

電波有効利用成長戦略に関する提言 ～国際標準化に携わった経験より～

平成30年2月7日

京都大学 大学院情報学研究科

原田博司

(内閣府革新的研究開発プログラム ImPACT プログラムマネージャー)

hiroshi.harada@i.Kyoto-u.ac.jp

自己紹介

京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻 教授

原田博司

E-mail: hiroshi.harada@i.kyoto-u.ac.jp

経歴

- 大学院博士課程修了後、郵政省通信総合研究所（現、情報通信研究機構 NICT入所）無線通信方式に関する研究開発、標準化、実用化に従事(19年)
- 平成26年4月に京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻 教授に就任
- 平成28年4月より 内閣府革新的プログラムImPACT プログラムマネージャ

専門

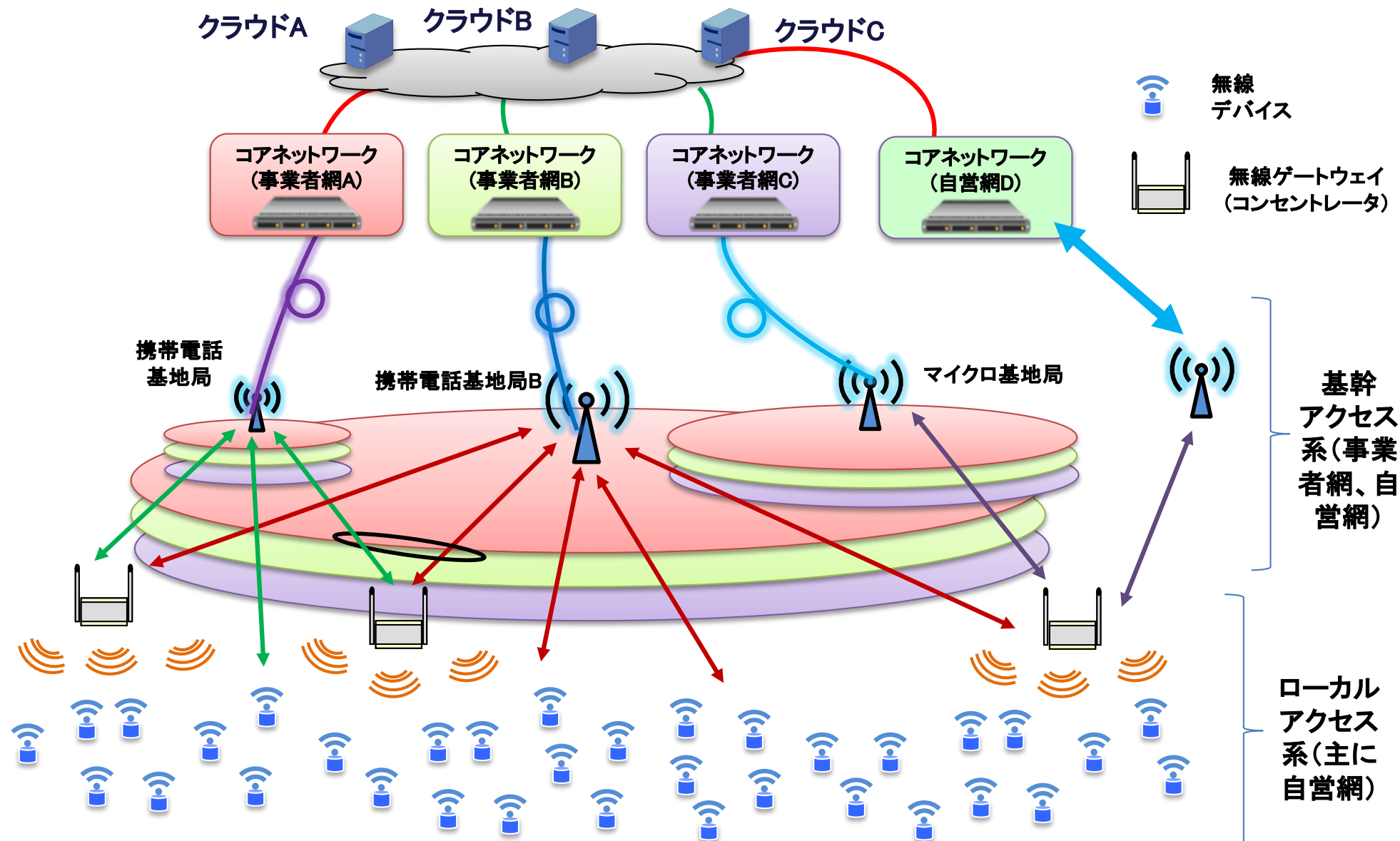
- 無線通信方式（移動通信、固定通信、公共用無線通信、近距離無線通信方式）に関する研究、開発、国際標準化、実用化

