

【放送・映像サービスとIP技術】

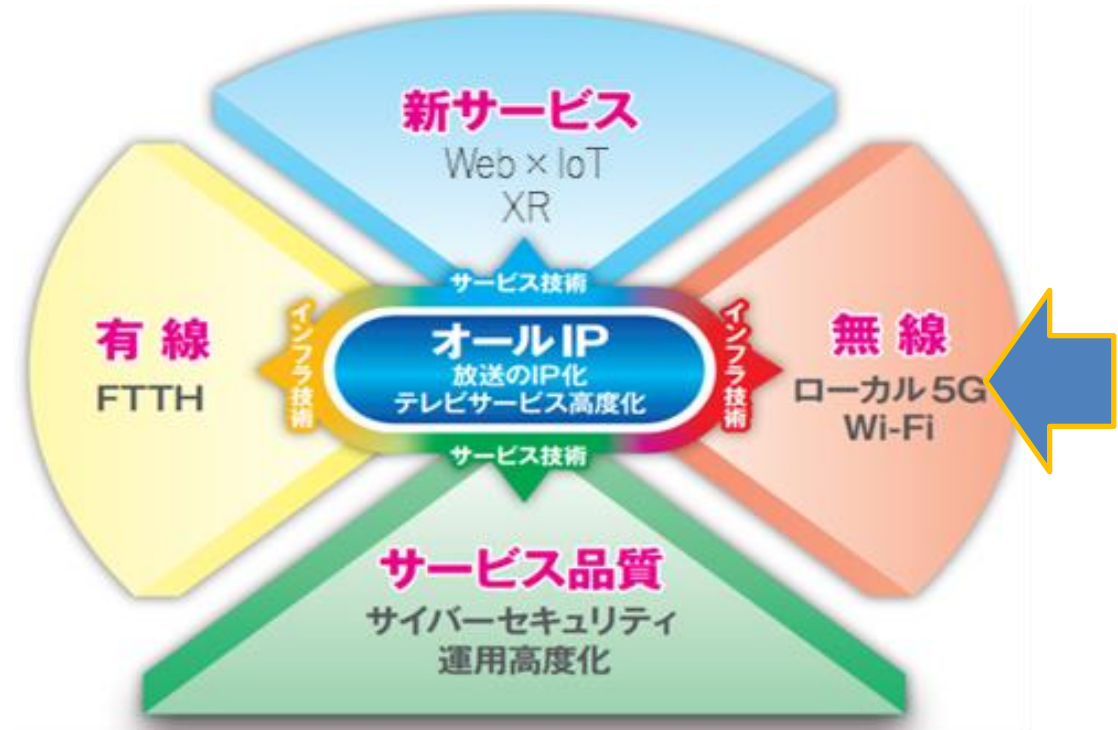
ローカル5GによるIP放送実現に向けて ～実証実験報告～

2023/7/21

一般社団法人 日本ケーブルラボ
技術部 清水

発表内容

1. 背景
2. 検討の内容
 - 2.1 適応型MBMS
 - 2.2 ローカル5Gシミュレータ
 - 2.3 実証実験
 - (1)無線区間検証
 - (2)総合検証
3. まとめ

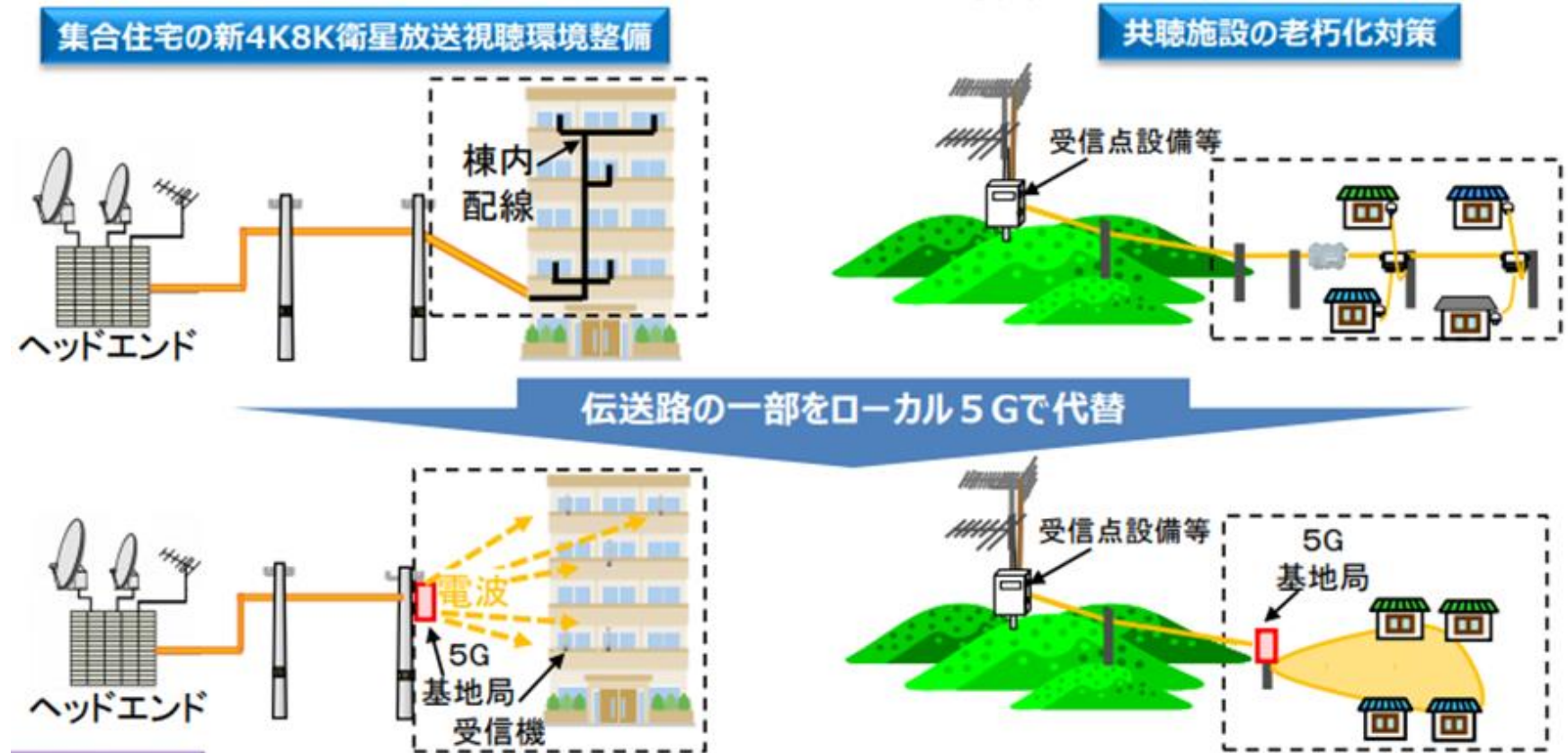


日本ケーブルラボ5つの重点分野

背景

- 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、過疎地域における共聴施設の老朽化対策が必要
- ローカル5Gを活用して、集合住宅/辺地共聴の**引込線の無線化**

