

令和3年度

課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

大型複合国際会議施設におけるポストコロナを見据えた
遠隔監視等による安心・安全なイベントの開催

成果報告書概要版

令和4年3月25日

株式会社野村総合研究所

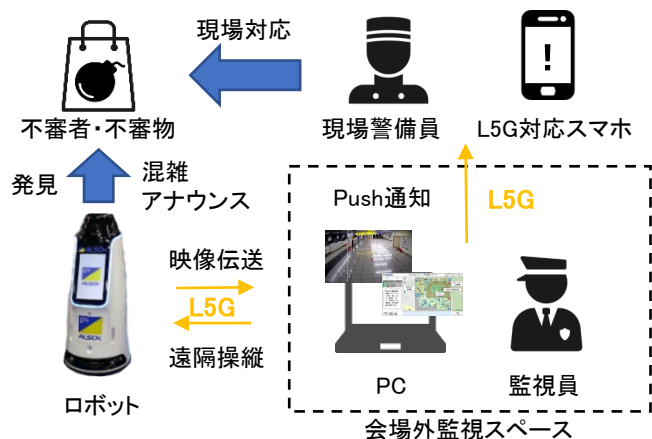
実証概要

実証概要 ~ 大型複合国際会議施設におけるポストコロナを見据えた遠隔監視等による安心・安全なイベントの開催 ~

背景・目的	<ul style="list-style-type: none"> ポストコロナ時代の大型複合国際会議施設での安心・安全なイベント開催においては、警備品質の向上と効率化、感染予防対策の実施、イベントのハイブリッド化が必要といった課題が存在する。 そこで、ローカル5Gを活用し、安心・安全なハイブリッド型イベントに向け、遠隔ロボット監視システム、混雑検知システム、これらを連携させたロボットによる混雑アナウンスシステム、及び遠隔同期演奏システムの実証を実施する。 本実証を通じ、ローカル5Gを活用して、ポストコロナ時代における、来場者・施設管理者・主催者・出展者にとって安心・安全なイベント開催を実現するための方策や課題を明らかにすることを旨とする。⇒大型複合国際会議施設として、パシフィコ横浜ノースを実証実験の場に設定。
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> パシフィコ横浜ノースの1階多目的ホール・2階ガーデンラウンジにローカル5Gネットワーク環境を構築する。電波伝搬特性に関する各種技術計測の結果を分析し、本施設の特徴である大規模・多様な構造を持つ空間でローカル5Gがより安定的に性能を発揮できるための知見を得る。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 構造が異なる複数ホールの建物侵入損を考慮した電波伝搬モデルの精緻化、同期局と準同期局の実機を用いた共用検討を実施する。 ✓ 周波数: 4.7-4.8GHz帯、4.8-4.9GHz帯(各100MHz) 構成: SA方式 利用環境: 屋内 以下の各システムについて、その効果や機能、運用に係る検証を実施する。 また、以下のシステムを同時に複数稼働させた際の挙動性についても検証を行うことで、マルチアプリケーションの実現性も評価する。

遠隔ロボット監視システム

- ✓ 遠隔操縦、遠隔監視により、警備品質の向上と効率化を実現
- ✓ さらに混雑検知システムと連携し、自動走行と混雑アナウンスを行うことで利用シーンの拡大を図る



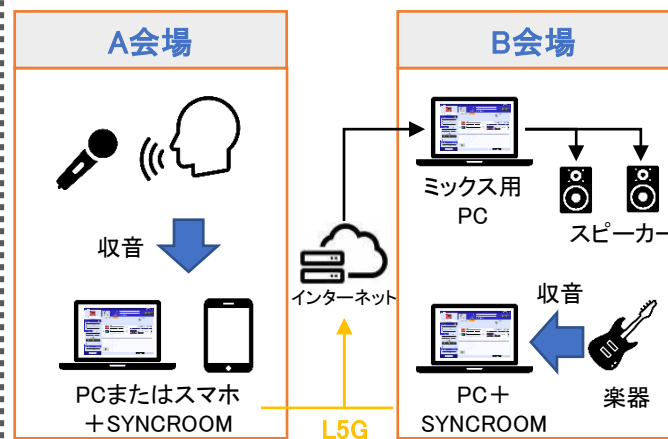
混雑検知システム

- ✓ 会場内での混雑検知や来場者への通知、分散促進を簡易な機器で実施できる
- ✓ 施設管理者は人数管理をでき、開催側に来場者の属性情報等の価値提供ができる



遠隔同期演奏システム

- ✓ 遠隔での同時演奏を同期させることで、遠隔にいるアーティストとのセッションを実現させる
- ✓ 飛沫の飛散が懸念されるボーカルのみ別会場とする感染対策を講じ、イベントを開催できる



実証概要 ~大型複合国際会議施設におけるポストコロナを見据えた遠隔監視等による安心・安全なイベントの開催~

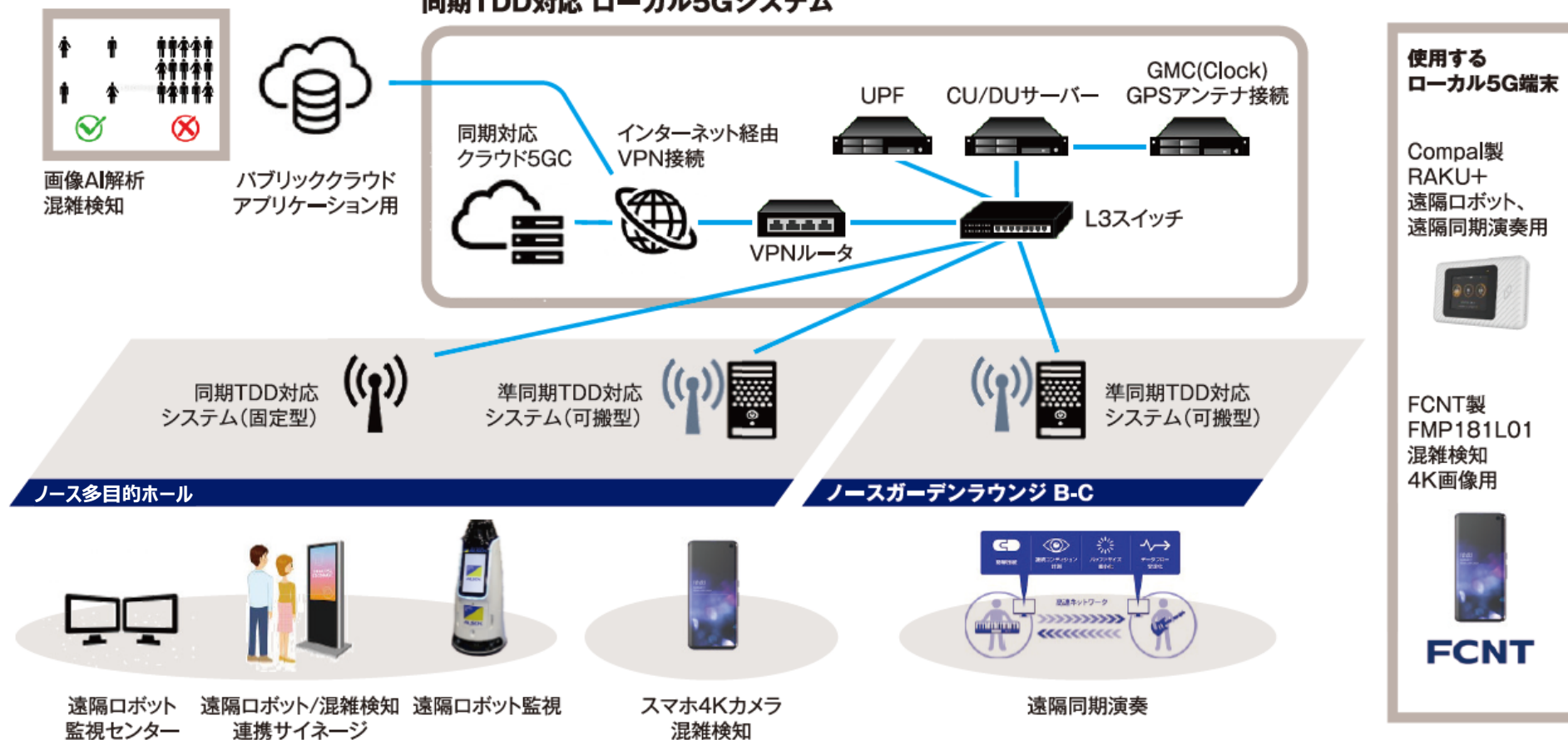
同期対応TDDシステム (NEC製)

項目	諸元
利用周波数帯	4.8GHz-4.9GHz 100MHz幅
最大出力	33.6dBm (2.29W)/アンテナ 36.6dBm (4.58W)/局
スループット規格値	UL 60Mbps/DL 700Mbps

準同期対応TDDシステム (FLARE SYSTEMS製)

項目	諸元
利用周波数帯	4.7GHz-4.8GHz 100MHz幅
最大出力	+23dBm (200mW)
スループット規格値	UL 220Mbps/DL800Mbps

