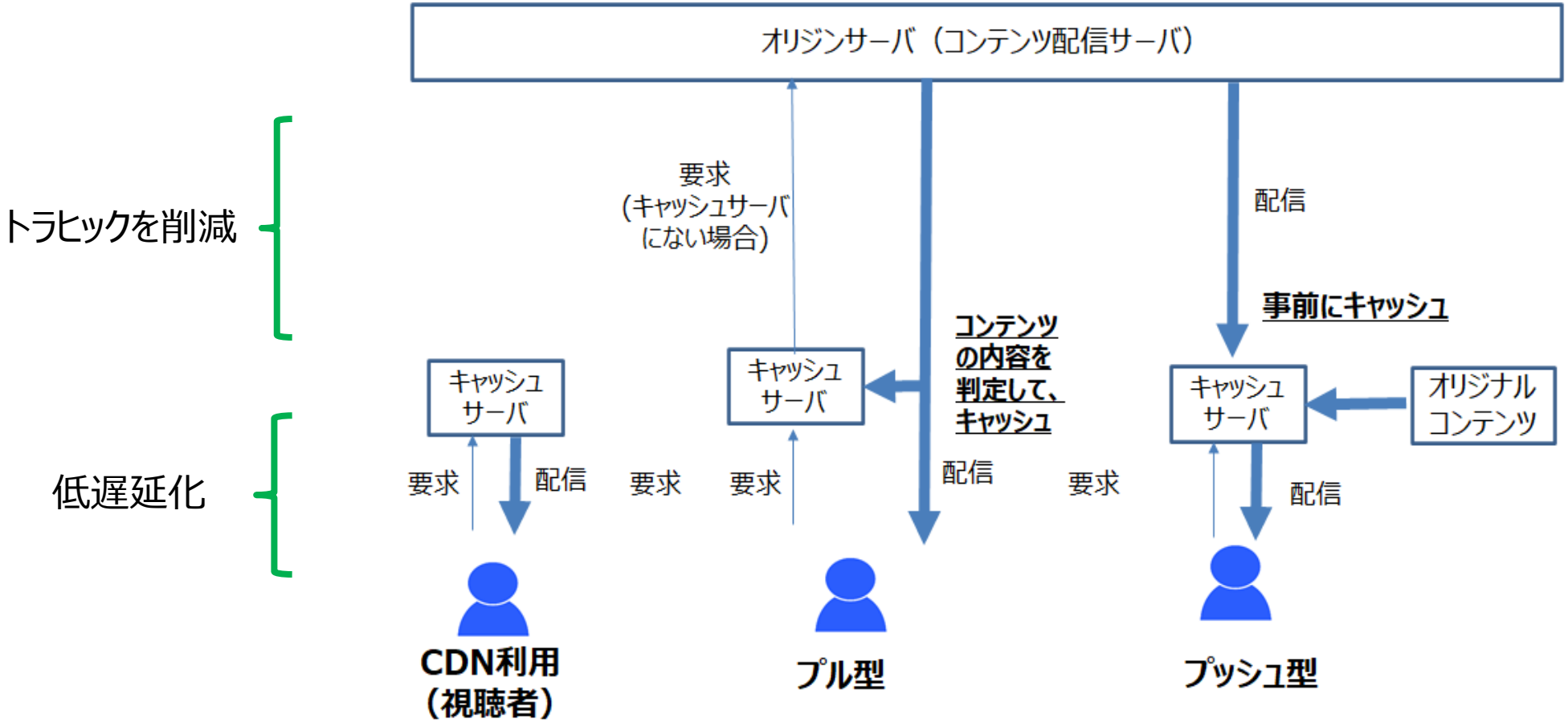
トラフィック適正化対策
- 速度規制(帯域制御)
- 利用状況別対策(映像配信にマルチキャスト利用)

→ 流れるトラフィックの効率化

オフロード対策

CDNの概要

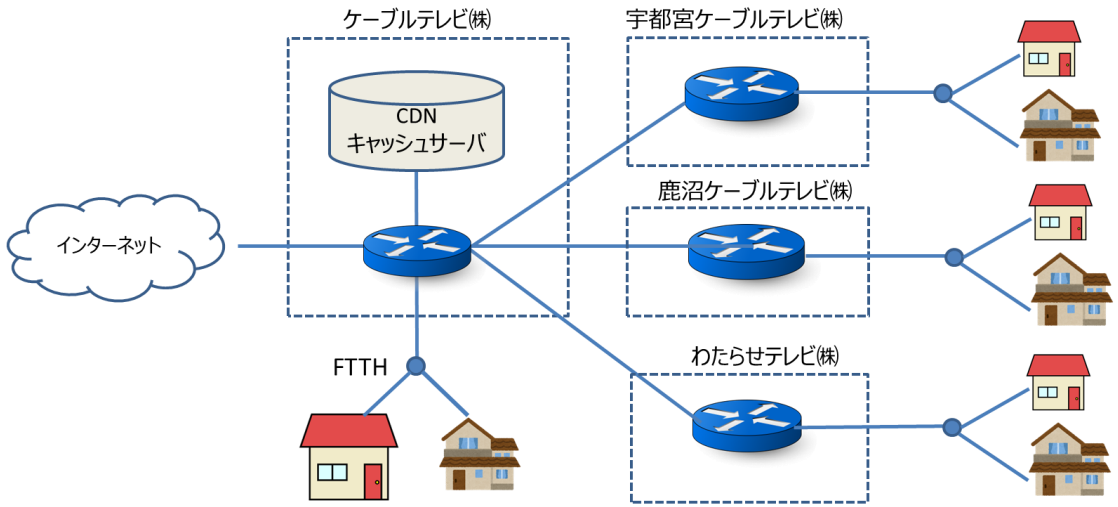
- ✓ 視聴者に近い箇所にキャッシュサーバを設置し、上位回線のトラヒックを削減
- ✓ 種類はプル型とプッシュ型
- ✓ 低遅延化も実現