主な業績

- 米国国際標準化（IEEE,TIA）にて19の国際標準化に800件以上の技術貢献。そのうち1つの標準化で議長、4つの標準化の副議長を務める。
- ホワイтスペース通信に関する国際アライアンス2つにおいて理事として活動
- スマートメータ用無線機の規格策定⇒米国IEEEで標準化（標準化副議長として貢献）
 - ⇒全国の次世代スマートメータ用無線通信方式Wi-SUNとして採用
 - ⇒Wi-SUNアライアンス創業者、現在、理事会議長（Chair、Board）
- 次世代公共用（警察、消防等）ブロードバンド移動通信規格の策定、採用

携帯電話開始から40年そこから見えてきたもの（アクセス系通信）

大きく分けると基幹系アクセス系（事業者網、自営網）とローカルアクセス系（自営網）に分けられ、それぞれ標準システムは1, 2ずつ絞られつつある



アクセス系の今後、国際標準の必要性

基幹系アクセス系（事業者網、自営網）とローカルアクセス系（自営網）に入り込むことができるシステムは標準化団体、標準化認証団体共にしっかりしている団体のサポートができていないもののみ”

	移动通信システム (マイクロ波帯、 UHF-Hi帯)	スマートメータ、 IoT (サブギガHz帯: 920MHz帯等)	移动通信システム (ミリ波: 60GHz帯、 サブミリ波帯)	移动通信システム (UHF-Low帯: 700MHz以下 VHF帯)
基幹アクセス系 (事業者網)	3GPP (LTE, LTE advanced..)	3GPP (NB-IoT ...)	3GPP(5Gで検討中、 28GHz等)	3GPP(LTE検討中、 VHF帯)
基幹アクセス系 (自営網)		LoRA*, Sigfox*		
ローカル アクセス系 (自営網)	WiFi (802.11) Bluetooth(802.15.1)	Wi-SUN, Zigbee (802.15.4)	WiFi (802.11)	ARIB STD-T103 (802.16,802.22)

- 事業者網
 - 長所: コアネットワークが整備され課金等利用者管理が十分できており、システム運用が行い易い
 - 短所: コアネットワーク整備なしでは動作しないため、自営的に無線システムの運用ができない
- 自営網
 - 長所: 設置をしてすぐ動作をすることができる。システム運営を自身で容易にできる
 - 短所: 認証、課金と大規模システム運用を行う場合、共通運営方針がないため、誰かが決定をする必要性がある
- 基幹アクセス系（自営）に参入することは事業者系標準化団体3GPPに対抗することが非常に難しいため、一次的に市場が専有できても長期的には生き残ることはできない（*印のように標準化していない場合はなおさら問題）
- ミリ波、サブミリ波、UHF(700MHz帯以下)、VHF帯の事業者網、自営系網の標準化が2030年までのトレンド

