

VHF 帯を用いた狭帯域 IoT 無線映像伝送システムによる 30km 越長距離伝送の実証に成功

概要

京都大学大学院情報学研究科（以下「京都大学」）原田 博司教授の研究グループは、2025 年 12 月に総務省情報通信審議会から一部答申が示された、狭帯域 IoT 通信システム向け VHF 帯（220MHz 帯）に対応した無線システムを開発しました。本システムは、スマートメーター等で実績のある国際標準規格「IEEE 802.15.4 SUN」に準拠した Wi-SUN システムをベースとしており、1 チャンネルあたり 400kHz の狭帯域を利用しながら、長距離（約 34km）の映像伝送に関する実証試験に成功しました。今回の実証結果から、従来型の移動通信システムではカバーが難しかった空域・海域・宇宙空間においても、映像伝送を活用した新たなアプリケーションの実現が期待されます。

ポイント

- ・ 2025 年 12 月に技術的条件が示された VHF 帯（220MHz 帯）で動作する狭帯域 IoT 用無線システムをスマートメーター等で実績のある国際標準規格「IEEE 802.15.4 SUN」に準拠した Wi-SUN システムをベースに開発
- ・ 高精細映像を高圧縮方式により効率的に圧縮し、1 チャンネルあたり 400kHz の狭帯域を利用した無線伝送を実現
- ・ 約 34km 離れた地点間において、無線による長距離映像伝送に成功

1. 背景

近年、センサー、メーター、モニター等を用いて現場環境の情報を収集したり、現場に設置された各種機器を遠隔制御したりする、いわゆる IoT (Internet of Things:モノのインターネット) への期待が高まっており、特に無線を利用した IoT 通信システムの実現に向けたさまざまな取り組みが進められています。現在の IoT 無線通信システムでは、主に UHF 帯（920MHz 帯）が利用されています。しかし、送信電力が最大 250mW に制限されていることから、数値データやテキストデータ等を数 km 程度伝送することは可能である一方、数十 km 規模の広域エリアにおいて、映像伝送を含む大容量通信を実現することは困難でした。このような背景から、より広範囲を面的にカバーできる VHF 帯を利用した狭帯域 IoT 無線通信システムの検討が進められ、その技術的条件について、2025 年 12 月に総務省情報通信審議会から一部答申が示されました。本システムでは、下側周波数帯（170.0～177.5MHz）および上側周波数帯（217.5～222.0MHz）を利用し、最大 5W の空中線電力による運用が可能となります。これにより、広域を面的にカバーできるだけでなく、ドローンを活用した河川・橋梁点検や、離島・山間地域等への物資輸送などへの応用も期待されています。しかし、VHF 帯を利用した IoT 無線通信システムについては、映像伝送を含めた実用性や技術的成立性に関する検証が十分に行われていませんでした。

2. 研究成果

京都大学では今回、2025 年 12 月に技術的条件が示された VHF 帯の上側周波数帯（220MHz 帯）で動作す

る狭帯域 IoT 用無線システムを開発しました。さらに、本システムを用いて、約 34 km にわたる長距離映像伝送実験を実施しました。送信側のカメラおよび無線局（以降、送信側と称す）は、奈良県御所市の葛城山ロープウェイの山頂駅展望台に設置し、映像受信側の無線局（以降、受信側と称す）は、京都府木津川市の京都大学 木津農場の屋上に設置しました。両地点間の距離は 33.6km です。図 1 に実験地点の位置関係および地形断面図を示します。



図 1：映像伝送実験の経路と断面図（国土地理院地図を加工して作成）

図 2 に、今回の測定で使用した VHF 帯（220MHz 帯）対応の狭帯域 IoT 用無線システムの無線装置を示します。本無線機はスマートメーター等で実績のある国際標準規格「IEEE 802.15.4 SUN」に準拠した Wi-SUN システムをベースに開発したものです。占有帯域幅は 400kHz、変調方式として FSK、伝送速度は 150kbps です。また、送信側は無指向性ホイップアンテナ 1 本を、受信側は指向性を有するログペリアンテナ 1 本を、それぞれ無線機に接続しました。受信側のアンテナは、送信側の方向に向けて設置・調整しています。送信側の映像伝送装置は、4K カメラおよび 4K 映像エンコーダで構成されており、受信側の映像伝送装置は、デコーダおよびディスプレイで構成されています。この 4K 画像エンコーダは高精細映像を高圧縮方式により効率的に圧縮することが可能です。今回の実験では、画像のフレームサイズを 1920X1080、フレームレートを 5fps に変換して映像伝送を行いました。図 3 に送信側無線装置、図 4 に受信側無線装置を示します。なお、今回用いた無線設備の仕様を表 1 および表 2 に示します。