CDNの導入モデル

✓ 導入モデルは3つに大別

導入モデル	内容	管理主体	例
パブリックCDN（Buyモデル）	ベンダのCDNを活用	CDNベンダ	Akamai Amazon
		事業者	J-Stream
プライベートCDN（Buildモル）	事業者が自社でCDNを構築	事業者	COMCAST JOCDN
BOT（Build Operate Transfer）	ベンタがCDNを構築および管理その後、事業者に移管	CDNベンダ ↓ 事業者	Velocix社が構築後、TWCが管理



・地域IX例(tochigix)
ケーブルテレビ(㈱)に設置したCDNキャッシュサーバを近隣事業者と共用

日本ケーブルラボの取り組み

✓ CDNに関する技術調査を実施

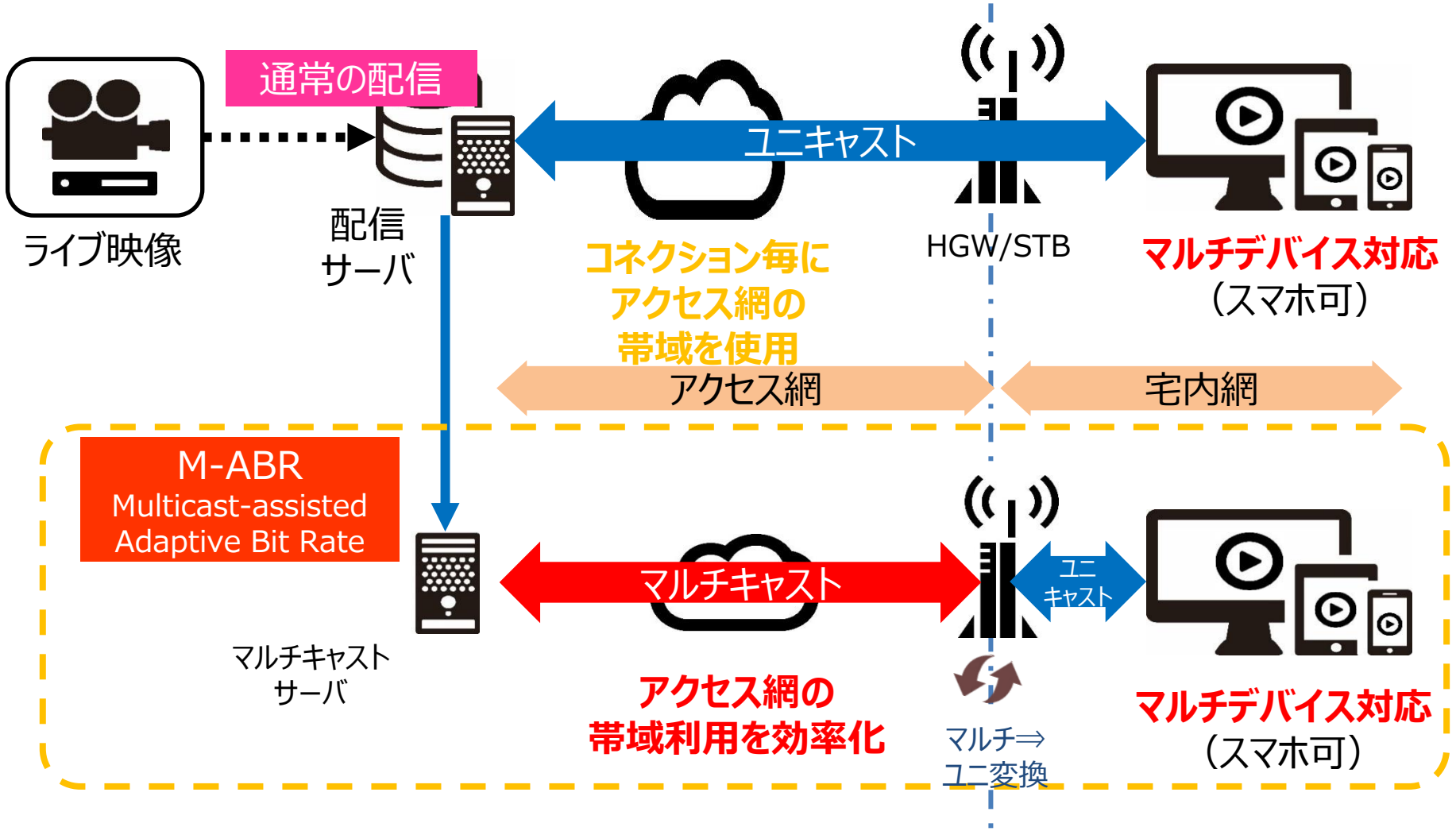
●「CDN調査報告書」JLabs DOC-050　1.0版（2018/6）
CDNの基本技術調査を実施

●「映像配信ネットワーク効率化技術調査報告書」JLabs DOC-075　1.0版（2020/12）
映像配信におけるCDN活用方法の技術調査を実施

●「ケーブルにおけるローカル5Gの技術調査報告書」JLabs DOC-084　1.0版（2021/5）
5G関連技術としてMECの技術調査を実施

M-ABRの概要

- ✓ NHKプラスのような放送型VOD(IP同時配信)コンテンツを効率的に配信
- ✓ マルチキャストとユニキャストのハイブリッド、ABR採用によるマルチデバイス対応