ライフライン（電気、ガス、水道）ネットワークの無線化：Wi-SUN安定供給

Wi-SUNシステムの概要

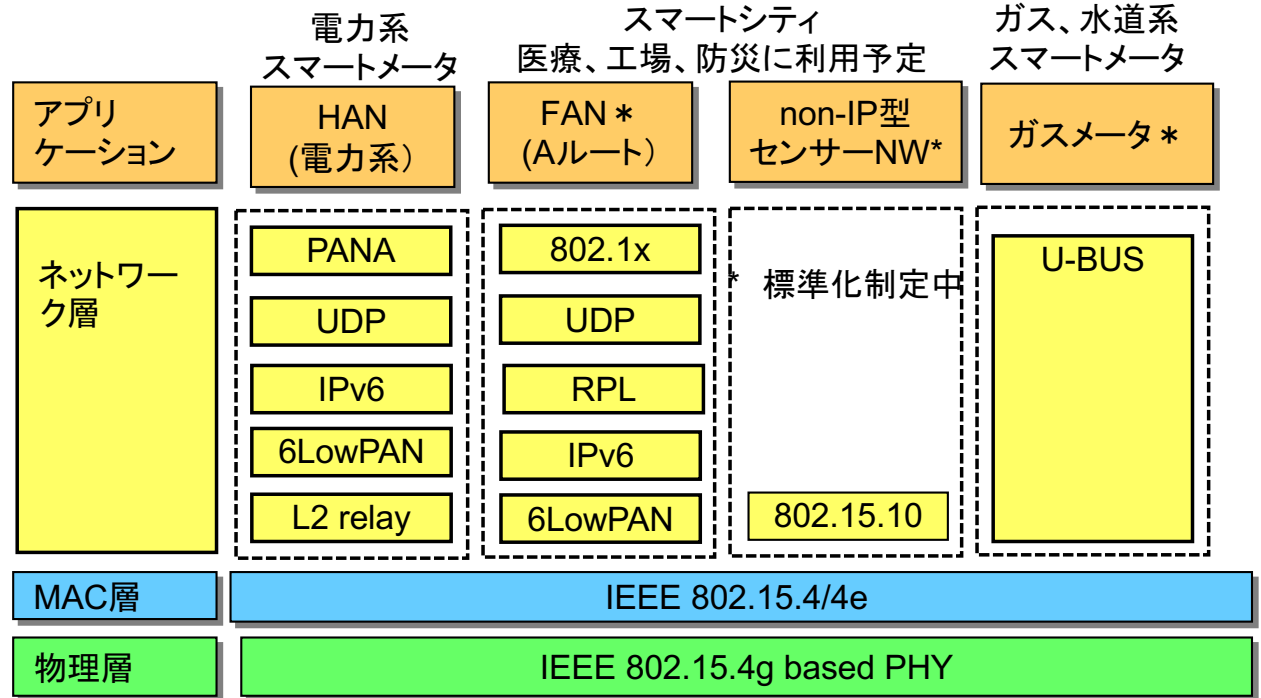
- 国際標準 IEEE802.15.4gをベースに各種アプリケーションに対応した仕様、ベンダ間の相互接続性を担保する測定仕様を制定し、無線機の認証とメーカー間の相互接続性を行う国際的な規格認証団体
- 4種類の仕様（3種類は策定済）
- 2012年1月に策定（日本発）。原田はIEEE802.15.4gの副議長。
- 2018年現在、全世界で171社（アジア60%）が加盟(2012年創業時は9社)
- 原田はWi-SUNアライアンスの創業者、Chair of the Board（理事会議長）
- マルチホップ対応、1km/hop

スマートメータへの採用

- 2000万台近くの全国のスマートメータに搭載
- 関東地区：85%以上のスマートメータが搭載
- ガス・スマートメータ用としてもWi-SUN採用（JUTA）
各電力事業者の選定した通信方式（平成26年9月時点） 経産省資料より

	主方式	補充方式
北海道電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
東北電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
東京電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
中部電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
北陸電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
関西電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
中国電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
四国電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
九州電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)
沖縄電力	920MHz帯無線 (Wi-SUN方式 (IP))	PLC (G3-PLC方式)

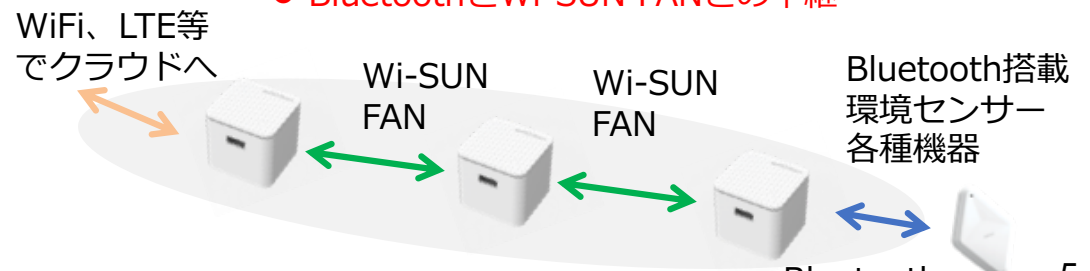
※各電力事業者は原則「主方式」での設置を検討、環境条件等により設置が困難である場合に「補充方式」を選択。



IoTゲートウェイへの採用



- Next Drive社製、47×47×38 mm、コンセント直挿し、Wi-Fi (/b/n/g), Wi-SUN, BLE搭載
- Wi-SUN HANもしくはFAN無線モジュールを搭載
- Wi-SUN HAN搭載済みのものは商用化
- ルータ間での多段中継が可能（1ホップ：最大1km、10段以上）
- BluetoothとWi-SUN FANとの中継



ライフライン（電気、ガス、水道）ネットワークの無線化：問題点

- ライフライン無線通信ネットワーク用のチャンネル数が足りない
 - 電力スマートメータ：2000万台（関東）
 - ガススマートメータ：数百万台（関東）
 - 通常は、15分、30分に一回のモニター程度で良いが、緊急時等のトラヒックに対応をする必要性有り
- ライフライン無線通信システム間での干渉が今後と大きな問題
 - 家庭内電力メータからのWi-SUN信号
 - 電力メータとガスメータ
 - 電力メータと水道メータ
- 水道メータのスマート化に関する問題
 - 水道メータの設置環境は非常に特殊な環境
 - 複数種類のメータボックス
 - メータボックスが地中に埋まる
 - 車、壁等の遮蔽物が多い
 - メータボックスに土、泥水、雨水がはいる可能性
 - 安定した通信エリアが確保がしにくい