- ↓
- ローカル5Gによる効率的な**IP放送**を標準化に沿って実現するため**適応型MBMS方式**の新規調査研究を総務省から2021年度に請負*（2022年度は実証実験）



*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

MBMSの概要

- MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Service)とは
 - 3GPP移動体通信を介して、ブロードキャストおよびマルチキャストを実現する技術規格
- MBMS標準化動向
 - 3GPPの規格スケジュール期間(リリース)でMBMSの規格が更新

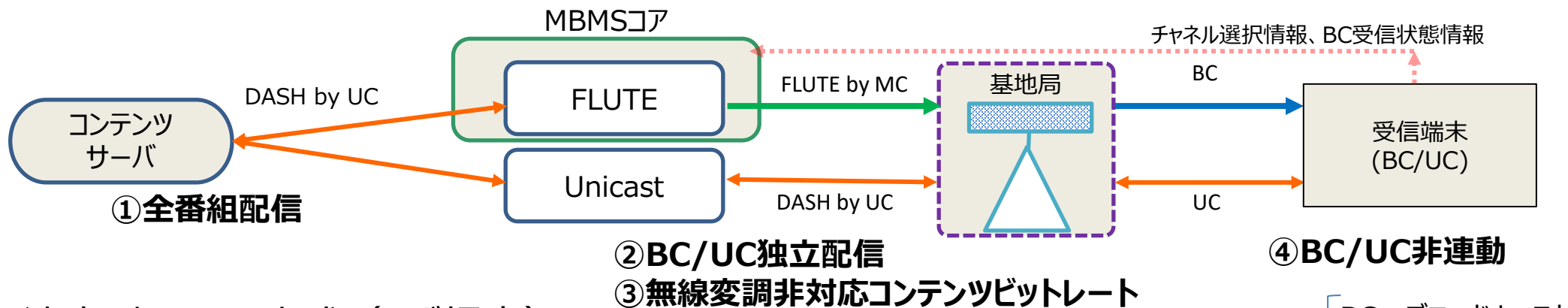
3GPP	年	内容
リリース6	2005	MBMS規定(3G)
リリース9	2009	eMBMS規定(LTE)
リリース14	2017	FeMBMS規定(LTE Advance)
リリース16	2020	5G Broadcast(5G NR)
リリース17	2022	5G NR 小セル仕様
リリース18	2023予定	5G NR 大セル仕様(検討中)

- ケーブル事業における多チャンネルIP放送への適用(**インターネットサービスだけではない**)
 - MBMSはケーブル事業においても多チャンネルIP放送技術として有効
 - ただし、**帯域利用の効率化とQoS向上が必要(適応型MBMS方式)**

適応型MBMS方式の概要

MBMS適応制御の特徴

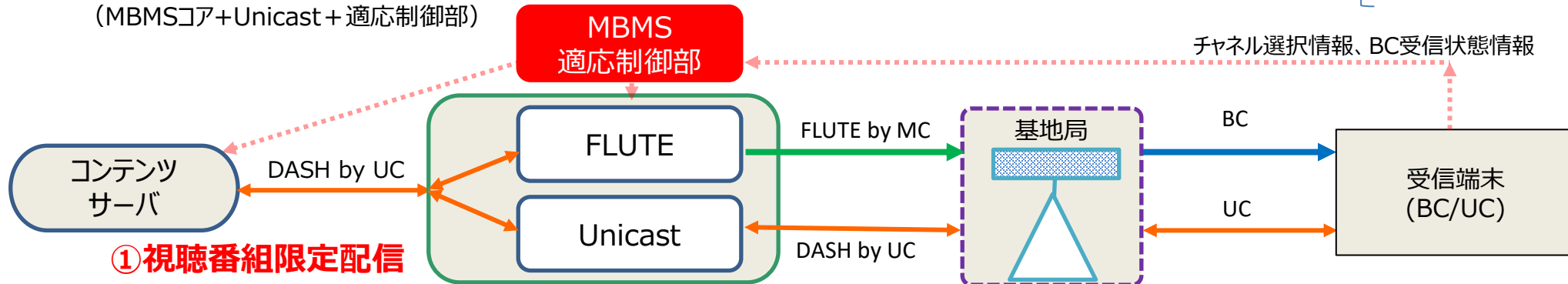
- 3GPPにて規格化された移動体用映像配信方式



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)