M-ABR技術の標準化動向

CableLabs

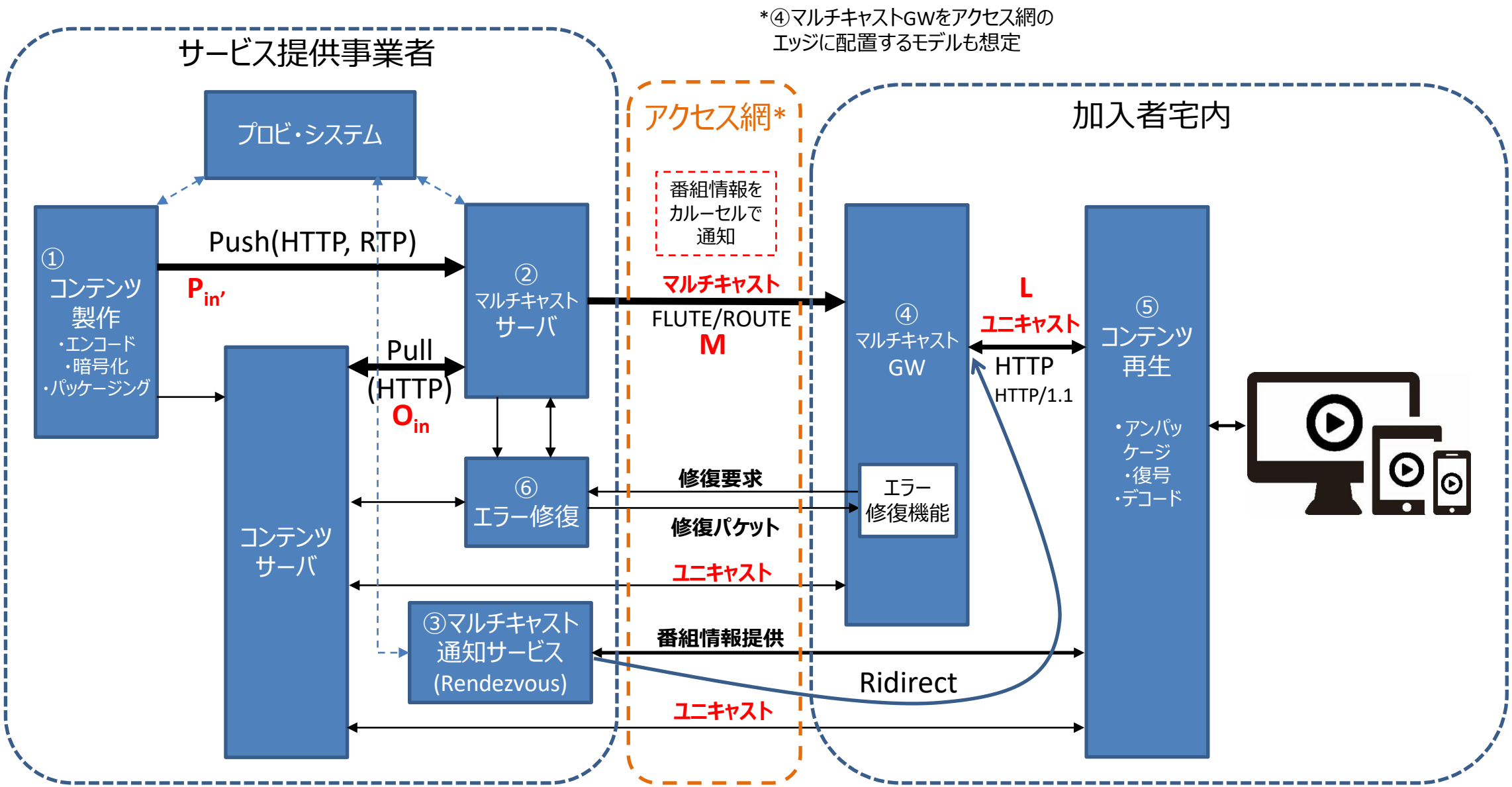
- 技術報告書を2016年10月に発行
  - OC-TR-IP-MULTI-ARCH-V01-141112: Multicast Adaptive Bit Rate Architecture Technical Report

欧州DVB*

- 2018年3月に暫定文書として発行
  - DVB Document A176: Adaptive media streaming over IP multicast
  - 参照機能アーキテクチャおよび展開モデルを規定
- 2020年3月：DVB Document A176 (second edition)
  - 詳細化した第2版
  - マルチキャスト配信プロトコルとしてFLUTEとROUTEを規定
  - 配信網として双方向IP網と放送等の片方向ネットワークを想定

*DVB(Digital Video Broadcasting):欧州の放送方式等を定める組織

M-ABR システム構成図(DVB A176)