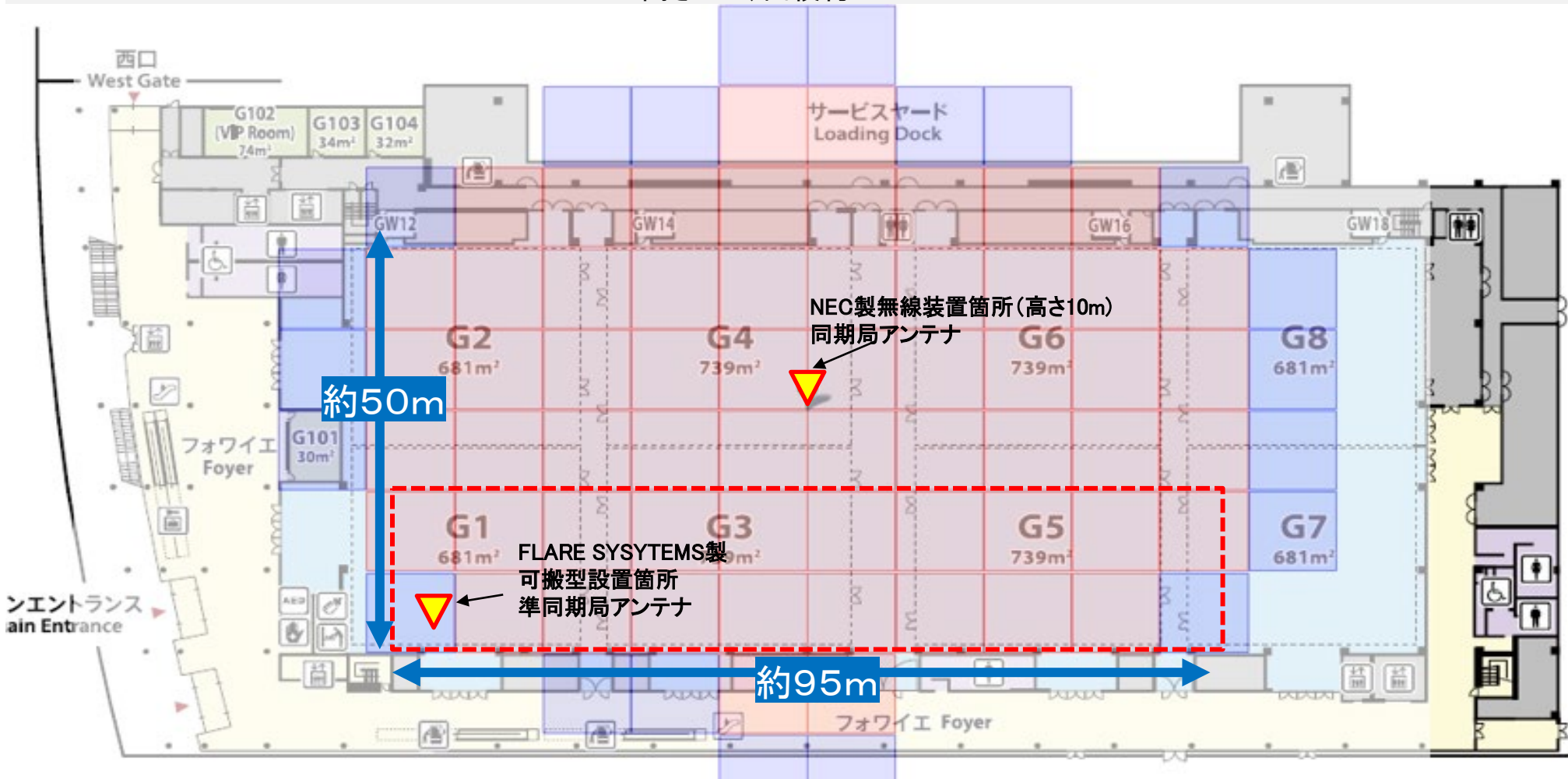
同期TDD対応 ローカル5Gシステム



実証環境の構築

実施環境 パシフィコ横浜ノース1F 多目的ホール

高さ10m、面積約6300㎡

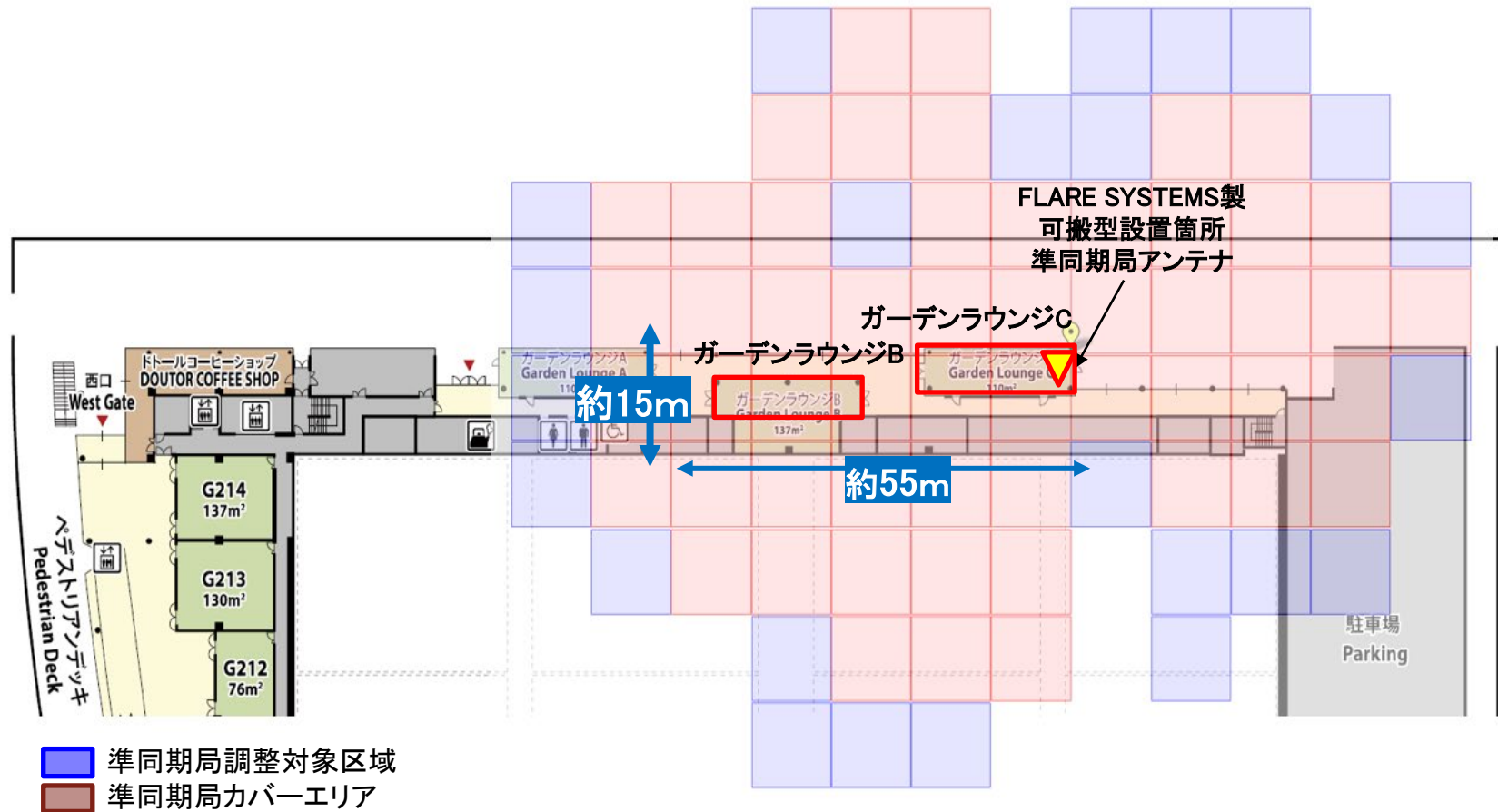


- 同期局調整対象区域
- 同期局カバーエリア

同期局/準同期局重複エリア

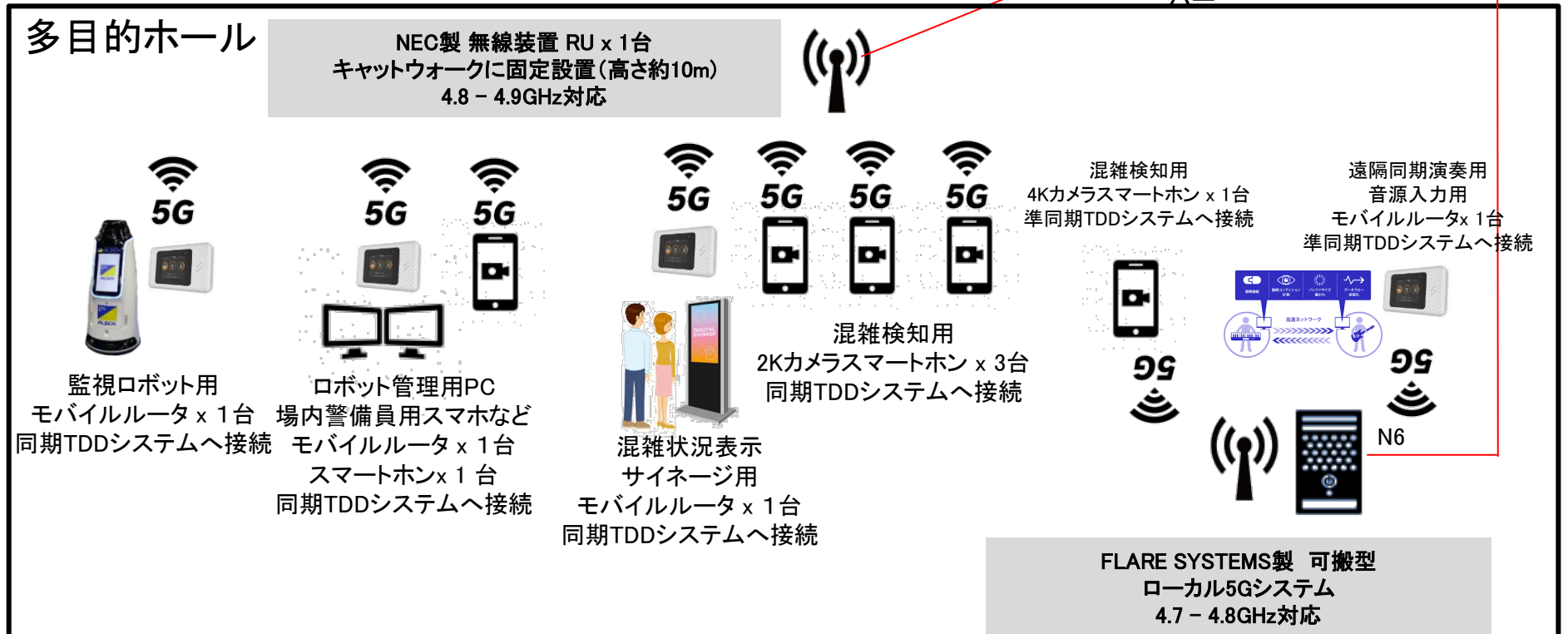
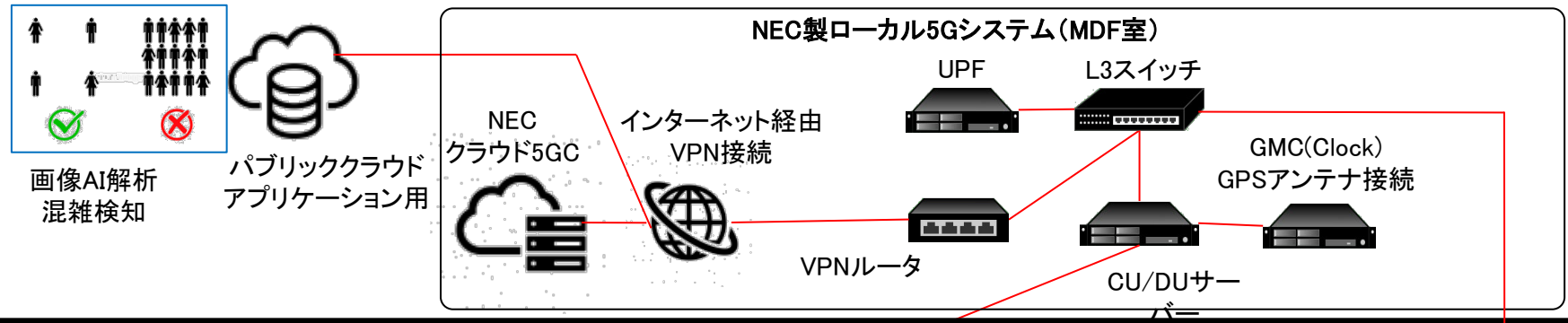
実施環境 パシフィコ横浜ノース2F ガーデンラウンジB/C