MBMS適応制御の特徴①～④

- ②視聴状況に基づくBC/UC適応配信
- ③無線変調適応コンテンツビットレート導入

④BC/UCシームレス再生

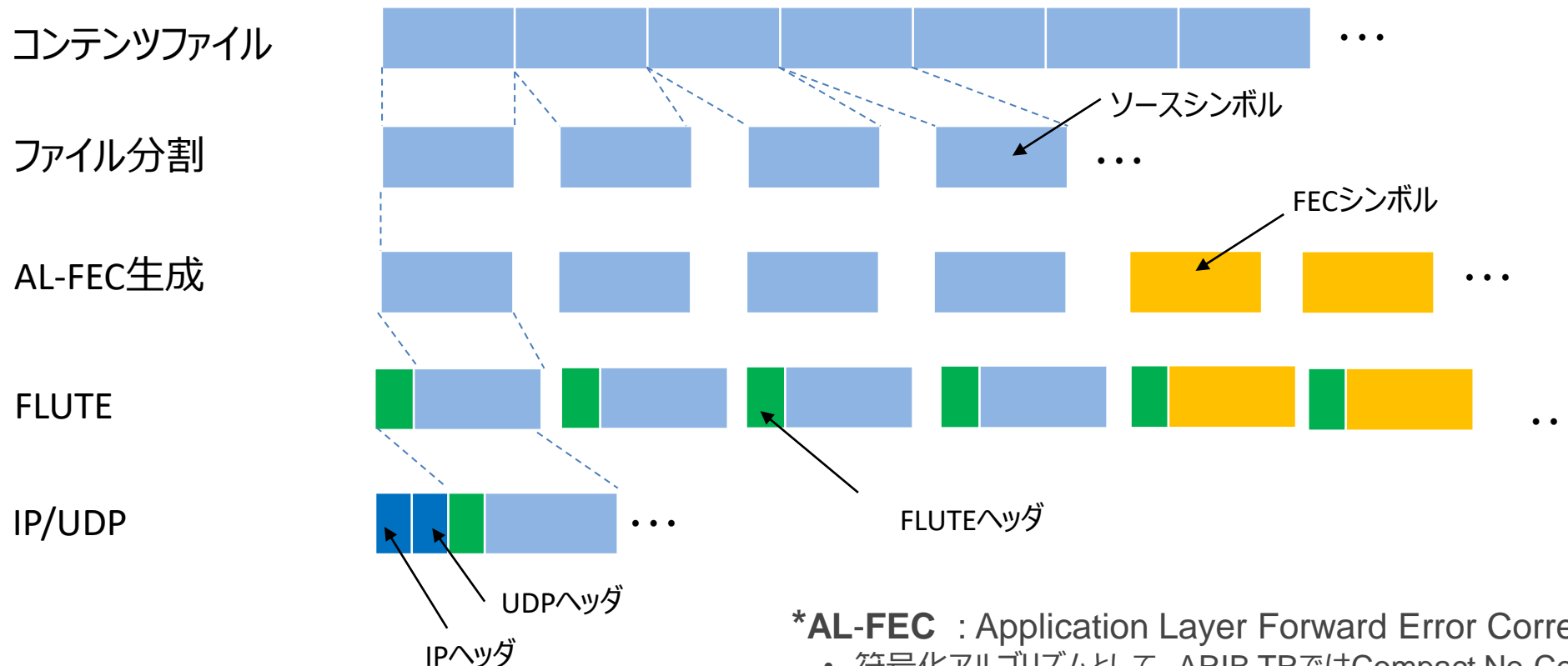
適応型MBMSの4つの特徴

	項目	内容	効果・目的
①	視聴番組限定配信	<ul style="list-style-type: none"> ● 視聴要求番組のみ配信 	帯域利用効率化
②	視聴状況に基づくBC/UC適応配信	<ul style="list-style-type: none"> ● BC受信中に伝送誤りでセグメントロスが発生した場合はUCに切換えて受信継続 ● 誤り回復でBC受信可となった場合、UCからBCへ再切換 	伝送誤り耐性強化
③	無線変調適応型可変ビットレート符号化	<ul style="list-style-type: none"> ● 無線部の変調符号化指数(MCS)*に対応するビットレート(低MCSでは低ビットレート)を適用 	帯域利用効率化
④	BC/UCシームレス再生	<ul style="list-style-type: none"> ● BC⇔UC切換時に映像再生の連続性を確保 	QoS維持

*5G無線システムでは、基地局から送信される下りチャネル状態情報測定用の基準信号を端末で受信し、その結果を基地局にフィードバックすることにより、下りの変調符号化指数(MCS: Modulation and Coding Scheme)を決定(256QAMからQPSK、符号化率)

片方向伝送用FLUTEプロトコル

- ✓ FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport: RFC-3926)
- ✓ 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
- ✓ **どの程度の誤り訂正符号(AL-FEC)量を付加するかがポイント**



*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

2021年度の成果概要

1. システム最適化

- 適応型MBMS方式の仕様を検討
 - 机上の特性解析により、適応型MBMS方式の有効性を確認

2. モデルシステムの検討

- モデルシステムの検討と技術仕様化
 - 5G適応型MBMS方式のモデルシステム（3GPP標準仕様＋MBMS適応制御部・コンテンツサーバ・UE等から構成）を検討、モデルシステム仕様書を策定
- モデルシステムの技術検証
 - モデルシステムの適正動作を有線上で検証するための**有線検証システム**を開発・評価



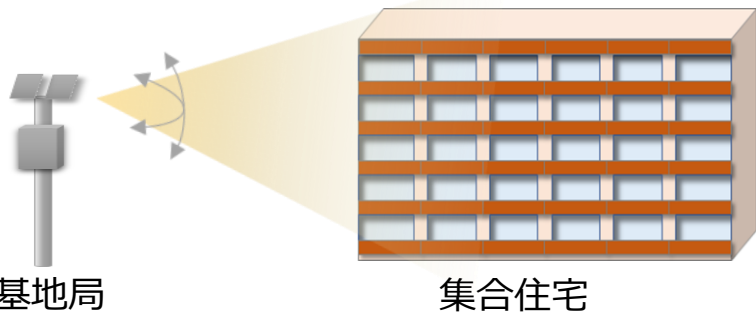
2022年度は無線区間を含めたシミュレーションや実証実験を実施

ローカル5Gシミュレータ

- フィールドでの実証実験前に机上での事前評価用開発
- シミュレータの目的
 - ◆ 集合住宅および辺地共聴を対象モデル
 - ① 既設の無線環境における対象モデルに対する伝搬特性を分析し、目安として最適なパラメータ(カバー率、放送番組数など)を導出
 - ② 新規に基地局設置位する際の目安として最適なパラメータ(アンテナ設置位置、基地局の選定)を導出

既設の無線環境における集合住宅対象モデル例

既設無線設備、環境の情報入力



入力パラメータ	
基地局	アンテナの垂直/水平半値幅、送信利得、高さ
	送信出力、MIMO数
集合住宅	階数、戸数などの構造
	基地局との距離
映像パラメータ (可変)	映像符号化ビットレート 20Mbps ~ 1Mbps
	誤り訂正符号率 0~50%