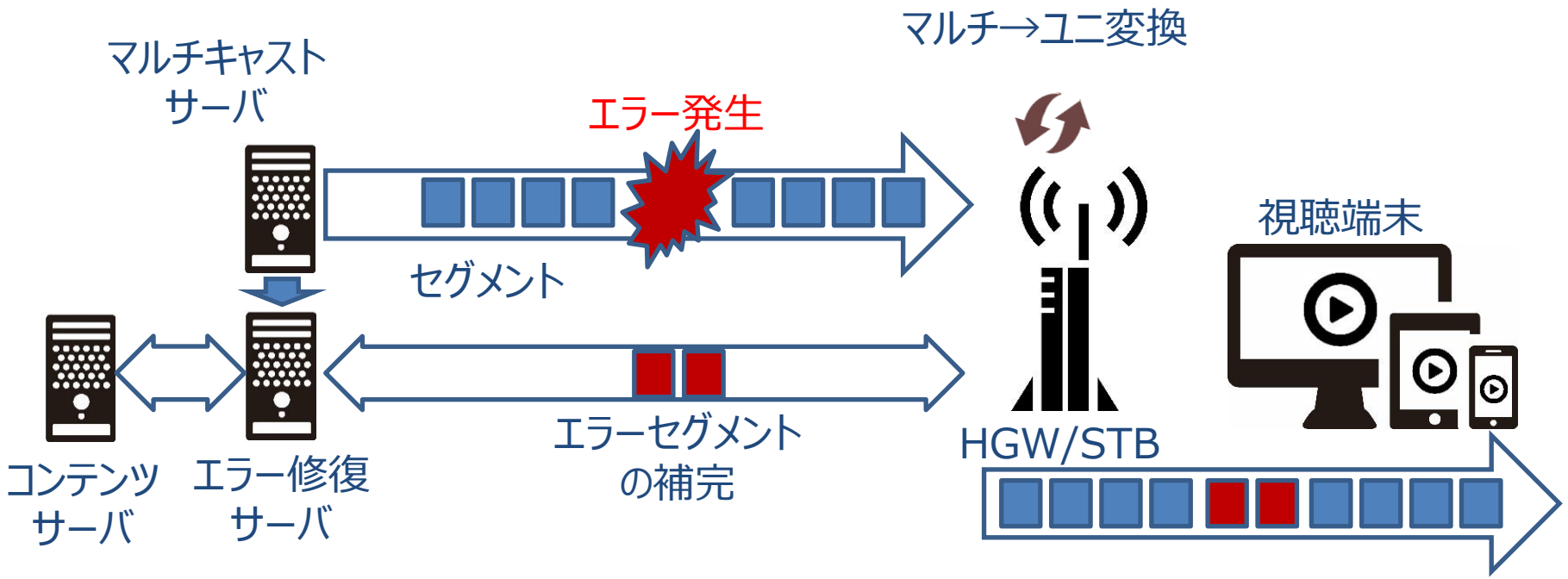


コンテンツフォーマット等

マルチキャストサーバへのIngest 方式		主なフォーマット	利用プロトコル
Pull	コンテンツ制作後、一旦コンテンツサーバに蓄積し、マルチキャストサーバがHTTPで取得	MPEG-DASH*	HTTP(S)**
		HLS	
Push	コンテンツ制作機能からマルチキャストサーバに直接入力（ライブ配信等）	MPEG-DASH*	
		HLS	
		MPEG-2 TS	RTP

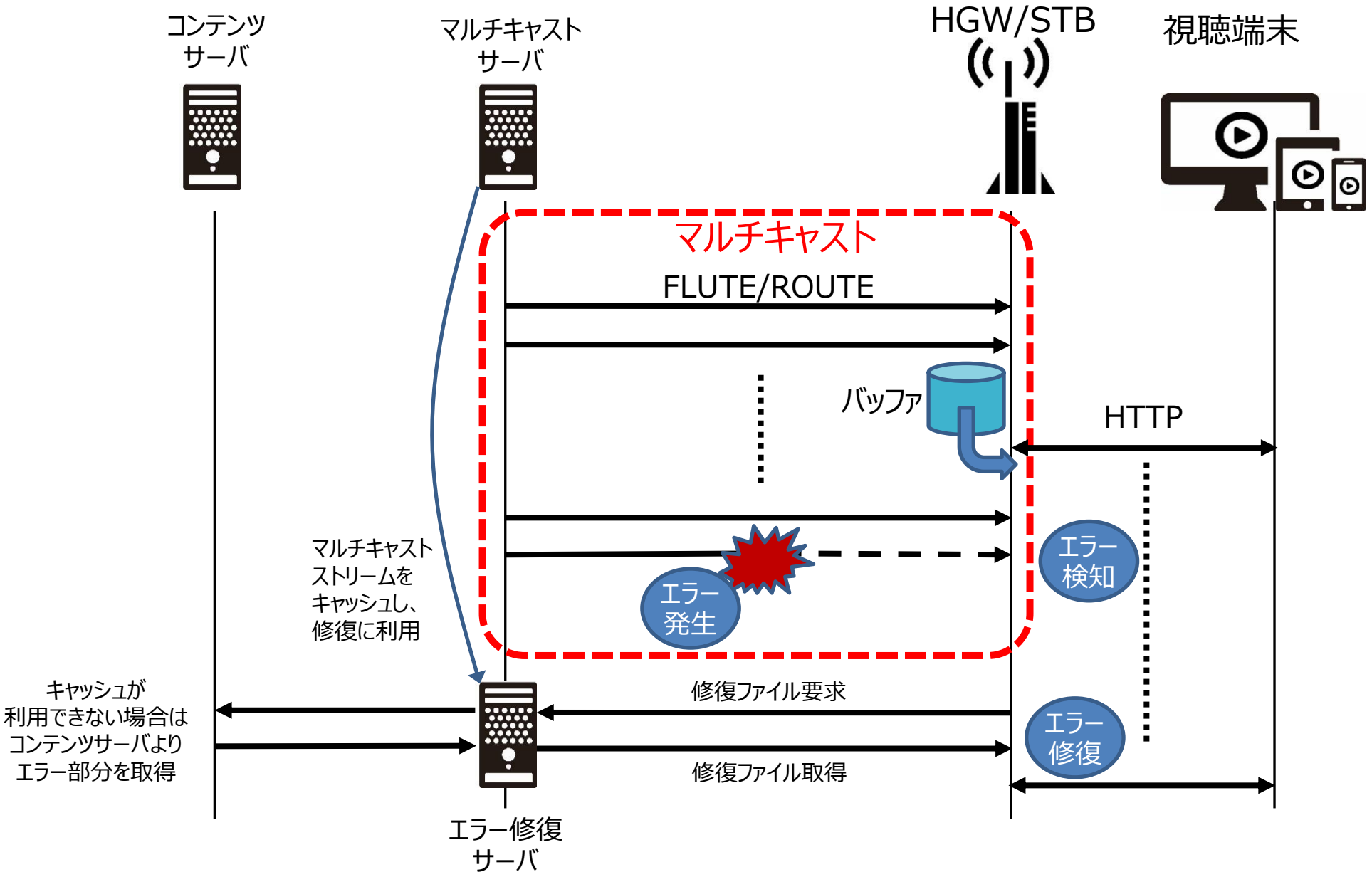
*　LC: Layered Coding（マルチレート）を含む
** HE内(インタフェースO_{in}、$P_{in'}$)および宅内(L)