水道メータからの伝送距離例（PER=0.1以下：60m程度）



水道メータ設置の特殊環境例

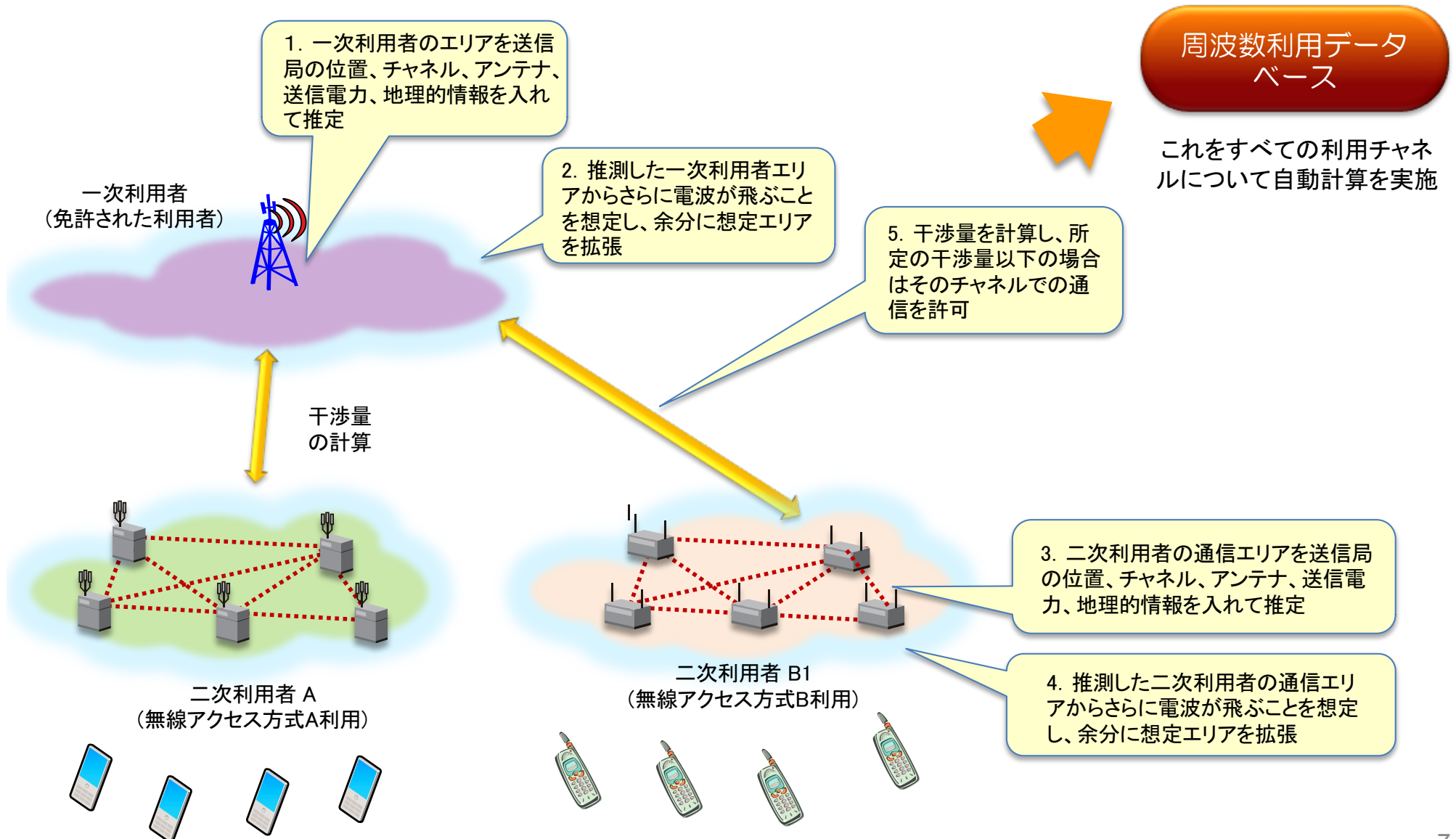


水道メータボックスの例

マルチホップ通信を用いたWi-SUN規格を利用するか、水道メータから自身の家まで伝送し、他のメータリング（電気、ガス）用ネットワークと共用もしくは部分共用してメータリングを行うことが経済的にも技術的にも安定 → **システム間共用**を視野にいれた施策