シミュレーション出力

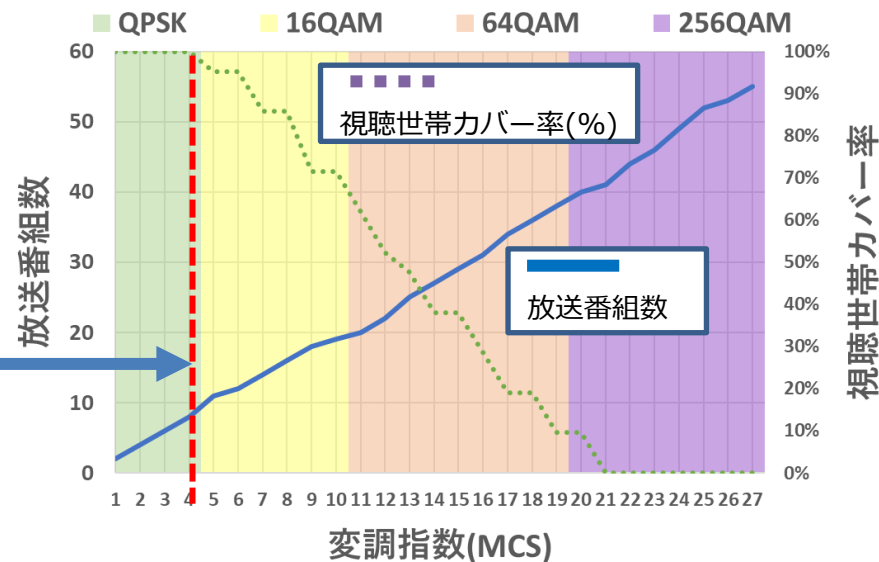
- 集合住宅各戸の受信可能変調指数 (MCS) の分布

256QAM
64QAM
16QAM
QPSK

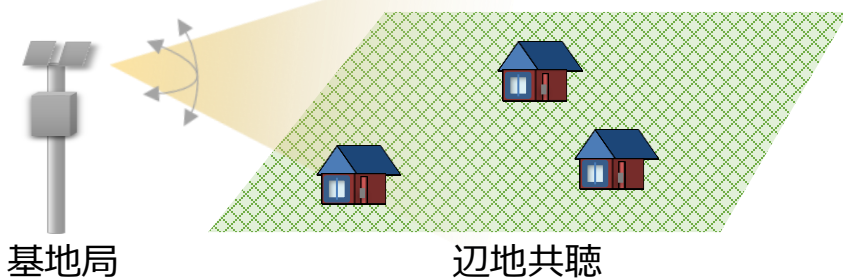
	1	2	3	4	5	6
7階	3 4	6 8	10 12	12 10	8 6	4 3
6階	5 6	8 10	13 15	15 13	10 8	6 5
5階	6 8	11 13	15 18	18 15	13 11	8 6
4階	9 11	13 16	18 20	20 18	16 13	11 9
3階	9 11	13 16	18 20	20 18	16 13	11 9
2階	6 8	11 13	15 18	18 15	13 11	8 6
1階	5 6	8 10	13 15	15 13	10 8	6 5

- 放送番組数と視聴世帯カバー率

視聴世帯カバー率100%
 運用変調指数 4
 映像符号化ビットレート 10Mbps
 誤り訂正符号率 30%
 放送番組数 8



既設無線設備、環境の情報入力

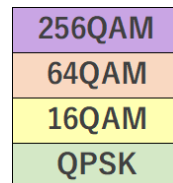


入力パラメータ	
基地局	アンテナの垂直/水平半値幅、送信利得、高さ
	送信出力、MIMO数
辺地共聴	住所、提供エリア、基地局位置
	受信エリアカバー率
映像パラメータ (可変)	映像符号化ビットレート 20Mbps ~ 1Mbps
	誤り訂正符号率 0~50%



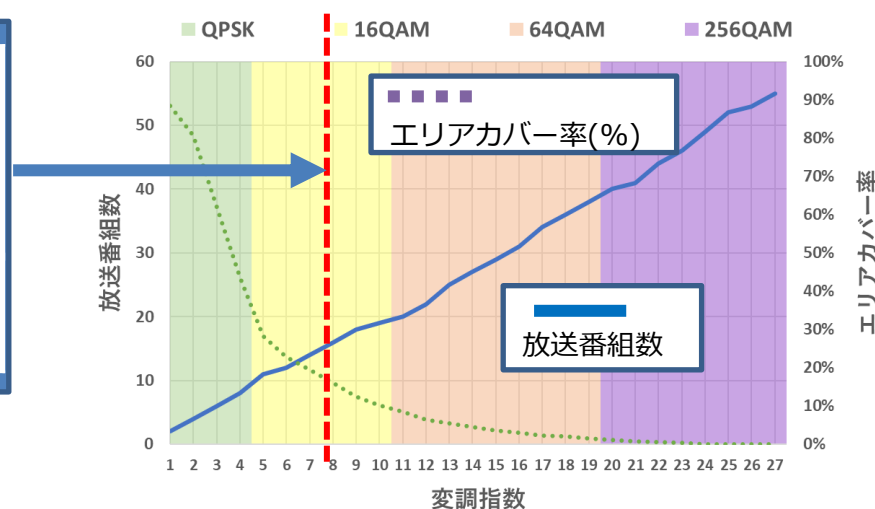
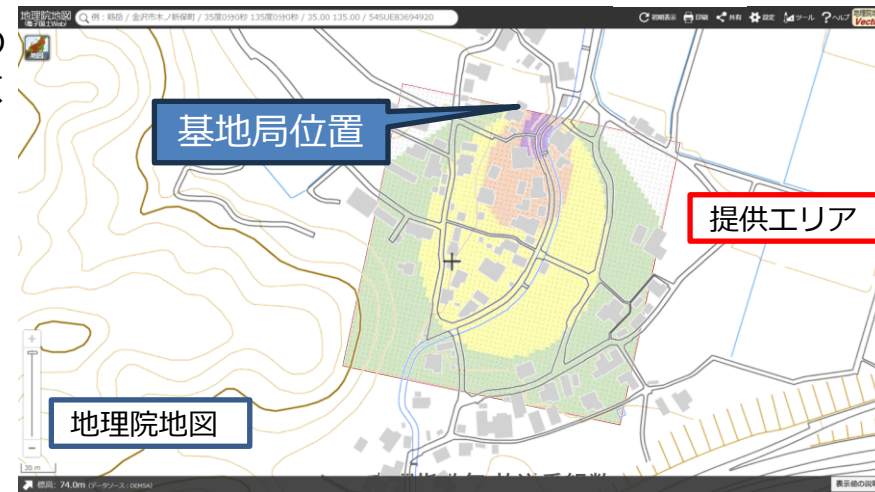
シミュレーション出力