ガーデンラウンジB(137㎡) / ガーデンラウンジC(110㎡)



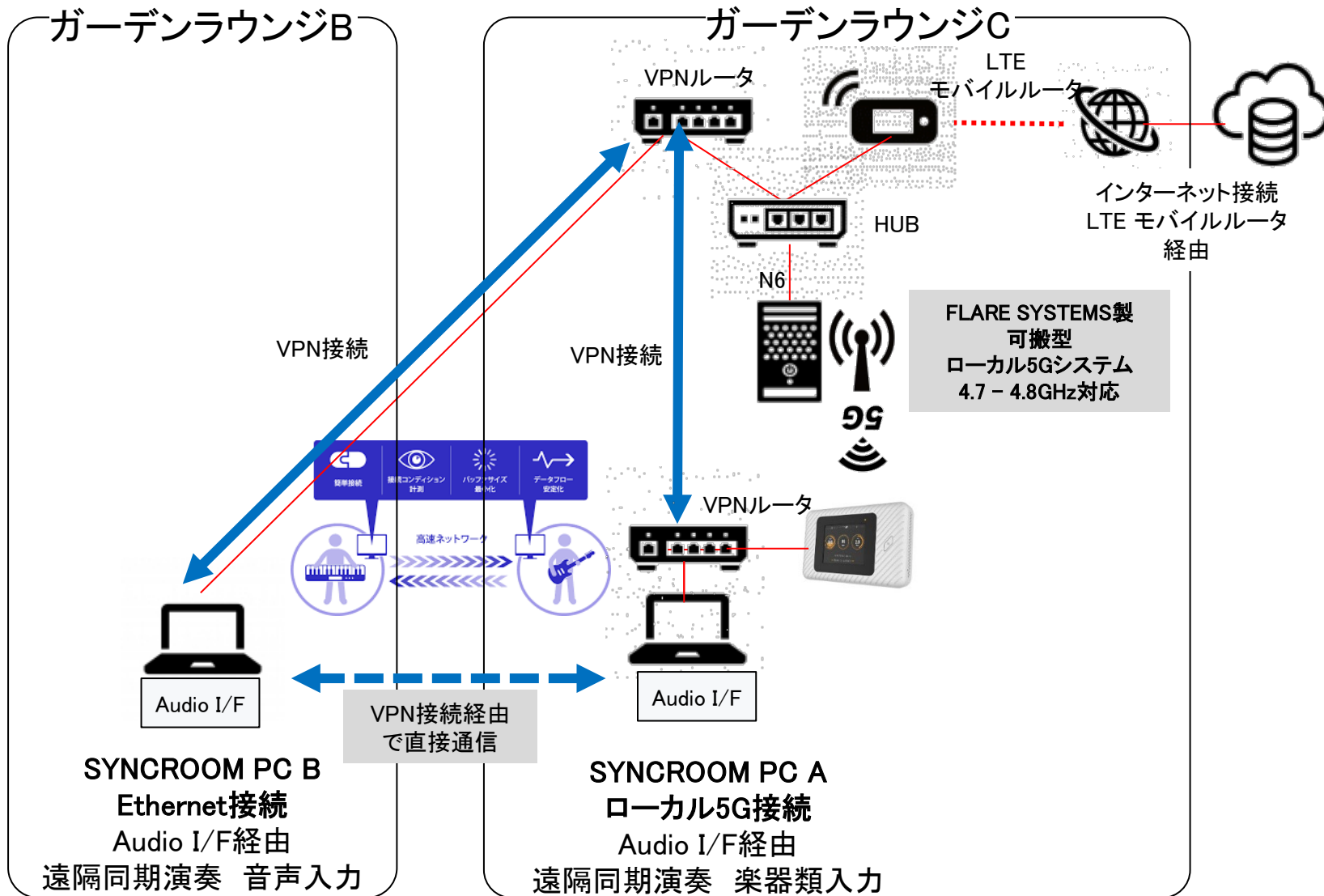
ネットワーク・システム構成 ノース 多目的ホール(お城EXPO2021期間)

課題実証: マルチアプリケーション実施時のネットワーク構成



ネットワーク・システム構成 ノース ガーデンラウンジB/C

課題実証: 遠隔同期演奏実施時のネットワーク構成



システム機能・性能・要件

	基地局A	基地局B
	(MB5400-R7790-81)	(FW-L5G-1)
製造ベンダ	NEC社	FLARE SYSTEMS 社
台数	1台	1台
設置場所(屋内/屋外)	屋内	屋内
パシフィコ横浜 ノース設置場所	・ノース 多目的ホール (混雑検知、監視ロボット)	・ノース ガーデンラウンジC (遠隔同期演奏) ・ノース 多目的ホール (混雑検知、遠隔同期演奏)
同期/準同期	同期	準同期
UL:DL比率	1:4	準同期TDD3
周波数帯	4.7GHz帯	4.7GHz帯
SA/NSA	SA	SA
UL周波数	4.8~4.9GHz	4.7~4.8GHz
DL周波数		
UL帯域幅	100MHz	100MHz
DL帯域幅		
UL中心周波数	4849.98MHz	4749.99MHz
DL中心周波数		
UL変調方式	DL:256QAM UL:64QAM	DL:256QAM UL:256QAM
DL変調方式		
MIMO	2×2MIMO	2×2MIMO

免許及び各種許認可

■免許申請

本実証に必要なとなる免許申請は株式会社JTOWERより関東総合通信局 陸上第一課に令和3年11月5日に申請を行い、令和3年11月16日に免許交付された。

無線局の種別及び局数	実験試験局16局
識別信号	パシフィコよこはまじっけんきち1~2 パシフィコよこはまたんまつ1~14

実証環境の運用 運用体制

株式会社JTOWERにて専任の運用担当者および1次対応窓口を配置し技術実証、課題実証実施時に発生する実証に影響のある不具合に対応し、一元的な不具合の切り分けと、早急な通常状態への復旧を行った。

運用体制期間 12月6日～12月19日(実証準備および実証実施期間)

ローカル5Gシステムの通信機能提供開始後からパシフィコ横浜ノースで開催されたお城EXPO2021開催期間中は以下の運用体制にて課題実証の事前準備、お城EXPO2021での本番実証中のローカル5Gシステムの不具合、障害等に対応した。

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| ・JTOWER 1次対応窓口、障害対応 | 9:00 - 19:00 2名常駐 |
| ・NECネットエスアイ | |
| NECローカル5Gアラームモニタ監視、障害対応 | 9:00 - 19:00 2名常駐 |
| FLARE SYSTEMSローカル5G障害対応 | 9:00 - 19:00 1名常駐 |

ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討 (技術実証)

ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■課題解決システム利活用環境における技術的課題

大型複合国際会議施設内においてローカル5Gを活用したマルチアプリケーションを想定した通信環境の構築にあたり、1F多目的ホール、並びに2Fガーデンラウンジにおいて現行の無線局免許審査基準に示されるカバーエリア、干渉調整区域の算出によって得られるエリアとは異なることが想定され、先行事業者との干渉調整を簡易にするためにもエリア算出式を実態に近づける必要がある

■実証目標

- ・1F多目的ホール、及び2Fガーデンラウンジにおけるローカル5Gシステムのカバーエリア、調整対象区域の算出式より求めたエリアと実測定結果の比較、差分の検証を行う
- ・実証されるユースケースごとの伝送性能(スループット、遅延)を確認し、実装する上で必要となる所要伝送性能との比較を行う

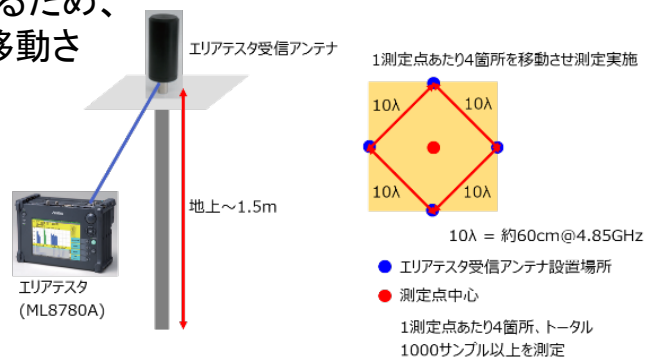
■実証前の仮説

- ・カバーエリア、干渉調整区域算出式におけるパラメータは以下を使用
R=16.2(1F多目的ホール)、4.4(2Fガーデンラウンジ)、S=市街地 0(全エリア)