図2：VHF帯（220MHz帯）狭帯域IoT無線システムの無線装置

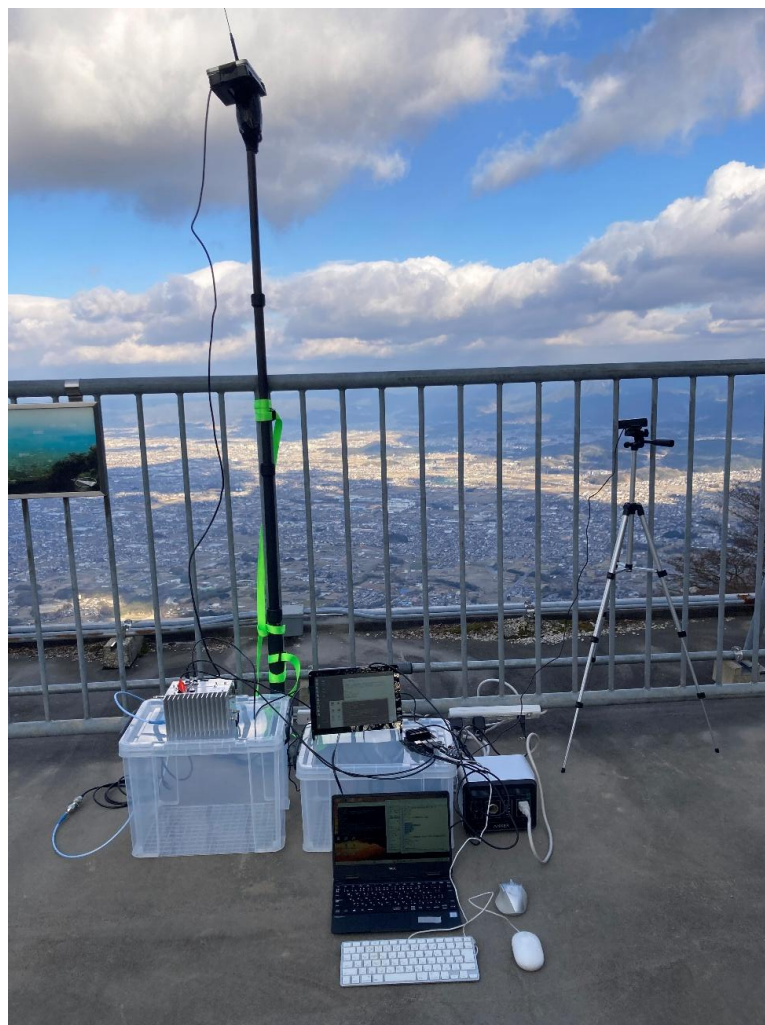


図3：送信側装置（葛城山ロープウェイ 展望台）



図 4a：受信側装置（京都大学 木津農場）
制御および映像処理装置



図 4b：受信側装置（京都大学 木津農場）
無線機



図 4c：受信側装置（京都大学 木津農場）アンテナ

表 1：無線機仕様

周波数	出力	占有帯域幅	変調方式	誤り訂正	伝送レート
220MHz 帯	5 W	400kHz	FSK	なし	150kbps

表 2：アンテナ仕様

場所	形式	利得(dBi)
送信側（大和葛城山）	ホイップアンテナ	2.15
受信側（京都大学 木津農場）	ログペリアンテナ	11.0

図 1 の経路において、大和葛城山からの送信した映像を京都大学木津農場で受信した映像を図 5 に示します。本実験では、送信映像内で「グー・チョキ・パー」の動作をゆっくり変化させることで映像状況を確認しました。その結果、約 34km の長距離環境においても、400kHz の狭帯域を用いた映像伝送が可能であること