- 辺地共聴エリアの受信可能変調指数 (MCS) の分布



- 放送番組数とエリアカバー率

エリアカバー率20%
運用変調指数 8
映像符号化ビットレート 10Mbps
誤り訂正符号率 30%
放送番組数 16



実証実験の目的と項目

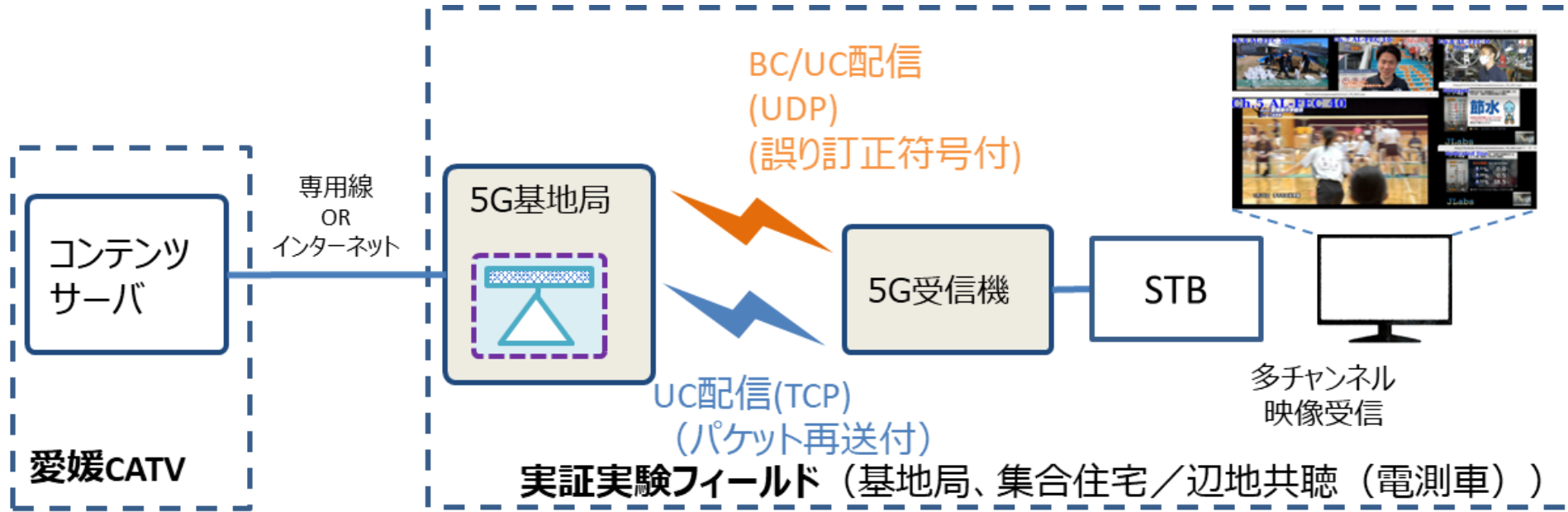
● 目的

- ① 実フィールド(集合住宅、辺地共聴住宅を想定)における、使用する基地局/受信機の無線特性評価
- ② 無線区間を含めた適応型MBMS方式の有効性を実証と運用パラメータの評価

● 項目

試験項目	内容	主なポイント
無線区間 検証	サブ6帯のローカル5G実験試験局を用いて、集合住宅及び辺地共聴をモデルとして無線特性の検証を行う	<ul style="list-style-type: none"> ●無線特性の把握 <ul style="list-style-type: none"> ・最大基地局-端末間距離はどれだけか。 ・変調符号化指数(MCS)はどれだけか。 ・スループットはどれだけか。
総合検証	上記無線区間と実際のケーブルテレビ事業者の伝送路の有線区間も含めた映像転送システム全体の総合検証を行う	<ul style="list-style-type: none"> ●映像伝送品質の確保 <ul style="list-style-type: none"> ・誤り訂正符号(AL-FEC)量はどれだけ必要か。 ・無線状況に基づくBC配信からUC配信の切り替えは有効か ・MCSとAL-FECの最適な組み合わせは。

実証実験システム構成



構成機器	伝送方式	ベンダー	備考
5G基地局 UC配信	5G NR	A社	出力 30dBm コアはクラウドコア
5G基地局 UC/BC配信	5G NR, 4G eMBMS	B社	出力 23dBm コア・基地局一体
5G受信機 UC受信	5G NR	A社	アンテナ内臓
5G受信機 UC/BC受信	5G NR, 4G eMBMS	C社	アンテナ外付け
端末 (STB)	-	D社	FLUTE復号、DASH player実装

*BC配信の実験では4Gシステム(周波数Sub6)を使用

実証実験フィールド全景（松山市福音寺町）



実証実験風景

基地局側



基地局



アンテナ



基地局操作



コンテンツサーバ操作

集合住宅



受信機
<アンテナ内蔵>



FLUTE搭載STB



多チャンネル映像受信

辺地共聴（電測車）



電測車（ポールに受信機設置、ポール高：8m）

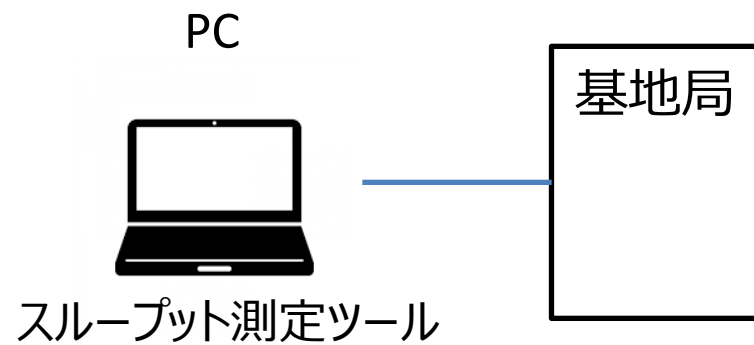


無線特性測定
(RSRP、スループット等)