エラー修復(Error Repair)



- マルチキャストでのエラーセグメントを受信側(HGW/STB)で検知
- ユニキャストでエラーセグメントを補完して送信

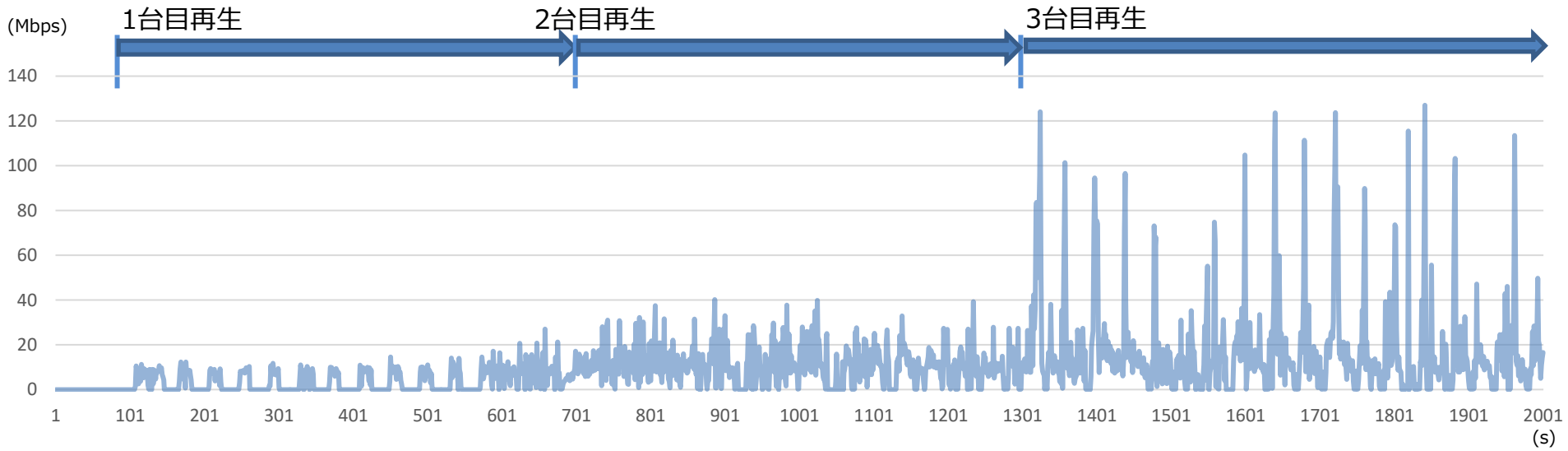
エラー修復の手順


コンテンツ
サーバ
マルチキャスト
サーバ
HGW/STB
視聴端末
マルチキャスト
FLUTE/ROUTE
バッファ
HTTP
エラー
検知
エラー
発生
マルチキャスト
ストリームを
キャッシュし、
修復に利用
キャッシュが
利用できない場合は
コンテンツサーバより
エラー部分を取得
修復ファイル要求
修復ファイル取得
エラー
修復
エラー修復
サーバ