■実証内容

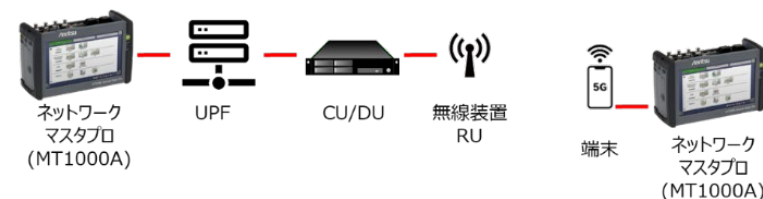
受信電力(SS-RSRP)の測定

定在波の影響を避けるため、1測定点あたり4箇所移動させ測定を実施



DL/UL別スループット、遅延の測定

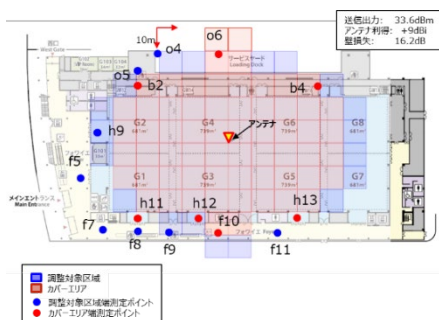
IP通信による遅延測定に必要最小限の構成で遅延測定を実施。構内LAN、外部インターネットなどローカル5Gシステム以外の遅延要因を排除し、ローカル5Gシステムに閉じて遅延測定が可能。



ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■実証結果と分析・考察

1F多目的ホール エリア端での受信レベル測定を実施

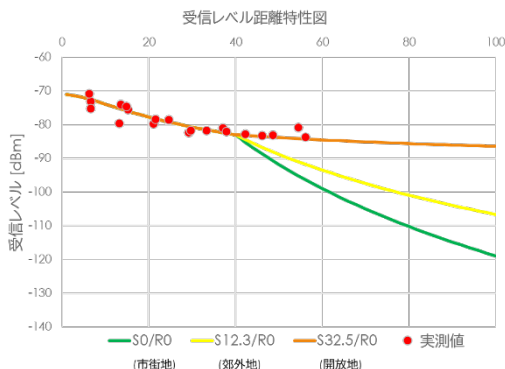


<結果>

- ・エリア閾値より測定値の方が20~30dB高い

<考察>

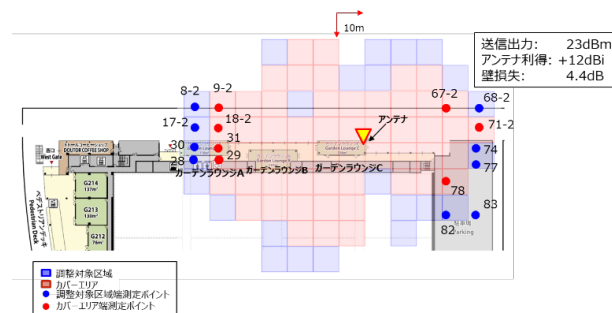
- ・算出式 $R=0$ の受信レベル距離特性と多目的ホール内壁損失なしの測定値を比較
- ・S補正值の影響がある40m以上で開放地 $S=32.5$ の算出式と測定値に近い値



市街地 $S=0$ ではなく、開放地 $S=32.5$ を適用する必要あり

<結論> 無線局免許審査基準において屋内でのS値規定はないが、屋内大規模エリアにおいては開放地 $S=32.5$ を適用し、カバーエリア、干渉調整区域の算出を行うことが適当

2Fガーデンラウンジ エリア端での受信レベル測定を実施

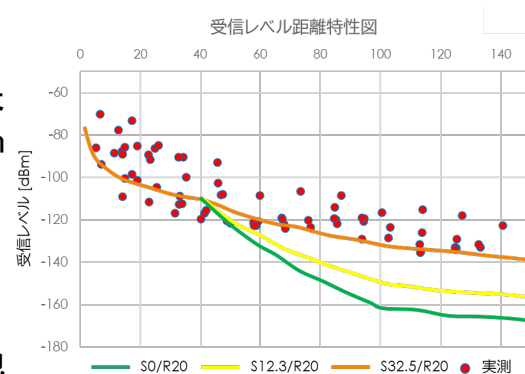


<結果>

- ・エリア閾値より測定値の方が10~30dB高い

<考察>

- ・R補正值のみの影響がある40m以内で約20dBの損失
- ・S補正值の影響がある40m以上で開放地 $S=32.5$ の算出式に20dBの損失補正すると測定値に近い値



市街地 $S=0$ ではなく、開放地 $S=32.5$ を適用する必要あり

<結論> 無線局免許審査基準において屋内でのS値規定はないが、屋内のガラス壁1枚を隔てて屋外に見通しのきくエリアにおいては開放地 $S=32.5$ を適用し、カバーエリア、干渉調整区域の算出を行うことが適当

ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

1F 多目的ホール NEC製ローカル5Gシステムのスループット、遅延測定を実施

測定項目		各課題実証実施エリアの測定結果	遠隔ロボット監視システム 要求性能	混雑検知システム (スマホカメラ用) 要求性能	混雑検知システム (サイネージ用) 要求性能
スループット	DL	326 ~ 345Mbps	数Mbps	-	数10Mbps
	UL	42 ~ 49Mbps	10Mbps	5Mbps 3台 =15Mbps	数10Mbps
遅延	DL	10 ~ 110ms	-	-	-
	UL	14 ~ 68ms	-	-	-

〈考察〉 遠隔ロボット監視システム、混雑検知システムの課題実証実施エリアで要求されるスループットを満足していることを確認できた。

2Fガーデンラウンジ FLARE SYSTEMS製ローカル5Gシステムのスループット、遅延測定を実施

測定項目		課題実証を実施した ガーデンラウンジB、C内の測定結果	2地点遠隔同期演奏システム 課題実証要求性能
スループット	DL	222Mbps	3Mbps / 拠点、2拠点合計 6Mbps ステレオ48kHz非圧縮音声データ
	UL	25~74Mbps	3Mbps / 拠点、2拠点合計 6Mbps ステレオ48kHz非圧縮音声データ
遅延	DL	9~65ms	エンドエンド遅延 20msec未満
	UL	135~1112ms	

〈考察〉 2地点遠隔同期演奏システム課題実証で要求されるDL/ULスループット、DL遅延は満足できたものの、UL遅延については満足できない結果となった。今回のネットワークマスタープロ(MT1000A)による遅延測定では、回線負荷量として基地局アンテナ近傍で測定された最速のスループット(UL=74Mbps)を設定したため、測定遅延量が大きくなった可能性があると考えられる。

〈今後の課題〉 低遅延を必要とするソリューションにおいては、要求スループットを想定した回線負荷量での検証を行うなどによって、使用する無線機との間での最適化を図ることが必要と考えられる。

電波伝搬モデルの精緻化

■課題解決システム利活用環境における技術的課題

ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定と同様

■実証目標

屋内環境におけるパラメータRの精緻化

■実証前の仮説

1F多目的ホール: No.01、No.02 電波伝搬シミュレータのコンクリート[Light]減衰量16.2dB、開放地S=32.5を設定

2Fガーデンラウンジ: No.03、No.04 電波伝搬シミュレータのガラス減衰量4.4dB、開放地S=32.5を設定

■実証内容

精緻化Rの算出方法

・各測定点 i における伝搬損失の実測値 $L_{mes.}(i)$ と算出式より求める値 $L_{pred.}(i)$ から計算される以下Eの値が最小となるRを最小二乗法により求める

$$E = \sum_i \{ L_{pred.} + R - L_{mes.} \}^2$$

平均二乗偏差RMSEによる有効性確認

・ $L_{mes.}(i)$ と $L_{pred.}(i)$ に対して以下の式で算出される平均二乗偏差RMSEを求め、精緻化前後の有効性を確認する

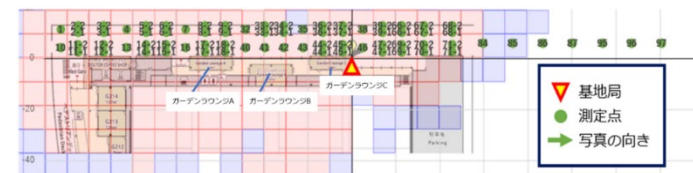
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (L_{mes.}(i) - L_{pred.}(i))^2}{N}}$$

精緻化実施エリア

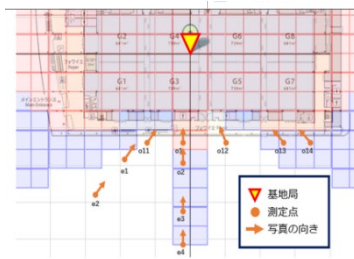
No.01 1F多目的ホール内壁R



No.03 2Fガーデンラウンジ外 ガラス壁R



No.02 1F多目的ホール内壁 + 外壁R



No.04 2FガーデンラウンジB、A内 ガラス壁R



電波伝搬モデルの精緻化

■実証結果と分析・考察

〈精緻化結果(エリア別)〉

No.	エリア	S	R		RMSE	
			精緻化前	精緻化後	精緻化前	精緻化後
01	1F多目的ホール内壁R (LGS(軽量鉄骨)・グラスウール・石膏ボード)	32.5	16.2	5.46	11.36	3.69
02	1F多目的ホール内壁 + 外壁R (LGS(軽量鉄骨)・グラスウール・石膏ボード) (鉄筋コンクリート・Low-E複層ガラス)	32.5	16.2	16.32	6.26	6.26
03	2Fガーデンラウンジ外 ガラス壁R (Low-E複層ガラス)	32.5	4.4	11.36	11.41	9.05
04	2FガーデンラウンジB内 ガラス壁R(合わせガラス)	32.5	4.4	2.92	2.08	1.60
	2FガーデンラウンジA内 ガラス壁R(合わせガラス)	32.5	4.4	-7.26	11.94	2.58