周波数共有、周波数利用データベースの時代

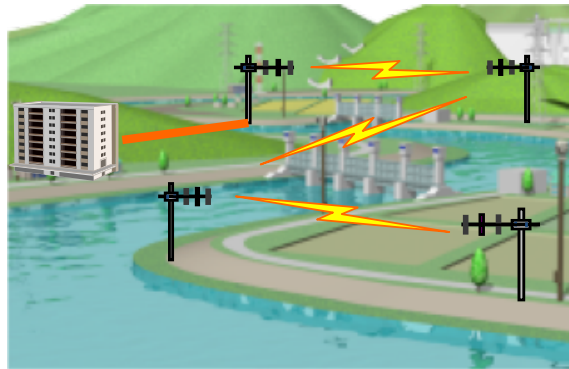
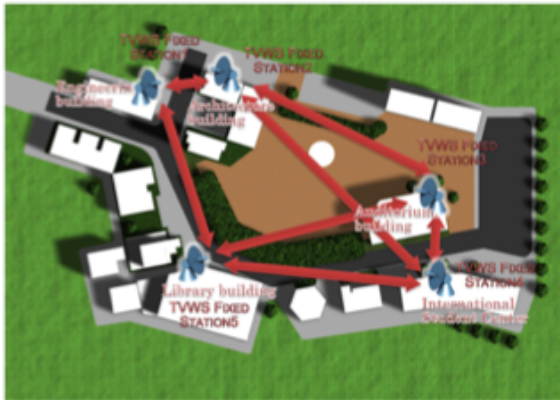
基幹系アクセス系（事業者網、自営網）とローカルアクセス系（自営網）に入り込むことができるシステムは標準化団体、標準化認証団体共にしっかりしている団体のサポートができているもののみ”



周波数共有時代の時代、データベースの時代

既存システムのチャンネル数増大、新システムの導入のために周波数共有は必須。一次利用者に干渉を与えないためには二次利用新システムはある程度の条件（基本固定、準固定通信が望ましい）が必要

ブロードバンドインターネット用基幹通信回線、地域無線ネットワーク、センサーネットワーク



- 長距離伝送基幹回線を実現→防災無線等の地域無線ネットワークとして導入
- センサーネットワーク
 - 電力、ガス、水道メータ収集、制御
 - 農業用モニタリング(温度、湿度、土壌等)
 - 環境モニタリング(原子力等)
 - 環境モニタリング(火山、河川)
 - 国土安全保障モニタリング(国境、空港)
 - 信号モニタリング
 - 工場モニタリング

携帯電話、無線LAN、用のチャンネル数の増大



- 構内、地下街等一次利用システムが入りにくい場所を選び、その場所で一次利用システムと同じの周波数を使い、無線LAN、携帯ブロードバンドを実現
- LTE、Wi-Fiの利用チャンネル数増大に貢献

周波数共有時代の時代、データベースの時代

■ 利用例 (管理空間における時間・場所によるRAT切替/周波数調整)

☀️

- ◆ 昼～夜はセルラー通信事業者によるサービス(携帯電話ユーザ)中心の周波数運用
- ◆ 隙間の周波数を効率的に活用し、常時監視が必要な間欠動作センサ通信などを合わせて運用

セルラー通信事業者A マイクロセル通信事業者 セルラー通信事業者B

周波数

データ収集局
LTE-Wi-SUNルータ
(コンセントレータ)

モニタリング/セキュリティ 各種センサ

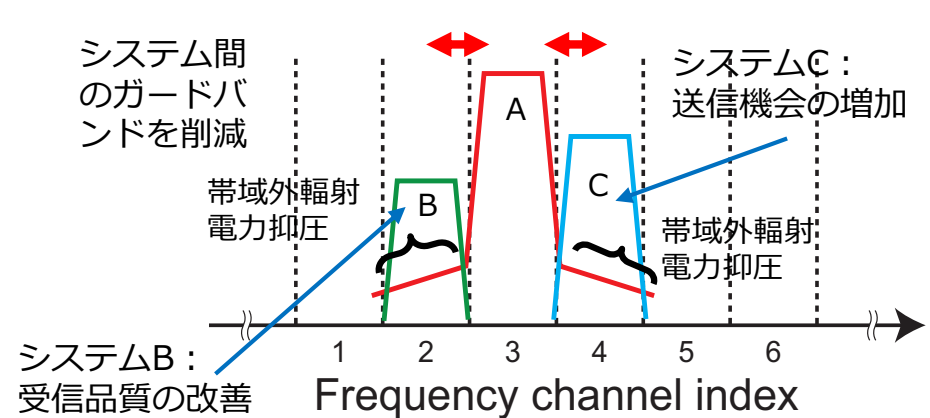
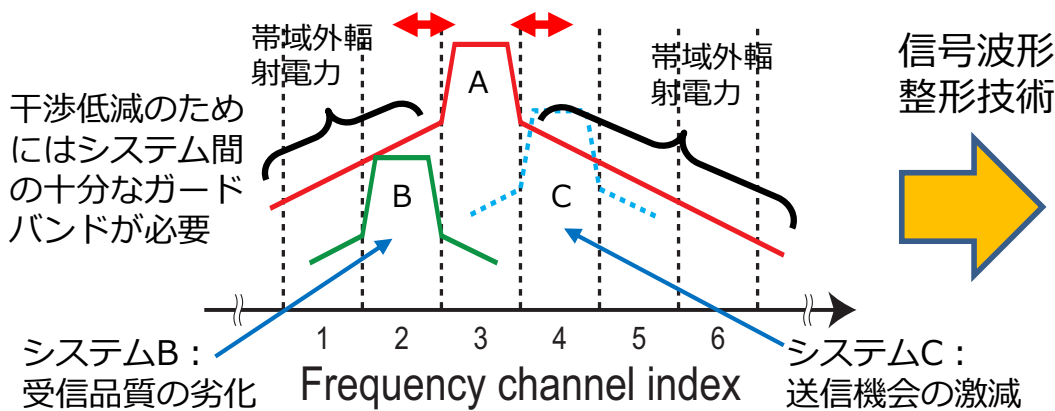
🌙