を確認しました。なお、木津農場側での受信レベルは-75dBm、パケットエラー率は0%でした。

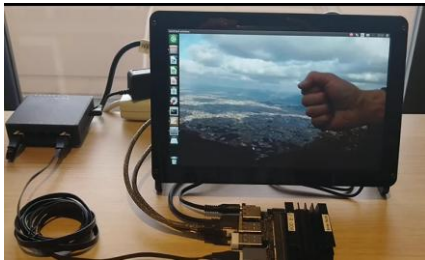


図 5 a : 大和葛城山からの映像 (ゲー)

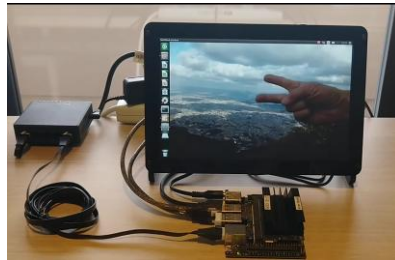


図 5 b : 同左 (チョキ)

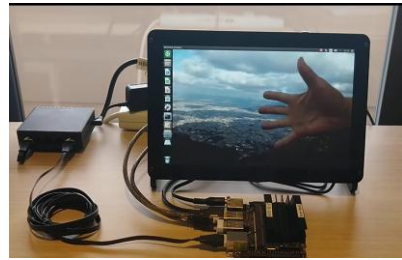


図 5 c : 同左 (パー)

3. 今後の展開

今回開発した VHF 帯 (220MHz 帯) 対応の狭帯域 IoT 向け無線システムにより、従来型の移動通信システムではカバーが困難であった 30km を超える距離においても、映像伝送が可能であることを実証しました。今後は、より広帯域の伝送が期待できる OFDM 方式での通信実験を進めることで、空域や海上、さらには宇宙空間における映像活用型アプリケーションの可能性を探っていきます。

4. 謝辞

実験場所を提供いただいた近畿日本鉄道株式会社葛城索道線 (葛城山ロープウェイ) 様、京都大学大学院農学研究科附属農場 (京都大学 木津農場) 様に感謝します。

なお、本研究の一部は情報通信研究機構 (NICT) の「日米豪国際連携を通じた超カバレッジ Beyond 5G 無線通信・映像符号化標準化技術の研究開発 (JPJ012368C05101)」並びに総務省の「電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254)」によって実施されたものです。

<用語解説>

1. VHF 帯狭帯域 IoT 無線通信システム

アナログテレビジョン放送から地上デジタルテレビジョン放送へ移行した際に空き周波数帯となった VHF 帯のうち、170.0~177.5MHz および 217.5~222.0MHz を、災害対応、河川監視、インフラ監視、ドローン通信、公共安全、広域センシング等の IoT (Internet of Things) 用途で利用することを目的として、2025 年 12 月の答申で技術的条件が示された無線通信システム。携帯電話システムや無線 LAN と比較して利用可能な周波数帯域幅は小さいものの、低周波数帯の特性を生かし、山間部や災害時でも広域・長距離通信が可能である。また、少ない基地局で広い範囲をカバーできるため、携帯網が利用できない状況でのバックアップ通信としても期待されている。

2. IEEE 802.15.4 SUN(Smart Utility Network)

屋外で利用可能なセンサー、メーター等に搭載し、エネルギー管理、スマートシティ等を行うために必要となる無線通信伝送部 (物理層) の国際標準規格。最大 1 km 程度の伝送が実現でき、低消費電力に IPv6 等の情報を伝送できる特長を有する。米国 IEEE802.15 委員会で制定。

3. Wi-SUN(Wireless Smart Ubiquitous Network)システム

IEEE 802.15.4 SUN 規格をベースとして、エネルギー管理、防災、工場等の各種アプリケーションを実現するため、他のオープンな国際標準規格と融合し、製造メーカー間で相互接続可能な国際無線通

信規格を策定する任意団体「Wi-SUN Alliance」が定める無線通信システムの総称。Wi-SUN には用途に応じて複数のプロファイル(技術仕様)が存在し、スマートメーターと宅内エネルギー管理システム(HEMS)間のプロファイルである「Wi-SUN HAN (Home Area Network)」は、全国の電力会社で採用されている。詳細は <https://www.wi-sun.org> を参照。