〈考察〉

屋内の特異な場所における精緻化

・ガーデンラウンジA内ガラス壁を挟む箇所においては、測定値が算出式で求める受信電力より高く出ているため、人体損による影響はなく、精緻化後のRがマイナス(損失ではなくゲイン)として現れている。測定受信レベルが高くなる原因は、屋内の細かく仕切られた小部屋や障害物による反射、回折効果によるものではないかと考えており、要因を特定するためには、より多くの測定ポイント、並びに基地局設置位置を変更しての測定が必要と考えている。また、屋内特有の環境においては、算出式にK、S、R以外の新たな補正值パラメータが必要になる可能性がある。

電波伝搬モデルの精緻化

■実証結果と分析・考察

〈精緻化結果(壁材質別)〉 以下壁種別ごとの精緻化されたR値を提案する

周波数	S [dB]	遮蔽物	材質	面積率	R [dB]
4.8-4.9GHz	32.5	内壁1枚	LGS(軽量鉄骨)・グラスウール・石膏ボード	100%	5.46
4.8-4.9GHz	32.5	外壁1枚	鉄筋コンクリート	80%	10.86
			Low-E複層ガラス	20%	
4.8-4.9GHz	32.5	内壁1枚	LGS(軽量鉄骨)・グラスウール・石膏ボード	100%	16.32
		外壁1枚	鉄筋コンクリート	80%	
			Low-E複層ガラス	20%	
4.7-4.8GHz	32.5	壁面	Low-E複層ガラス	100%	11.36
4.7-4.8GHz	32.5	壁面	合わせガラス	100%	2.92

〈考察〉

複数の材質を組み合わせたパラメータRの精緻化

・1F多目的ホール内壁、内壁+外壁2パターンの精緻化により、外壁コンクリート1枚のR値は $16.32 - 5.46 = 10.86$ であることが導出できる。材質ごとにR値を精緻化し、複数枚の壁を挟む環境において加算することで通過した壁トータルの精緻化されたR値を求めることができる。

・屋内対策時のカバーエリア、干渉調整区域の算出におけるR値の設定としての活用が可能。

準同期TDDの追加パターンの開発

■課題解決システム利活用環境における技術的課題

同一エリア内において、遠隔ロボット監視システム等に対応する同期システムのエリアをベースに、混雑検知システムの4Kカメラの高精細映像のアップロード偏重に対応する隣接チャネルの準同期システムを重畳させることにより、多様な目的で使用される大型複合国際会議施設における2つのローカル5Gシステムの共存可能性を導くため、共用条件の検証を実施

■実証目標

- ・共用検討シミュレーションによる干渉検討から算出された離隔距離での実機を使用した干渉量評価を行う
- ・上記離隔距離での伝送性能(スループット、遅延)評価を行い、伝送性能観点での離隔距離導出を行う

■実証前の仮説 共用検討条件

基地局 / 移動局	与干渉 / 被干渉	同期 / 準同期基地局
基地局間干渉	与干渉側	4.8-4.9GHz同期基地局
	被干渉側	4.7-4.8GHz準同期基地局
移動局間干渉	与干渉側	4.7-4.8GHz準同期移動局
	被干渉側	4.8-4.9GHz同期移動局

共用検討シミュレーション結果

干渉条件	帯域内干渉 -110dBm/MHz	帯域外干渉 -60dBm/MHz
	所要離隔距離 [m]	所要離隔距離 [m]
基地局干渉(正対)	322	308
基地局間干渉(併設)	0.18	0.18
移動局間干渉	-	2.2

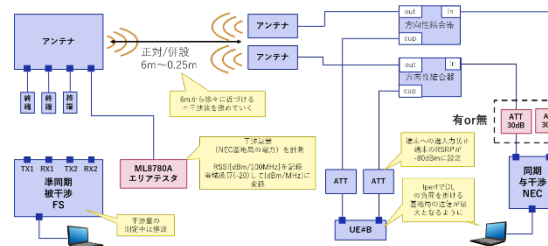
※共用検討シミュレーションは、自由空間損失モデルから導出

■実証内容

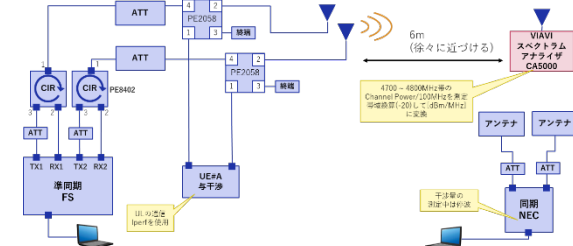
多目的ホール天井に設置した同期局と多目的ホール内に設置した準同期局の離隔距離を自由に変更することが難しく、ラボにおける干渉評価により必要離隔距離導出を実施

- ・基地局間干渉(正対)(併設)
離隔距離による与干渉量、スループット、遅延評価
- ・移動局間与干渉量評価
離隔距離による与干渉量、スループット、遅延評価

基地局間干渉与干渉量評価系



移動局間干渉与干渉量評価系



準同期TDDの追加パターンの開発

■実証結果と分析・考察

〈実証手順〉

- ・共用検討シミュレーション: 実機測定した与干渉局送信電力、送信アンテナ利得、諸損失から帯域外干渉許容干渉電力-60dBm/MHzを満たす離隔距離を自由空間損失モデルから算出
- ・ラボ内実機測定: 被干渉側基地局にてエリアテスタを使用し、干渉量を測定
被干渉側移動局にてスペクトラムアナライザを使用し、干渉量を測定
ラボ内実測値から得られる損失から自由空間損失モデルを使用し、離隔距離を算出

〈共用検討シミュレーション、実機測定による共用可否の考察〉

同一エリア内における隣接チャンネルでの同期、準同期システムについては、基地局間干渉(正対)において考慮が必要なものの概ね共用可能な結果となった

項目	帯域外干渉		考察	
	共用シミュレーション	実測定結果		
基地局間干渉(正対)	離隔距離 [m]	308	284.7	・共用検討シミュレーション離隔距離と実測値で近い値を得ることができた
	干渉量 [dBm/MHz]	-60	-59.3	
基地局間干渉(併設)	離隔距離 [m]	0.18	525.9	・ラボ環境では、反射波の影響が大きく有用なデータを取得できなかった ・実測値からスループットに劣化のない干渉量-68dBm/MHzを導出し、反射波が無い環境下において、アンテナ利得、自由空間損失モデルから上記干渉量となる離隔距離1.69mを導出
	干渉量 [dBm/MHz]	-60	-64.7	
移動局間干渉	離隔距離 [m]	2.2	0.5	・最近接距離0.5mにおいてもスループットの劣化なし
	干渉量 [dBm/MHz]	-60	-65.8	

ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討 (課題実証)

課題実証 ～実証概要～

目指す将来像

ローカル5Gの活用により目指す将来像	将来像の実現に向けた課題	その対応策
ポストコロナ時代における、 <u>安心・安全なイベント開催</u> を実現	A 安心・安全に係る管理業務の高度化	警備力の向上 混雑検知・混雑緩和の実現
	B ハイブリッド型イベントの実現	イベントの分散開催、及び外部配信

実装シナリオ・実証目標

位置づけ	課題実証	ソリューションごとの実証目標	背景課題	解決策(L5G活用のポイント)
警備力の向上	→ <個別> 遠隔ロボット監視システム	ロボットの遠隔操縦、遠隔監視により、 <u>警備品質の向上</u> を実現。	多くの人で混雑した環境下では、 <u>通信輻輳</u> が課題。	<u>ロボットのカメラ映像の伝送、ロボットの遠隔操縦</u> 等にL5Gを活用。
混雑検知・混雑緩和の運用改善	→ <個別> 混雑検知システム	<u>4Kカメラ映像のAI画像解析</u> により、 <u>来場者人数管理の効率化</u> を実現。	コロナ禍においては、 <u>滞在人数の管理</u> が求められるが、工数抑制が課題。	L5Gスマホの <u>4Kカメラ映像の伝送</u> 、来訪者向け <u>サイネージへの映像伝送</u> にL5Gを活用。
	→ <連携> 混雑アナウンスシステム	混雑状況(A-2)に連動し、ロボット(A-1)が自律走行で、スポットでの <u>来場者の分散促進</u> を実現。	コロナ禍においては、会場内各所での <u>来場者の分散</u> が必要であるが、工数抑制が課題。	L5Gのスマホの <u>4Kカメラ映像の伝送</u> 、ロボットへの <u>情報伝送</u> 等にL5Gを活用。
イベントの分散開催	→ <個別> 遠隔同期演奏システム	複数の場所にいるアーティスト同士での同期を取りながらの演奏を無線環境で可能とし、 <u>新たなスタイルでのイベント</u> を実現。	オンラインイベントにおける「 <u>臨場感</u> 」や「 <u>一体感</u> 」醸成が課題。	2部屋で <u>アーティストが演奏する音の双方向伝送</u> にL5Gを活用。
L5G×マルチユース	→ <u>マルチアプリ実証</u>	複数目的での併用を実現。	L5Gは <u>技術面・費用面等から導入障壁</u> が高いと言われる。	上記アプリの <u>同時運用可否</u> を検証。

課題実証 ～＜個別＞遠隔ロボット監視システム[ALSOK]～

実証概要

ロボットの遠隔操縦、遠隔監視により、警備品質の向上を実現

1) 警備力向上観点

- 混雑環境下で、通信輻輳回避の実現性を検証するため、次の検証課題を設定。
 - ① 遠隔操作によるロボットの操縦
 - ② 遠隔監視での不審者・不審物の発見
 - ③ 現場警備員への対処指示
 - ④ 現場警備員による対処の実施