- ◆ 夜間～朝は無人もしくは人が極めて少なく、携帯電話ユーザ向けに周波数を割り当てても利用者が少ない
- ◆ 夜間中心に運用が必要な、自動ロボットなどのMachine type通信や、日中ローカルに蓄積したセンシングデータを夜間に通信するシステムに大きく周波数を割り当て

セルラー通信事業者A マイクロセル通信事業者 セルラー通信事業者B

周波数

モニタリング/セキュリティ 自律ロボット 商品在庫管理ロボット 防犯監視ロボット 各種センサ



電波有効利用成長戦略に対する提言

- 新規周波数の利用者には“国際標準システム”であることを義務付けるべき
 - 導入時に時間の都合で標準化取得ができなかった場合である場合でも、免許更新時に標準化取得を義務付ける
 - 国際標準システムとは、国際標準化団体で標準化するだけでなく、標準化認証団体のサポートもある相互接続可能な国際標準システムを指す
- 無線通信の国際標準化戦略の方式を国としてきちんと立てる
 - どの周波数のどのようなシステムを標準化をするのか戦略を立てる
 - ✓ ビジネスが成立しない周波数の標準化はお金の無駄 exテラヘルツ波
 - 国できちんと標準化戦略ブレイン（ソムリエ？）を立てる
 - 標準化戦略にのったもののみ投資をする
 - 標準化に関する教育プログラム（大学教育）等支援を行う
- IoT時代の周波数割り当てに関して(2.4GHz帯にならないように)
 - インフラ系（電気、ガス、水道）に対して専用波を割り当てる
 - そもそもインフラ系を同一システムに統一（**システム間共用**）することも検討

電波有効利用成長戦略に対する提言

- システム間共用、周波数共用時代の研究開発に投資する
 - システム間共用：スマートメータ、LTEの公共利用者間共同利用
 - 周波数共用：6 GHz 帯以下周波数すべて
 - 新規周波数開拓
 - ミリ波、サブミリ波：実用化に向けた開発（自営か、事業者網か）
 - テラヘルツ波：システムが容易に作ることができる環境整備、安価なデバイス作り
- 内国産業の発展を踏まえて標準化戦略
 - 良い技術でも内国の企業が作れない、ビジネスができない場合は
 - ✓ 導入しない or できるだけ延期する
 - ✓ 内国の会社で作れるように伏線をきちんとつくっていく
- 日本から戦略的に輸出できる製品、システムをできるだけ増やす
 - スマートメータリングシステム
 - ✓ 東京電カスマートメータリングシステムは、1000台規模のメータ間マルチホップメッシュネットワークを実現（下位層WI-SUN）→“おもちゃ”といわれたマルチホップ、メッシュネットワークを高い信頼性で完全実用化
 - VHF帯長距離マルチホップシステム（資料1）
 - TV帯ホワイトスペースデータベースおよびUHF帯無線機器（資料2：データベース、資料3：機器、資料4：戦略）

參考資料

(資料1) VHF帯長距離多段同時伝送無線通信システム (2017/10/18、京都大、日立国際)