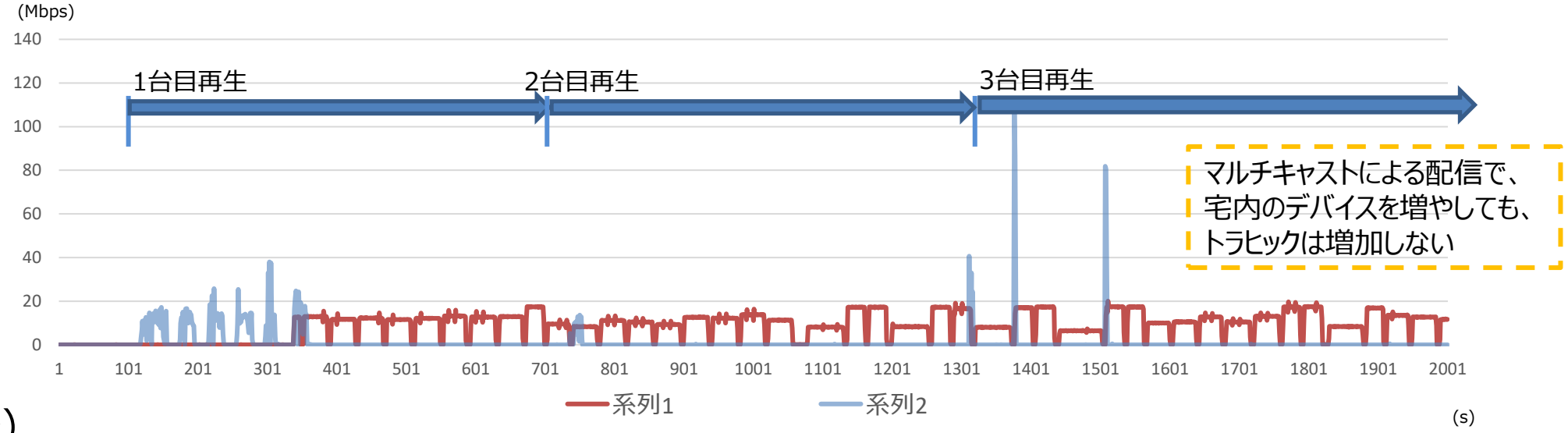
M-ABR検証結果：トラヒック削減効果

※M-ABR不使用時　※STBのネットワーク側で観測

ユニキャスト
トラフィック



M-ABR
トラヒック



（視聴端末3台）

日本ケーブルラボの取り組み

✓ M-ABRに関する技術調査を実施

●「M-ABR調査報告書」 JLabs DOC-063　1.0版（2019/11）
M-ABRの技術調査および実証試験を実施

✓ ケーブルテレビにおける統一的運用を目的としJLabs運用仕様を策定

●「M-ABR運用仕様」 JLabs SPEC-043　1.0版（2022/1）

１．IP放送とIP配信の課題

２．IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

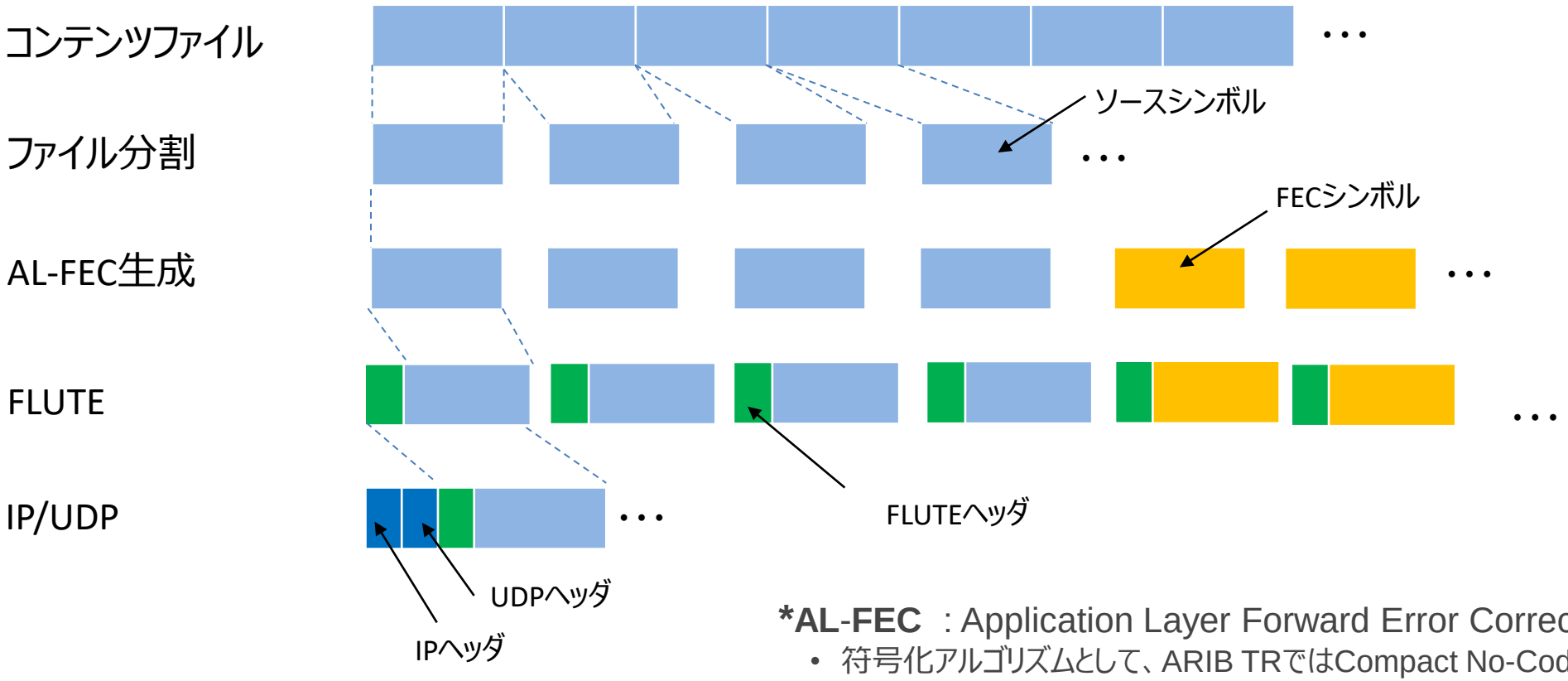
３．今後の取り組み

マルチキャストプロトコル

- 2つのマルチキャストプロトコル
  - FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport: RFC-3926)
    - FLUTE最新版RFC-6726
  - ROUTE (Real-time Object Delivery over Unidirectional Transport)
    - FLUTEの改良版
    - アメリカの次世代地デジ規格ATSC 3.0で採用
    - 映像・音声等のメディア毎に最適なファイル分割等が特徴

FLUTEプロトコルスタック

- ✓ FLUTE は放送等における片方向伝送路でIPパケットを伝送するためのプロトコル
- ✓ BC配信時には再送によるエラー修復ができないため、FEC（AL-FEC*）によるエラー修復機能を



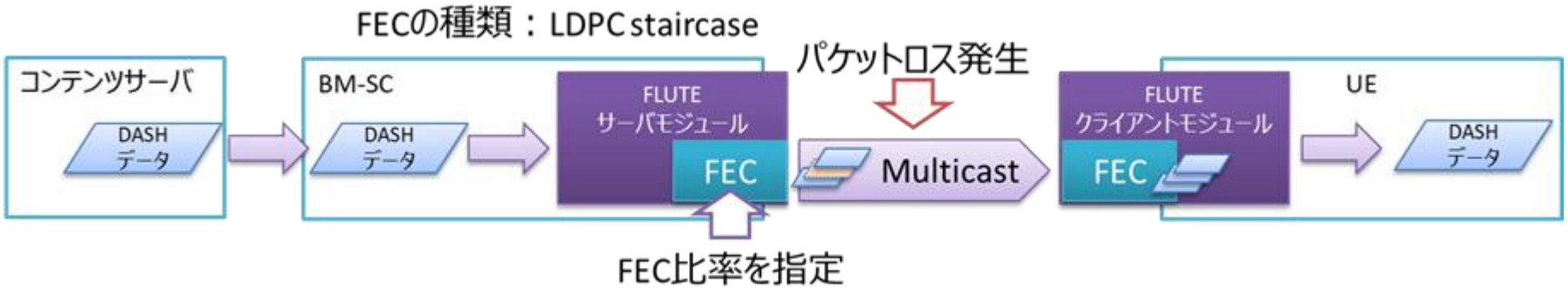
***AL-FEC** ：Application Layer Forward Error Correction