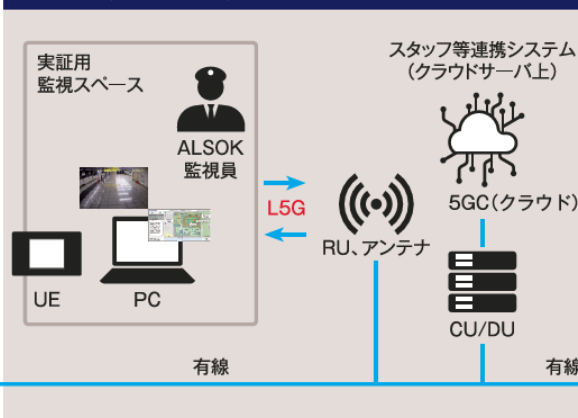
2) レベニューモデル

- 施設利用者にロボットを貸与する⑤レベニューモデルについて仮説を設定し検証。

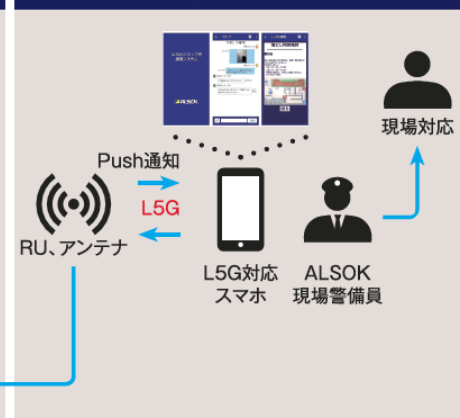
多目的ホールにてロボットを操縦し、不審者・不審物のチェック



監視センター(多目的ホール)にて監視員が映像を確認し現場スタッフへ連絡



多目的ホールにて現場警備員が現場へ駆けつけ対応



ソリューションの有効性等に関する検証結果

効果検証

1) 警備力向上の観点

一連の警備業務において**通信の輻輳を受けないこと**なく運用でき、ヒアリング等*からも総じて良好な結果を得た。

- * 施設管理者、イベント主催者、イベント出展者、イベント来訪者に対し、アンケート、ヒアリング

2) レベニューモデル

ロボット貸出時の価格感度分析から損益分岐点を割り出し、年間のイベント開催頻度をもとに、十分な機会が得られることを確認。

機能検証

1) 警備力向上の観点

①～④について、警備員によるアンケート、数値計測による定量評価、またシナリオ検証を実施。ローカル5Gにより輻輳の影響を受けず、**安定した遠隔監視、遠隔操作、警備員との連携**においてシステムの有用性を確認。

2) レベニューモデル検証

施設管理者等へ基本機能に加え付加機能に対する費用感・ニーズのヒアリングを通じ整理。イベント開催時間外(特に夜間)の自動巡回や、無人格なロボットの利点を活用した応用機能の追加が有用。

運用検証

- ロボット1台による施設警備とイベント時運用を想定し、新たな警備運用方法、業務フロー、運用上あるべきシステム構成について整理。施設管理者へのヒアリングを通じ課題の抽出と各運用項目について評価・検証。
- 施設警備とイベント警備双方の連携**による、従来とは異なる警備運用に係る体制構築の在り方については更なる追求と施設ごとの特性を踏まえた最適な適用方法を選択する必要がある。

課題、解決策の検討

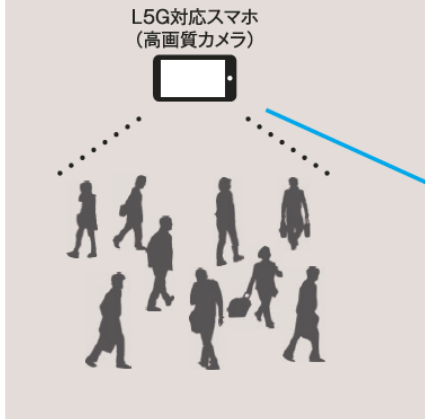
- (運用) 施設警備とイベント警備双方の連携による、従来とは異なる警備運用における施設特性を踏まえた最適な適用方法の更なる追求。
- (技術) 追加機能実装の実現性。ローカル5Gエリア内外のキャリア通信網間とのシームレスな接続。
- (普及) 施設管理者・イベント主催者の双方に対する訴求(メリットと施設管理者による投資・イベント主催者における予算化)。

課題実証 ～＜個別＞混雑検知システム[NRI]～

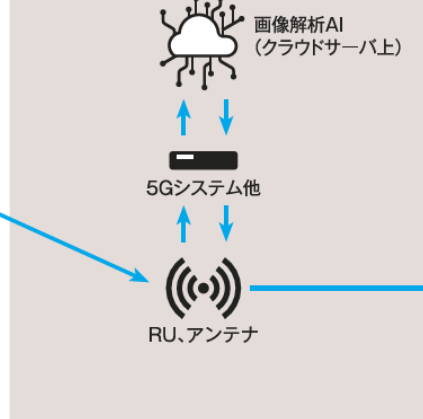
実証概要

- 5G対応のスマートフォンで**イベント会場内の広範囲を撮影**する
- 画像をL5G経由でクラウド上のサーバーにアップロードし、**AIによる解析**を行う
- 解析結果からリアルタイムの会場内の各エリア別の滞在人数や入り口を通行した人数を把握、モニターに表示する
- 閾値を超え混雑を検知**した場合には画面にアラートを表示すると共に、主催者等にメール配信を行う

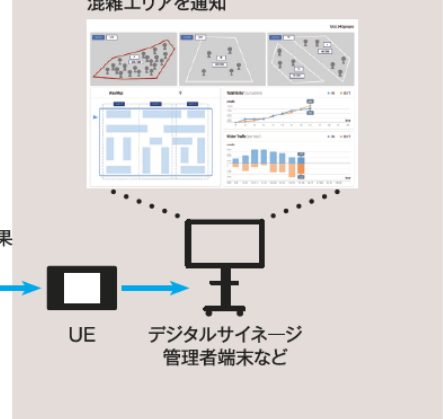
会場内を撮影



AIで混雑状況を解析



解析結果を表示



ソリューションの有効性等に関する検証結果

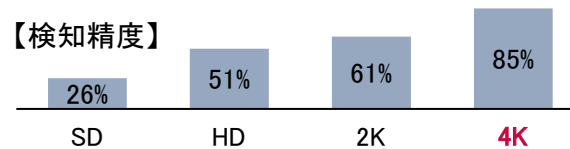
効果検証

- 来場者対象のアンケートでは、認知率は3割程度と低い結果となったが、混雑検知を行っていることにより**安心できたと回答した人が8割**を超えた。
- システム単体で行動変容に繋がる割合は26%程度であった。混雑を回避する人や行きたい場所が空いているタイミングを狙う人が見られた。
- 主催者側へのヒアリングでは、**人数管理にかかるコストの削減の効果**、可搬性であるためイベントに合わせた活用がしやすいとの意見が得られた。

機能検証

- 当初予定した機能については概ね実施できた。
- L5Gの帯域を活用して高精細画像をアップロードし続けられた。4Kの高精細画像を用いることで2K等よりも**検知精度が高まる**ことが確認された。

【検知精度】



※検知精度=システムでの検知人数÷映像を目視で数えた人数
同一の画像を用いて画質を落として検証を実施。

運用検証

- イベントでの活用においては、少ない機材で、イベントに合わせて**簡単に設置して、簡単に撤去**できる点がメリットとして挙げられた。
- 視察をした施設管理者等へのアンケートでは**混雑を事前に予測できる**点に期待が寄せられた。
- 人数を検知できないカメラの死角が発生した。
- 人数管理のコスト削減に繋がる可能性があるとのコメントがあった一方で、システム開発側との調整が負荷となることが明らかとなった。

課題、解決策の検討

- (運用)カメラの死角対策、誰でも簡単に設定ができるようにアプリケーション等の開発を行うことが今後の課題として明らかとなった。
- (普及)来場者への認知向上が課題として残った。来場者に見てもらいやすいUIの設計やモニターの配置等を検討する必要がある。
- (技術)視察をした施設管理者等のアンケートより属性検知等へのニーズがみられ、今後の普及拡大には付加機能の検討が必要である。

課題実証 ～＜連携＞ロボットによる混雑アナウンスシステム[NRI・ALSOK]～

実証概要

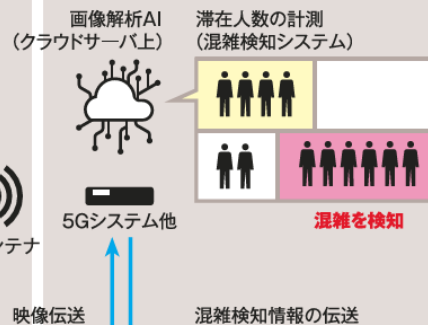
混雑検知システム(A-2)に連動し、ロボット(A-1)が自律走行を行い、スポットでの**来場者の分散促進**を実現

- ・1)混雑検知から混雑アナウンスまで一気通貫での実証
- ・2)イベント終了時アナウンスの実証

多目的ホールにて会場内を撮影



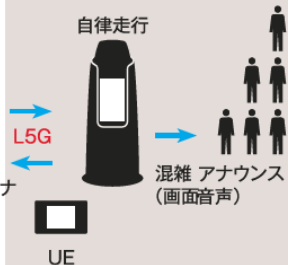
画像解析AIで混雑状況を解析



混雑検知情報を、ロボットへの指令信号に自動変換



指令信号に基づき、自律走行。移動後周辺来場者に呼びかけ



ソリューションの有効性等に関する検証結果

効果検証

ロボットアナウンスによる来場者の反応を記録、施設管理者へのヒアリングにより検証。

- ・ 固定型サイネージと比較し、移動型であるため **来場者への情報発信機会は増加**し有用。
- ・ サイネージ機材数を低減できる反面、音声や表示による**アナウンス方法に工夫の余地**あり。
- ・ 混雑閾値設定では、**過度な混雑後ではロボットが移動困難となるため工夫の余地**あり。

※混雑閾値を超過することがなかったためイベント時間外にて実施。

機能検証

混雑検知システムからロボット監視システムへの連携が適切に行われることを検証。

- ・ 混雑検知システムのトリガによりロボットが所定エリアへ自律走行、アナウンスを行いホームポジションへ自動帰還することを確認。
- ・ 施設管理者等へのヒアリングにて、追加機能として、**混雑状況下での移動の在り方、効果的なアナウンス**(音声や画面表示)、**会話機能**(チャットボットやインターホン)などが挙げられた。