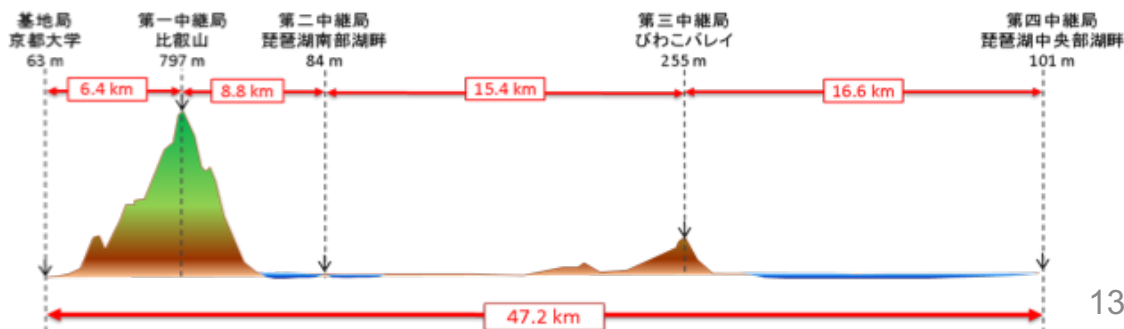
- 屋外環境において長距離多段中継による5拠点同時中継データ伝送に成功 (総中継距離75.0 km、単区間最大距離27.8 km)
- 電源をいれるだけで自動的にネットワークを構築、構築した結果を表示部で表示
- Wi-SUNを利用した狭域通信システムとの連動による医療情報収集システムの実証
- 防災・減災危機管理システムとの連動による被災現場の動画像情報収集を実証



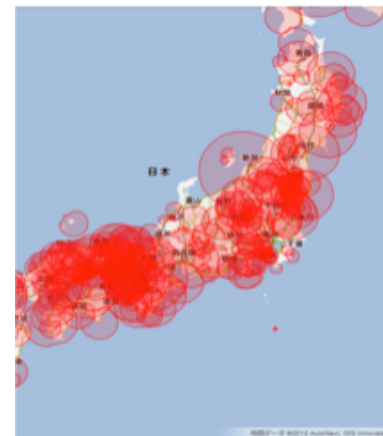
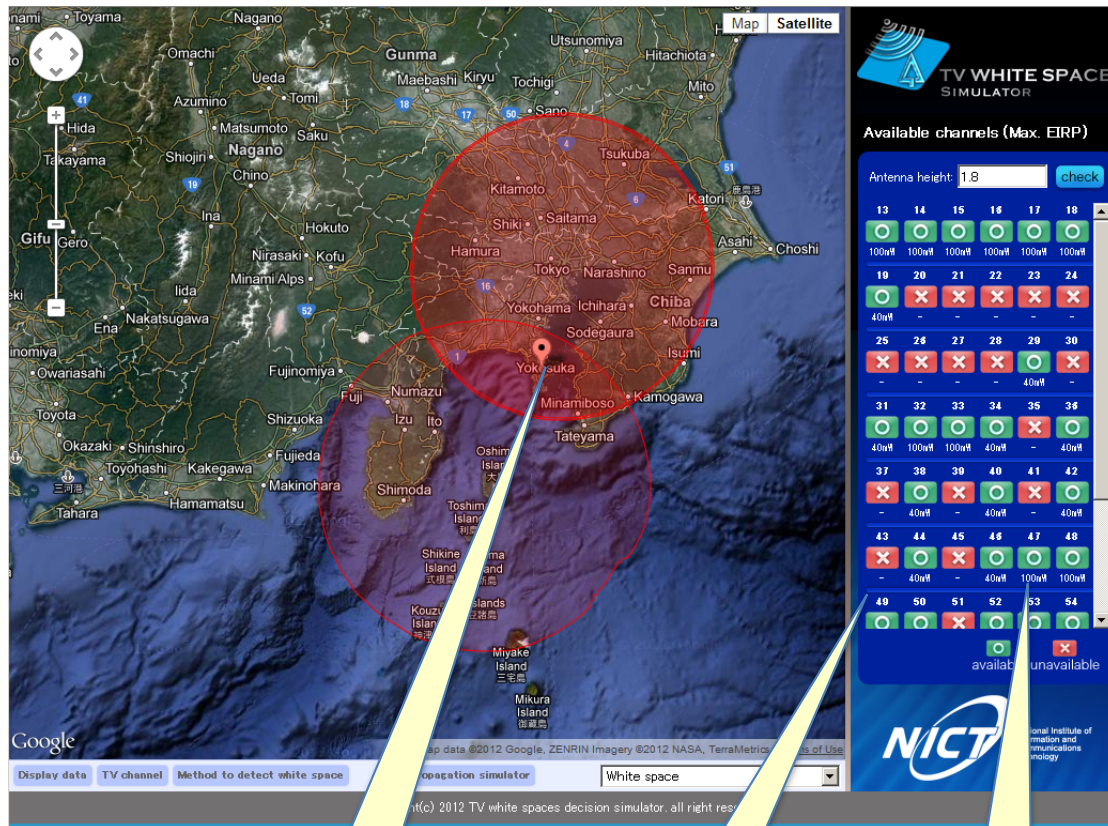
- VHF帯対応(190-202.5MHz), 5MHz/ch
- 100×220×230 (mm)
- 出力5W (最大)
- 最大上り8Mbps
- マルチホップメッシュ対応
- ARIB STD-T103, IEEE 802.16nにて標準化