無線区間検証の概要

- 対象：集合住宅、辺地共聴
- 内容：MCS毎に送信出力を変えて、受信電力(RSRP)、スループット等を測定

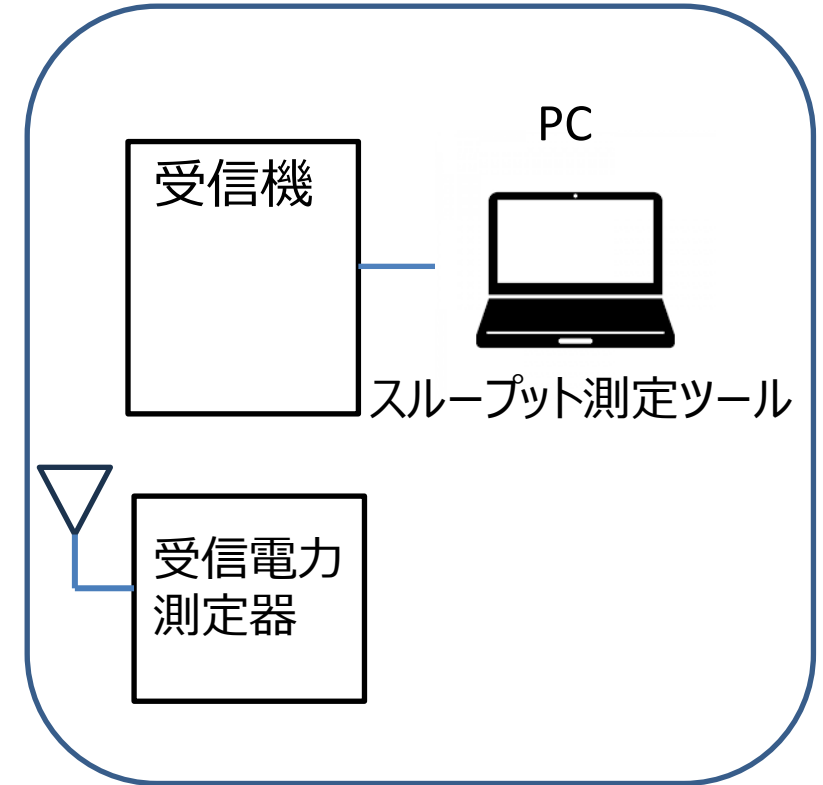
集合住宅／電測車（辺地共聴）



送信電力を変更

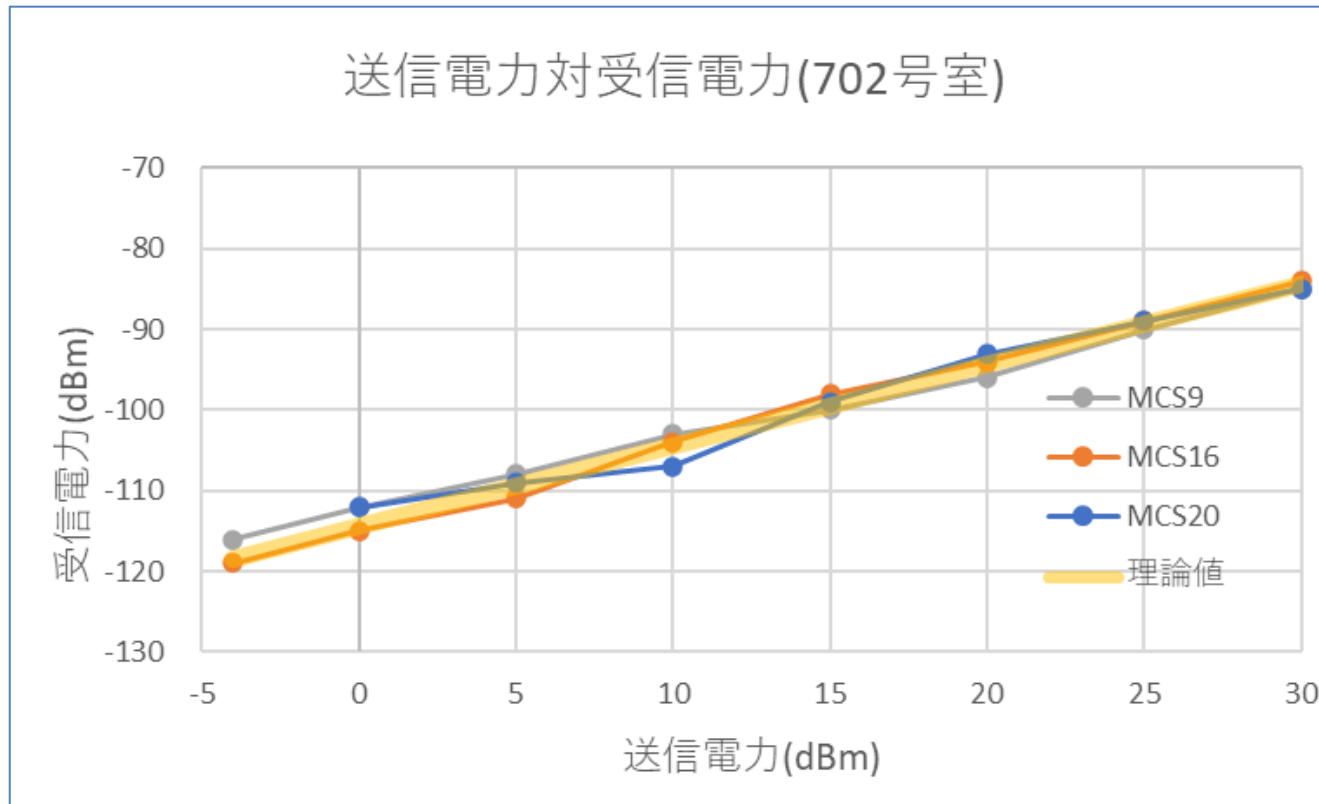


BC配信/
UC配信



測定項目	測定指標	測定する値 (単位)
受信電力	RSRP	dBm
電波干渉	SIR	dB
通信品質	スループット	Mbps
伝送遅延	遅延時間	msec

送信電力対受信電力の例(A社基地局)