運用検証

実運用を想定、施設管理者、施設利用者等へのヒアリング、システム提供者、警備会社等を含めた意見交換を通じ、運用フローを整理し検証。

- ・ 営業(サービス訴求)、運用準備、運用時、トラブル、運用後、保守・維持管理の各フェーズでの実施事項・留意事項について整理。
- ・ 混雑検知条件、ロボット走行条件等のイベント主催者との入念な事前協議と**混雑閾値設定**が肝要となる。

課題、解決策の検討

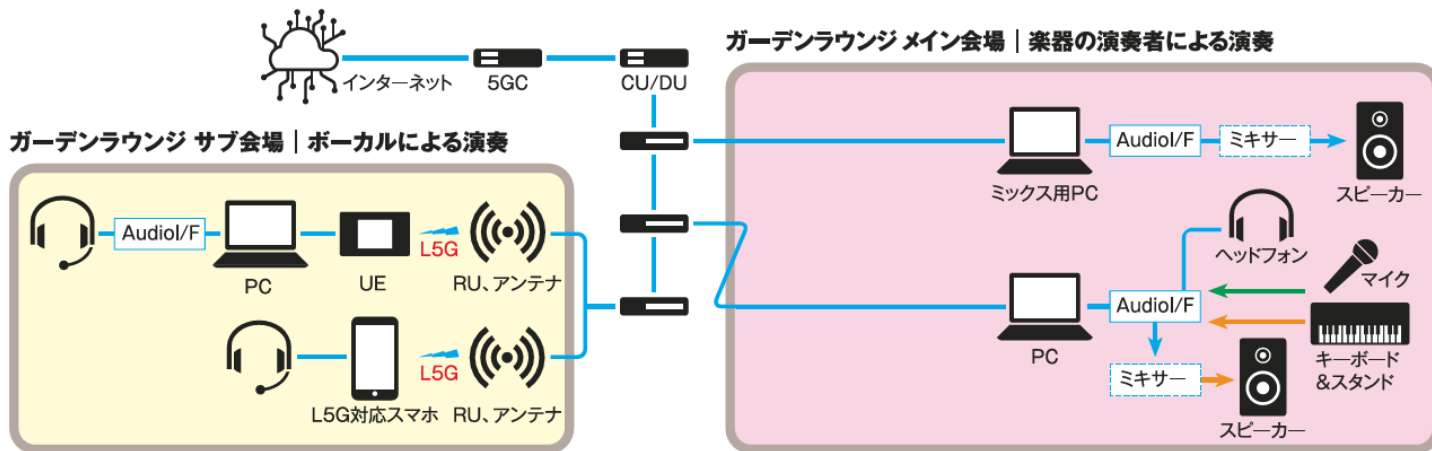
- ・ (運用)混雑状況下では特に、ロボットを走行させるタイミングや走行ルートの継続検討(会場外や専用ルートの走行等)。
- ・ (普及)異なる提供者のソリューションを連携し、ビジネスベースで提供するためのスキームの継続検討。

課題実証 ～＜個別＞遠隔同期演奏システム[ヤマハ]～

実証概要

- 施設内2地点での遠隔同期演奏を実施した場合における、音響の伝送速度の低遅延性、及び音響の伝送時の安定性、ローカル5Gネットワークを導入した場合の演奏準備の効率性を実証する。
- パシフィック横浜ノース ガーデンラウンジB・Cの2会場を有線LAN/ローカル5G網で繋ぎ、両者に演奏者を配置して遠隔での音楽セッションを行わせ比較検証する。

ヤマハ株式会社が開発した低遅延音声伝送技術を用い、ローカル5G下の2拠点を結び、同期演奏を行う。



ソリューションの有効性等に関する検証結果

効果検証

- 「演奏者」「施設管理者」「PA業者」の視点から、システムの効果を評価・検証。設問型アンケート形式による評価の定量化に加え、個別インタビュー形式によるヒアリングを実施。
- 演奏者評価: 遅延は感じるが**演奏許容範囲内**。
- 施設管理者、PA業者: 高い期待、合唱・グループ音楽での利用可能性評価。

機能検証

- 2PC間のネットワーク時間計測と、出力音声の時間を計測し、遅延およびジッタ発生頻度を計測。
- ローカル5G(downlink)の遅延**は平均30msec/最大40msec以下、遠隔同期演奏の**許容範囲内**であることを立証。
- ローカル5G(uplink)の遅延**は平均50msec以上/最大100msec以上とばらつきが大きく、遠隔同期演奏の**要件未達**。

運用検証

- 施設管理者、PA業者、演奏者、通信業者の観点で自由記述型のアンケート及びヒアリングにて評価を実施。
- 施設管理者側からは、**工事業者の削減とレイアウト変更の容易化**が図られ、施設の回転率向上や新たな提案に繋がることを確認。
- 複数会場の音響調整面での課題、通信面での**P2P通信と遅延改善の課題**を抽出。

課題、解決策の検討

- (運用) 多拠点での遠隔同期演奏の準備・運用を簡略化するための音響機器構成の検討・提案
- (技術) 遠隔同期演奏の条件を満たすためのアップリンクの遅延改善の検討、ジッタ発生量低減のための使用機器および電波受信エリアの再検証実施の検討

課題実証 ～マルチアプリケーション実証～

実証概要

- パシフィコ横浜ノース1階の多目的ホールにおいて、同期対応TDDシステム(NEC製)のローカル5Gネットワークと準同期対応TDDシステム(FLARE SYSTEMS製)のローカル5Gネットワークを混在させた環境下において、**3つのアプリケーション**(遠隔ロボット監視システム、混雑検知システム、遠隔同期演奏システム)を**同時に作動**させた状態、即ち通信環境に対して最大負荷を掛けた状態においても、これらアプリケーションを同時に不都合なく運用できるような機能水準を維持できることを確認する。

ソリューションの有効性等に関する検証結果

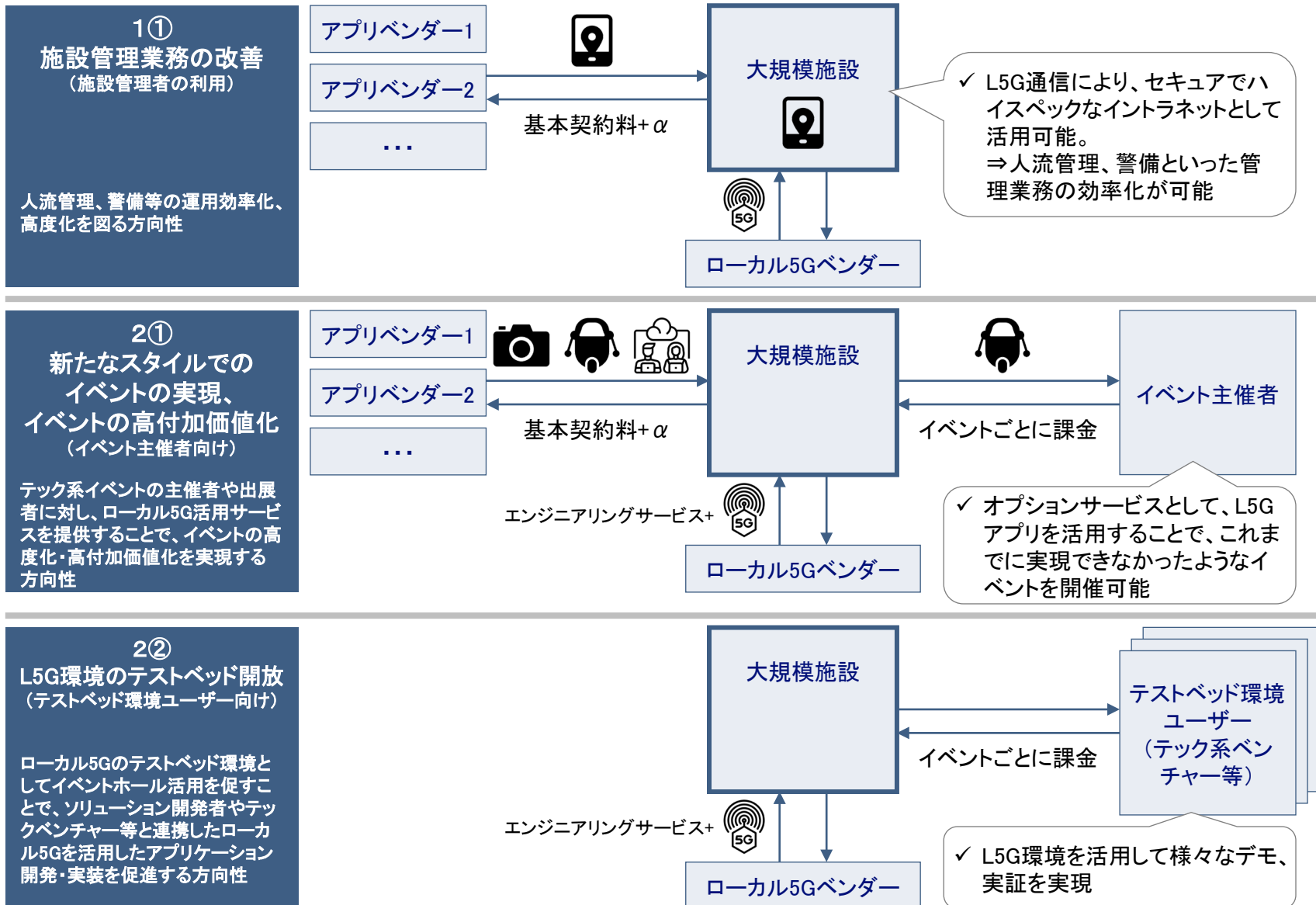
効果検証	機能検証	運用検証
<p>施設管理者等へのヒアリング等により検証。</p> <ul style="list-style-type: none"> イベント企画者への発注機会の増加:警備、人数管理/混雑管理、楽器演奏の高度化を同時に充足させるべきイベントは現時点では限定的であるが、屋内音楽フェス等は可能性がある。 安心・安全ブランドの向上:複数組合せでイベント主催者へのメニュー提示が可能な点は有用。 	<p>実地実証により検証。</p> <ul style="list-style-type: none"> 遠隔ロボット監視システム:映像視認性、遠隔制御の操作性、接続安定性の面で問題なし。 混雑検知システム:4K映像のアップロード動作に問題なし。 遠隔同期演奏システム:2つのローカル5Gシステムが混在する環境下でも、正常に稼働。ただし、単体実証でも課題であったローカル5Gのアップリンク方向の遅延、及び遅延秒数のばらつき(ジッタ)がみられたため、遠隔同期演奏の要件未達。 	<p>施設管理者等へのヒアリング等により検証。</p> <ul style="list-style-type: none"> 経済性:複数アプリケーションを導入することによる運用収益が見込まれる場合、相対的に初期導入費用を抑えることが可能。今後いかなるアプリケーション・ユースケースが適するかを探索する必要がある。 保守・運用性:アプリケーションのユーザーの発掘・教育工数を要する。また、イベントごとの設定工数(エンジニアリングサービス等)を要する。今後、ユーザーインターフェースの作り込み・パッケージ化等が課題となる。 付加価値・サービス拡張性:ローカル5Gの「高速大容量」「超低遅延」特性を活かしたハイブリッド型イベントの実現が可能となる。