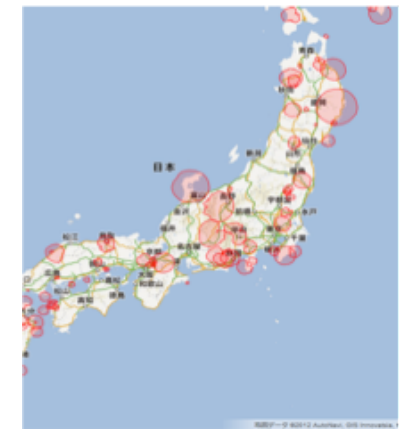
無線局	設置場所	アンテナ種別	連動システム
基地局(1W)	京都大学	ホイップアンテナ ダイバーシチなし	映像 / 防災・減災危機管理 / 医療情報収集 (Wi-SUN)
第一中継局 (5W)	比叡山	ホイップアンテナ ダイバーシチあり	防災・減災危機管理
第二中継局 (5W)	琵琶湖南 湖畔	ホイップアンテナ ダイバーシチあり	医療情報収集 (Wi-SUN)
第三中継局 (5W)	琵琶湖 バレイ	ブラウンアンテナ ダイバーシチあり	防災・減災危機管理
第四中継局 (5W)	琵琶湖中 央湖畔	ホイップアンテナ ダイバーシチあり	映像
第五中継局 (5W)	京都府京 田辺市	ホイップアンテナ ダイバーシチあり	防災・減災危機管理



(資料2) TV帯ホワイトスペースデータベース (2012/5/24、NICT)



米国FCCが規定するアルゴリズムを利用した場合の地上デジタル放送TV局のエリア (13 ch)



米国FCCが規定するアルゴリズムを利用した場合の地上デジタル放送局のエリア (52 ch)

ホワイトスペースデータベースの計算結果例

二次利用者の位置

各TVチャンネルにおいて利用可能かどうかを緑(可)、赤(不可)で表示

利用可能であっても二次利用者の送信出力に制限が必要な場合はそれを表示

周波数によっては特定の地域で利用をされていない可能性

(上記は米国FCCが規定する放送エリアの推定方式を利用しているため利用方式によりこの地域は変動する可能性あり)

(資料3) TV帯ホワイトスペースによるLTEシステム (2014/3/17、NICT)

TVホワイトスペースを携帯電話のデータ通信用の迂回回線（オフロード）用周波数として使い、その周波数ではWiFiではなく、LTEシステムそのものを無線LAN的に利用することを提案。TVホワイトスペースにおける無線機の出力は20dBm程度。データベースと接続し、TVホワイトスペースが“空いていれば”データ通信のみ迂回を行う。



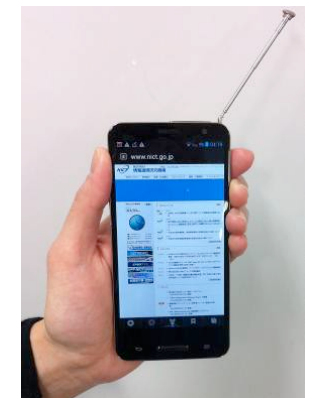
TVホワイトスペース対応LTE基地局

- Release 8対応. YRPに整備のLTEコアネットワークに接続試験済
- FDD/TDDモード対応. TVWSにおいて2周波数確保できればFDD,それ以外はTDDモードにすることが可能
- 周波数470-710MHz. 最大出力30dBm. 帯域幅 5/10/20MHz
- 既開発のホワイトスペースにアクセスし, WSを自動確保
- 170(W) × 420(L) × 300(H) mm³



TVホワイトスペース対応スマートフォン

- Release 8対応. YRPに整備のLTEコアネットワークに接続試験済
- FDD(既存周波数), TDD(TVWS)に対応
- 周波数470-710MHzとBand1(商用周波数対応). UHF帯では最大出力20dBm. 帯域幅 5/10/20MHz
- 既開発のホワイトスペースにアクセスし, WSを自動確保
- 連続待ち受け時間 約290時間(TVWS), 約440時間(既存周波数), 約490時間(3G)
- Android4.2対応. 146g
- 約132(高さ) × 65(幅) × 10.9(厚さ)mm



(資料4) TV帯ホワイトスペースによる通信、放送同時システム海外展開 (2014、京都大学)

現在、日本方式の地上デジタルテレビ放送を南米、アフリカ、東南アジアに普及させつつある



地上デジタルテレビ放送だけでなく、日本方式に親和性のあるホワイトスペースデータベース、TVホワイトスペース通信機器を輸出できないだろうか