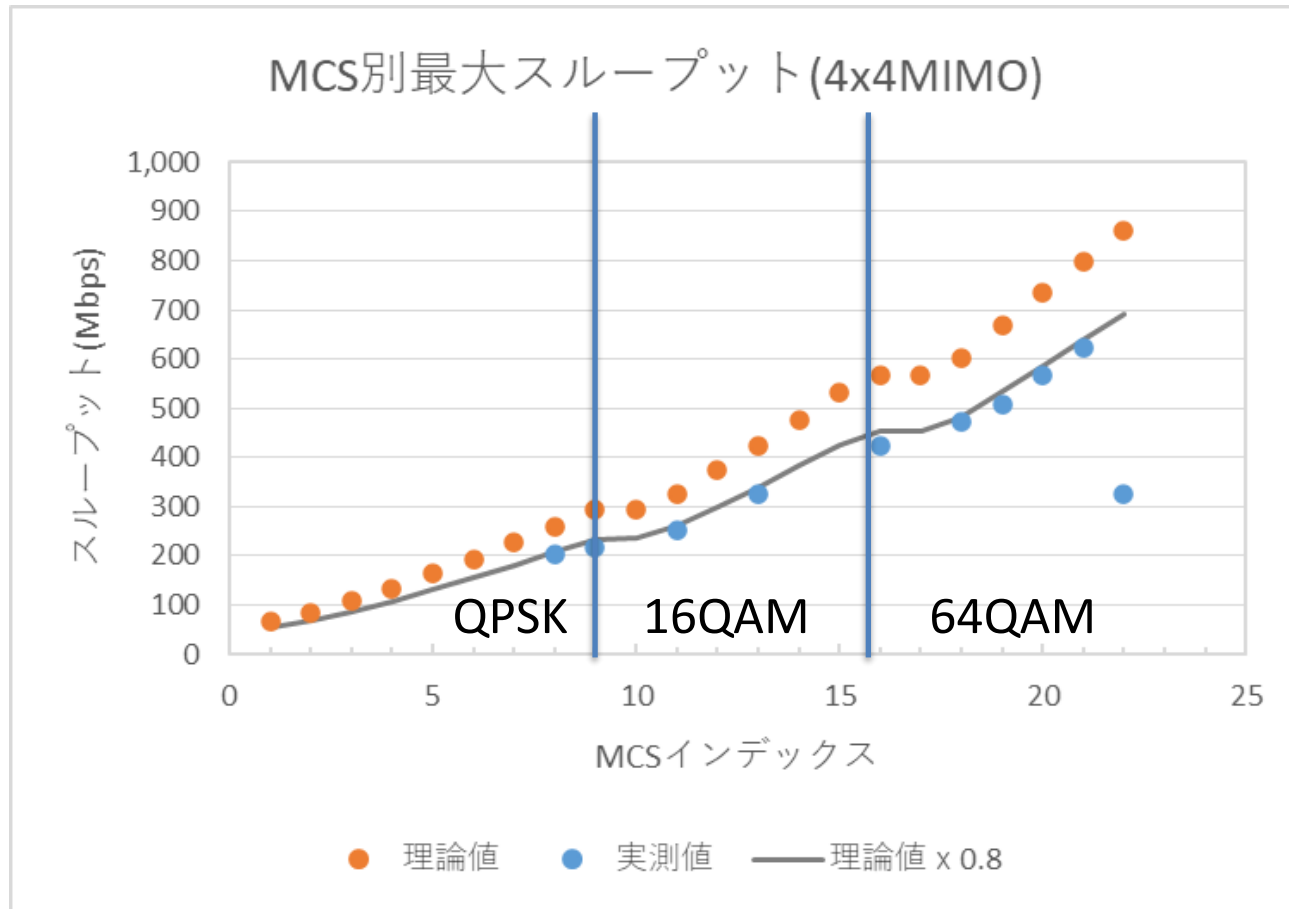
理論値

受信電力 = 送信電力 - 伝搬損失量 (Loss)

$$\text{Loss(dB)} = 20\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)$$

- 基地局からの距離は以下の通り
702号室：79.5m
- 送信電力に対する受信電力の関係は、ほぼ理論値通り
- 受信電力がMCSによらないことを確認

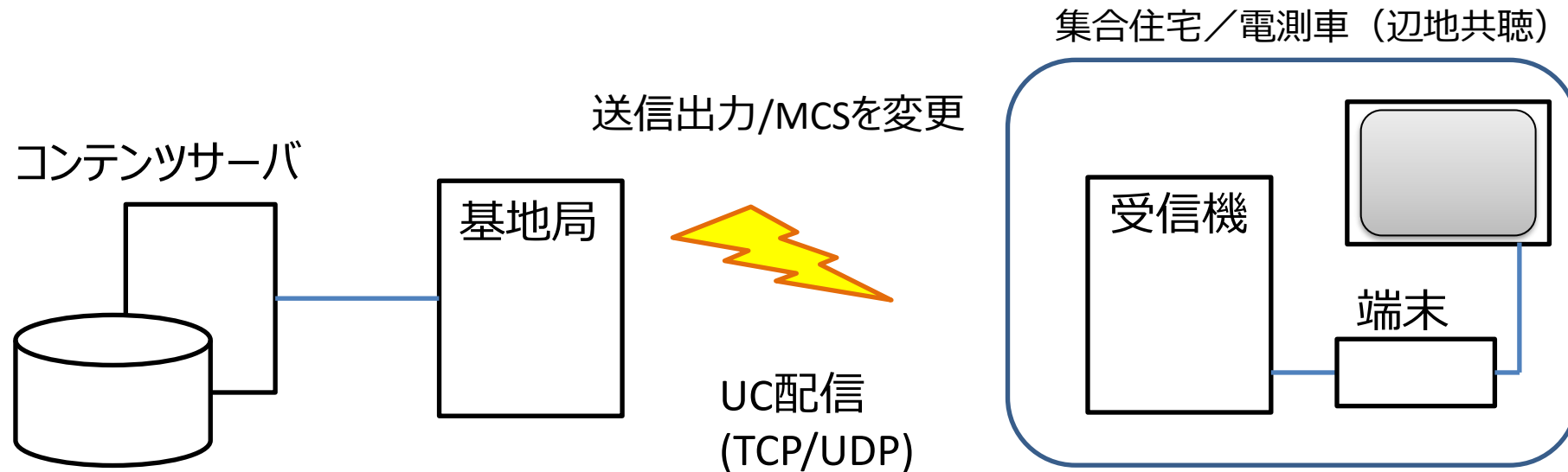
MCS対スループットの例(A社基地局)