- 符号化アルゴリズムとして、ARIB TRではCompact No-Code FEC、LDPC符号Staircase、Reed-Solomon Code over GF を規定

ARIB資料を基に作成

FLUTE FECの効率

✓ FLUTE FECの効率を実機を用いて評価を実施



送信元ファイル(Byte)：3,125,039		パケットロス率																																	
FEC比率	実送信Byte	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	…	100%
100%	6,543,089																																		
90%	6,215,368																																		
80%	5,888,182																																		
70%	5,560,996																																		
60%	5,233,810																																		
50%	4,906,089																																		
40%	4,578,903																																		
30%	4,251,717																																		
20%	3,924,531																																		
10%	3,596,810																																		

：FEC処理で、データ復元できる
：FEC処理で、データ復元できない

日本ケーブルラボの取り組み

✓ FLUTEに関する技術調査を実施

●「FLUTE/ROUTE技術概要報告書」JLabs DOC-091 1.0版 (2022/6)
FLUTEとROUTEの技術概要を整理し、体系立ての検討を実施

1．IP放送とIP配信の課題

2．IP放送とIP配信の要素技術

2-1. 映像の低遅延伝送

2-2. 同時視聴ユニキャスト増による帯域増加対策

2-3. 片方向伝送における伝送品質

3．今後の取り組み

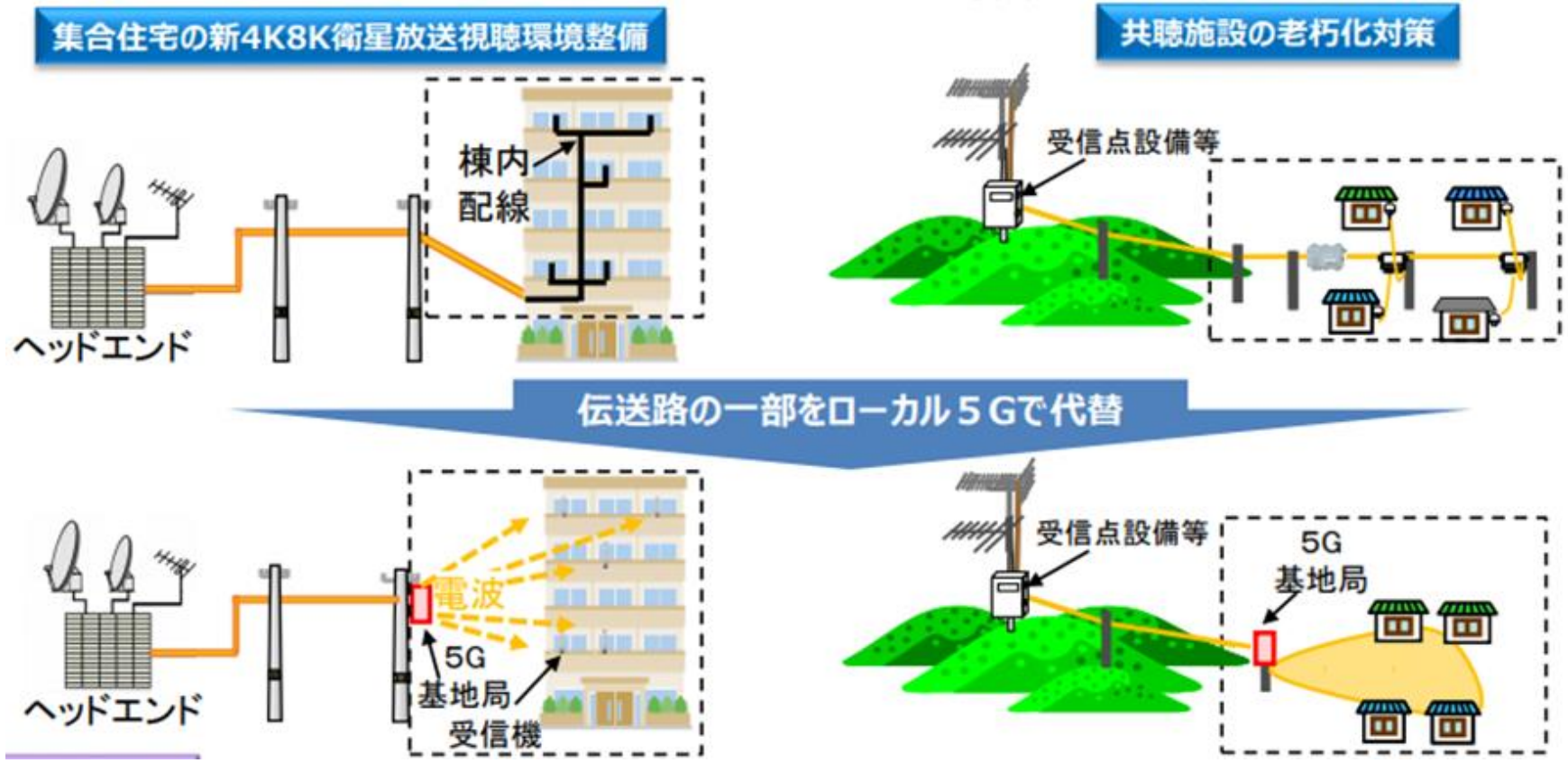
2022年度の取り組み

項 目	取 組 概 要
STBアプリ開発のオープン化	スマートシティ実現のために実装が求められるデータ連携PFについて調査を行い、将来的なサービスモデルも視野に入れ、ケーブル事業者としての貢献方法、今後の技術課題をまとめる。
放送コンテンツ差し替え関連技術	ケーブル事業者の放送コンテンツにおいて、コンテンツ差し替えなどのサービスを実施する際の課題を明確にする。
SPEC-035 字幕・文字スーパー運用仕様	高度ケーブル自主放送（SPEC-035)の4K字幕・文字スーパーに関する運用仕様の実証実験を行い、正式仕様化を行う。
分配光タップを用いたFTTH構築手法	既存のFTTHと光分配タップを用いたFTTHとの比較調査(ファイバ長、接続端末数、適用エリアなど)を行う。また、実機による分配光タップの光ロスを確認する。
IPサービス向け宅内ワイヤレス	Wi-FiIPマルチキャスト伝送品質を評価する。また、Wi-Fiの新技術(Wi-Fi6E/7)の技術調査を行う。
運用高度化の概念検証	設備の運用保守の自動化の調査結果をもとに、実機による自動化の実証評価を行う。(自動化対象設備については検討中)。