課題、解決策の検討

- (運用)混雑検知システムが最も帯域を要した。映像死角を減らすべくカメラを増やす場合は、ビットレート・アップロード頻度引下げ等、設定変更が必要。
- (その他)各アプリケーションそれぞれに係る課題の解決が必要。

課題実証 ～実装性に関する検討(次年度以降目指す実装の方向性)～

- 本年度実証事業終了以降のローカル5G利活用の方針については、コンソーシアム内各社で議論を進めてきた。
- 右記3つの方向性をもとに引き続き検討を深める。



課題実証 ～実装性に関する検討(各ソリューションの実装計画)～

課題実証	年度	実装計画	ビジネス化に向けたアクション
遠隔ロボット監視システム	R4	他施設、利用事業者の拡大に向けた調査検討 (例:大規模MICE施設、イベントホール、商業施設等)	施設等におけるイベント主催者に対してロボット活用の提案を進め、デモやテスト導入を通じて効果を訴求し、次期開催時の予算化を促す
	R5	ロボットのマルチユース機能の追加開発と提供(例:フロア間移動のためのエレベーターの連動、移動型デジタルサイネージ等のおもてなし要素の実装)	機能追加の開発とテスト導入を通じた機能改善
	R6	令和4、5年度の検討を踏まえた「遠隔ロボット監視システム」サービスの拡販	レベニューモデルを適用した他施設へのサービス拡販
	R7～	機能の改善、拡充	さらなる機能拡充やサービスの改善
混雑検知システム	R4	混雑検知システムの実用化に向けた機能の改善、属性検知機能の精度の向上 混雑検知システムの大規模施設への試験的導入、上記改善の実証の実施	機能改善、試験的導入については引き続き自社研究として実施 試験的導入の会場費等については、ニーズのある施設や都市などの連携可能性も模索することで対応する
	R5	大規模施設における混雑検知、人流誘導システムの実装 大規模商業施設、観光地等での利用を想定した汎用化、機能の拡充	実装によって収益を得られるものと考えているが、汎用化に際しては、今後への投資として自社研究として実施 試験的導入の会場費等については、ニーズのある施設や都市などの連携可能性も模索することで対応する
	R6	大規模施設等を含む都市全体での混雑検知、人流誘導システムの拡大 スマートフォンへのリアルタイムの配信等の機能の追加	都市での導入では、混雑検知へのニーズ把握から、送客先からの収益等を得られるビジネスモデルを検討する スマートフォンへの配信機能等の自社研究として実施
	R7～	実装、機能の改善、拡充	実装により得られた収益による機能拡充やサービスの改善を行う
遠隔同期演奏システム	R4	遠隔同期演奏のアプリ利用スキルを持つPA事業者との実証を通じた運営ノウハウの蓄積 低遅延を利用した演出の検討、グループ音楽や合唱音楽の利用シーンの検討	ローカル5G基地局のスループット・レイテンシー向上によって試験的なイベントを継続実施し、イベントの種類、規模によるコストイメージを模索
	R5	ローカル5G基地局のスループット・レイテンシー向上を見越した、新たな遠隔分散型イベントの演出企画の検討、確立	多目的施設及びイベント・PA事業者を主体に、新たな演出を盛り込んだイベント企画提案を行い、コロナ禍で激減したイベント実施回数の回復を模索
	R6～	キャリア・ローカル5Gの普及に合わせ、同期演奏による遠隔ライブの対象地域・施設の拡大	遠隔同期を用いた付加価値イベントによる多目的施設の収支改善を図る 新たなイベント形態の他地域・対イベントへの展開により、イベント・PA業者の収益改善を図る

まとめ

まとめ

概要

- ポストコロナ時代の大型複合国際会議施設での安心・安全なイベント開催においては、**警備品質の向上と効率化、感染予防対策の実施、イベントのハイブリッド化**が必要といった課題が存在する。
- そこで、ローカル5Gを活用し、安心・安全なハイブリッド型イベントに向け、**遠隔ロボット監視システム、混雑検知システム**、これらを連携させた**ロボットによる混雑アナウンスシステム**、及び**遠隔同期演奏システム**の実証を実施した。
- 本実証を通じ、ローカル5Gを活用して、ポストコロナ時代における、来場者・施設管理者・主催者・出展者にとって**安心・安全なイベント開催**を実現するための方策や課題を明らかにした。

技術実証

- 技術実証においては、パシフィコ横浜ノースの1階多目的ホール、2階ガーデンラウンジにローカル5Gネットワーク環境を構築した。
- 電波伝搬特性に関する各種技術計測の結果を分析し、本施設の特徴である大規模・多様な構造を持つ空間でローカル5Gがより安定的に性能を発揮できるための以下知見を得た。
 - ✓ 構造が異なる多目的ホール内、および複数の小規模会議室が設置されたエリア内において、各々の環境下における建物侵入損を考慮した電波伝搬モデルの精緻化を実施し、**壁材質ごとのR値(例:外壁コンクリート1枚のR値は $16.32 - 5.46 = 10.86$)を導出した。**
 - ✓ 同期局と準同期局の実機を用いた共用検討を実施し、同一エリア内における隣接チャネルでの同期、準同期システムの利用については、各システムのエリア設計への考慮、**基地局を正対させない基地局配置、アンテナチルト角等の考慮により、共用可能**との結論を得た。

まとめ

課題実証

- ・**遠隔ロボット監視システム**、**混雑検知システム**、**遠隔同期演奏システム**それぞれについて、効果や機能、運用に係る検証を実施した。3つを同時に稼働させた際の挙動性についても検証を行い、マルチアプリケーションの実現性も評価した。

	①遠隔ロボット監視システム	②混雑検知システム	③遠隔同期演奏システム	①+②+③ マルチアプリ実証
目標	・ ロボットの遠隔操縦・監視 での不審者等の発見・対処対応により、警備品質の向上を実現。	・ 4Kカメラ映像 の常時伝送、 AI画像解析 による混雑検知結果を主催者・来場者へ通知。	・2地点間の 音響の伝送速度の低遅延性 、安定性を担保し、遠隔同期演奏を実現。	・サービス提供の拡張性を確保すべく、アプリ3つを同時並行で不都合なく運用できることを確認。
結果	・来場者が多数いる中、 通信輻輳を回避 でき、安定的に挙動。 ・他方、イベント運営上、 混雑箇所の走行は回避すべき と確認。	・高い検知精度*と伝送の安定性を確認。 SD 26% HD 51% 2K 61% 4K 85% *システムでの検知人数÷映像を目視で数えた人数	・ 下り の遅延は平均30msec/最大40msecで、 許容範囲 。 ・ 上り は平均50msec以上/最大100msec超で、 要件未達 。	・①と②は挙動問題なし。③は左記同様、上りで要件未達。 ・ 多くの帯域を食う特定アプリ の設定が、L5Gのスペックに影響。
考察	・ 走行可能な混雑閾値 の見極め、ロボットの 走行レーン の設置、廊下等からの呼びかけ走行、といった対応を考えることが必要。	・来場者の認知向上・ UI向上 、 属性検知機能 の追加対応、カメラの死角対策等が課題。	・ ジッタ発生によるデータバッファ量 増加が原因。遮蔽物の少ない空間での挙動を今後確認。	・各アプリの上り/下りの必要帯域留意。特に動画は 画質・フレームレート・台数の精査 が必須。

ローカル5G活用モデル及びその課題

- ・大型複合国際会議施設は、施設全体を常時管理する「**施設管理者**」、及びイベント時の「**主催者**」が2大ステークホルダーである。**施設管理者としての管理業務の効率化**と、**主催者への付加価値提供**の2つの観点から活用モデルを検討した。
- ・ステークホルダーの多いMICEビジネスにおいて、主催者側ニーズがいかに顕在化されてくるかが、展開を進める上での課題と考える。本事業を通じ、「施設管理者」「テナント」がいる**大型商業施設**への横展開が可能と考え、協議中である。
- ・**設備・機器等** | 実証のため横浜市より設置許可を受けた機器・設備は一旦取り外し。上記モデルの実装先への再設置に向け協議中。
- ・**体制等** | JTOWER、一社 横浜みなとみらい21(YMM21;横浜未来機構事務局)、NRI等が中心となり、継続利用スキーム協議中。
- ・**知見・ノウハウ等** | ALSOK(①)、NRI(②)、ヤマハ(③)に帰属し、実装・横展開検討。
- ・**資金計画等** | R4年度～「5Gプロジェクト(仮)」(事務局:YMM21・横浜未来機構)と連携し、多様な主体の協力を得て活動を推進。