- A社基地局の最大出力30dBmにて、各MCSのUDP/IPのスループットを測定
- 理論値の**約8割**の結果を示している (Max 600Mbps)
- MCS22でスループットが急激に落ちてきていることから、この環境での限界はMCS21 (**64QAM**)であると推定

受信映像の総合評価

- 対象：集合住宅、辺地共聴
- 内容：UDP(誤り訂正符号付)とTCP(パケット再送付)の受信映像の視聴確認
-



複数の誤り訂正符号(AL-FEC)量のコンテンツを準備

送信出力、AL-FEC量、MCSをパラメータとして視聴

受信映像の総合評価の例(A社基地局)

基地局	端末		スループット UDP/IP Mbps	視聴確認 (UDP)														視聴確認 (TCP)		
	出力 (dBm)	RSRP (dBm)		SINR (dB)	AL-FEC(%)															
					0	10	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40		100	
30	-84	29	561	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	
25	-92	28	564	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	UDP対応化						◎	○	
20	-94	26	561	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎							◎	◎	◎
18	-95	26	560	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	
17	-97	25	559	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	
15	-99	24	560	○	○	TCP補完可						○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○
14	-99	23	530	○	○							○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	-101	23	545	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	○		
11	-103	20	281	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	
5	-109	15	221	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

- スループットが最大値の間でも視聴可能とするにはAL-FECの調整が必要
- スループットが最大値の半分よりも大きい間は、AL-FECの割合を増やすことで視聴可能
- UC/UDPで視聴不可でも、UC/TCPにて視聴可能となることを確認(2dB改善)
 - ◎ 視聴可(UDP)、○ 視聴可(TCP)、△ 不安定、× 視聴不可

MCSとAL-FECの最適な組み合わせ例

- 受信映像の総合評価の結果を、受信電力の範囲で振り分け
- ペイロード最大化の下、最適なMCSとAL-FECの組合せを決定

RSRP (dBm)	MCS9				MCS16				MCS20			
	ペイロード (Byte)	AL-FEC (%)	スループット (Mbps)	視聴可否	ペイロード (Byte)	AL-FEC (%)	スループット (Mbps)	視聴可否	ペイロード (Byte)	AL-FEC (%)	スループット (Mbps)	視聴可否
~-94	115	22	223	○	218	22	435	○	255	18	561	○
-94~-97	115	22	223	○	218	22	435	○	248	20	560	○
-97~-99	115	22	223	○	218	22	435	○	217	30	560	○
-99~-103	115	22	223	○	218	22	435	○	181	40	545	○
-103~-105	115	22	223	○	218	22	435	○				×
-105~-107	115	22	223	○	212	24	435	○				×
-107~-109	115	22	223	○	205	26	431	○				×
-109~-115	115	22	223	○	103	26	217	○				×
-115~-119	79	30	170	○				×				×

例えば、受信電力が-94~-97dBmの範囲では、ペイロード長248 Byteが最大なので、MCS20とAL-FEC20%が最適な組合せとなる。

まとめ①

●実証実験により以下の結果

検証項目	実証実験集約	
無線区間検証 (使用した基地局/受信機の評価)	無線特性の把握	
	最大基地局端末間距離	本実証実験環境で距離80～200mで受信電力を測定するとともに伝送映像が距離150mまで良好であることを確認
	最大変調指数 (MCS)	変調度QPSK～256QAMでスループット測定し、本実証実験環境では、MCS21(64QAM)が限界。256QAMは難しい
	スループット	スループットは、理論値の70～80%程度。MAXは600Mbps程度(64QAM)
総合検証 (集合住宅・辺地共聴 (電測車) での受信映像評価・確認)	映像伝送品質の確保	
	誤り訂正符号(AL-FEC)量	ペイロードに対して20～40%程度のAL-FECを付加することが映像伝送品質確保の上で有効
	無線状況に基づくBC配信からUC配信の切り替え	無線状況が悪化した場合、TCP配信(パケット再送付)の補完により視聴限界受信電力を2～4dB程度低減可能
	MCSとAL-FECの最適な組み合わせ	受信入力レベル(距離に相当)毎にペイロード最大化の下、最適なMCSとAL-FECの組合せを決定

まとめ②

- 本実証実験と、これを補うために開発したローカル5Gシミュレータにより得られた知見に基づき、ケーブルテレビ事業へのローカル5GによるIP放送実用化指針となる運用ガイドラインをまとめた

章	内容
1. はじめに	ガイドライン策定の背景・目的とガイドライン概要
2. ローカル5GによるIP放送システムの全体構成と適応型MBMS技術	ローカル5G放送システム全体構成、 適応型MBMSとモデルシステム
3. ローカル5Gシミュレータ	基本構成と機能（シミュレータ構成、実証実験環境のシミュレーション例） 各種パラメータ分析（基地局パラメータ最適化、伝送パラメータ最適化）
4. 実証実験結果	実験構成（実験システム構成、実験概要） 実験結果（無線性能測定に基づく受信映像の総合評価、チャンネル切替え遅延時間測定）
5. 業界提言	運用システムパラメータ 業界提言
添付1. 5G適応型MBMSモデルシステム仕様	ラボで2021年度作成されたローカル5Gによるケーブルテレビ事業者のための多チャンネル映像配信サービス実現を目的としたモデルシステム仕様について詳述
添付2. IP配信システム構築ガイドライン	ラボで2021年度発行されたユニキャストによるIP映像配信サービスのためのシステム構築の構成要素・高度化・今後の展望について詳述

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）