ケーブルテレビネットワークの構築における ローカル5G活用技術に関する調査研究

- **集合住宅における新4K8K衛星放送視聴環境の整備**のために、棟内設備の広帯域化に関する改修が必要であること、**過疎地域における共聴施設の老朽化対策**
- 情報通信審議会答申において、ケーブルテレビにおける活用、特に**住宅・マンションの引込線の無線化**

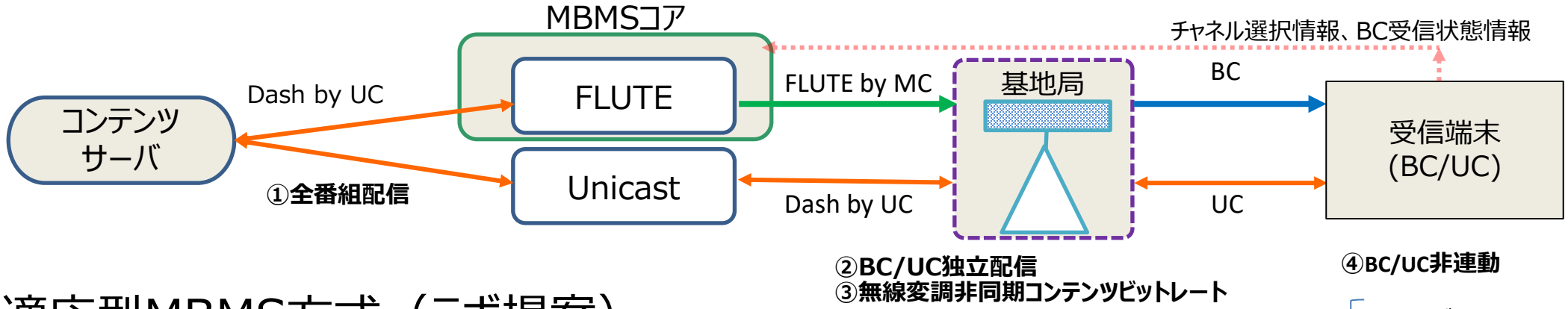
- ローカル５Gによる効率的なIP放送を３GPPの規範に沿って実現するため**適応型MBMS技術**の新規研究開発を**総務省から2021年に受託（2022年は実証）**



現行MBMS方式と適応型MBMS方式の比較

● MBMS方式

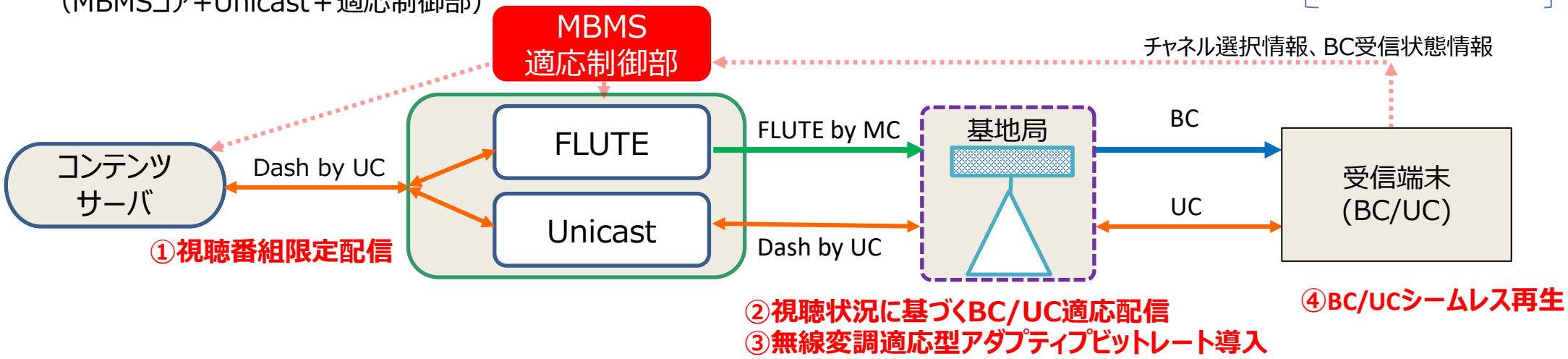
・3GPPにて規格化された移動体用映像配信方式



BC：ブロードキャスト
UC：ユニキャスト
MC：マルチキャスト

● 適応型MBMS方式（ラボ提案）

・現行MBMS方式に、ラボ独自開発のMBMS適応制御部を導入
（MBMSコア+Unicast＋適応制御部）



まとめ：技術シンクタンクとして

- ✓計画している取り組みの他、集合住宅内通信高速化やネットワークの仮想化などの最新技術動向などを幅広く調査
- ✓検討した成果は、ワークショップ、学会、国際標準化会議にて積極的に発信
- ✓JQE講習会のテキスト更新や講義により、ケーブル業界の技術人材育成に貢献

ご清聴ありがとうございました

一般社団法人 日本ケーブルラボ
【住所】〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町3-4-2 KDX茅場町ビル3F
【電話】03-5614-6100
【交通】東京メトロ東西線、日比谷線「茅場町」駅より徒歩2分（日比谷線2番出口）

Japan Cable Laboratories All rights reserved