



# Wireless Connectivity eBook

生活に浸透する無線LANとBluetooth®テクノロジー





## 無線LANとBluetooth®テクノロジー ユースケースの課題と解決ソリューション

身の回りにある電子機器には、使用目的によりさまざまな無線通信規格が採用されています。通信規格は、通信距離、伝送速度、省電力性など、それぞれ異なる特徴があります。たとえば、セルラ系の5G/4G、省電力広域ネットワーク (Low Power Wide Area Network : LPWAN) に分類されるNB-IoT/LTE-Cat M1/LoRa/Sigfox、また、RedCap、無線LAN、Bluetoothテクノロジーなどがあります。

無線LANやBluetoothテクノロジーは、短距離通信において高速なデータ伝送、あるいは低消費電力の特長を持ち、複数機器との接続が容易です。また、低コストで利用できることから、携帯端末、IoT機器、自動車、オーディオ、医療機器など幅広いアプリケーションで使用されており、人々の生活を支えています。

無線LANやBluetoothテクノロジーは、あらゆる場面で活用されていますが、快適な通信を実現するためには課題もあります。このeBookでは、ユースケースごとの課題と解決ソリューションをご紹介します。

Bluetooth®のワードマークおよびロゴは、Bluetooth SIG, Inc.が所有する登録商標であり、アンリツによるこれらのマークの使用は、ライセンスに基づくものです。その他の商標および商号は、それぞれの所有者に帰属します。

# 1. Wireless Connectivityのユースケースと注意点

## スマートフォン/タブレット



スマートフォンなどのモバイル端末は、セルラ以外の無線機能も搭載しています。無線LANは高速なインターネット接続での、動画のストリーミングやクラウドアクセスとして、Bluetoothテクノロジーは近距離通信でのワイヤレスイヤホン、スピーカとの連携で使われています。どちらも、モバイル端末の利便性を高めています。

しかし、無線LANやBluetoothテクノロジーでは、他の無線通信規格と同様に信号の届きにくい場所や混雑したネットワークで速度低下が生じます。また、複数の無線機能を搭載したモバイル端末では、他の無線規格と電波干渉する場合もあり、通信品質の確保が課題となります。

## AR/VR

医療や、産業、ゲーミングなどで使用される拡張現実 (AR) および仮想現実 (VR) 用のヘッドマウントディスプレイは、高解像度ディスプレイ、追跡技術の向上、およびセンサの精度向上など、多くの進化を遂げています。そのため、高品質なAR/VRコンテンツのストリーミングを可能とするため、ネットワーク接続にもWi-Fi7や5Gなどハイスpek的な無線通信が要求されます。

ハイスpek的な無線接続には、次のような課題があります。

- 高速無線通信には広い帯域幅が必要
- 無線ネットワークの混雑や信号の遮蔽による通信品質低下
- 通信品質の低下によりネットワークが不安定となり、データ通信に遅延が発生

関連リンク : [Extended Reality \(XR\)](#)



## ヘルスケア/ウェアラブル



Bluetoothテクノロジーは低消費電力、短距離通信の特長を生かし、携帯性や接続の容易性からウェアラブル機器に多く使用されています。ヘルスケア機器やスマートウォッチで、心拍数や睡眠パターンなど、健康状態のモニタリングやデータの収集の機能を搭載して活用されています。

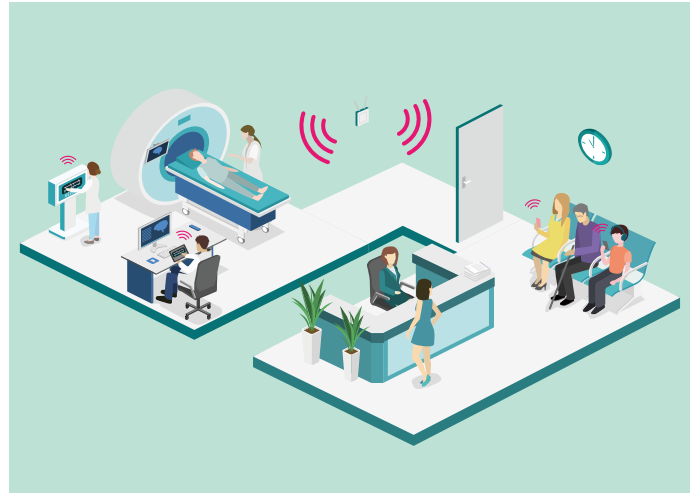
ウェアラブル端末の場合、低消費電力を実現するため通信範囲が10メートル程度の物が多くあります。壁などの障害物や体の取り付け位置によっても通信が妨げられ性能を発揮できない場合があります。想定の使用環境で通信品質が確保されているか確認しておく必要があります。

## 医療

医療機関は、診療データの保管・管理、検査データの収集や入院患者の体調データのモニタリングなど、デジタル情報を治療に役立てています。最近では診断を支援するため、AIによる診断システムなどを活用した医療も行われるようになってきました。このようなデジタル医療機器のデータ転送は、インターネットへの接続と可動性を考慮して、無線LANが使用されるようになってきています。

しかし、アクセスポイント（AP）までの距離や通信経路に存在する遮蔽物などの影響で電波が届かない、または外部からの電波干渉の影響により通信が途絶えるなどの現象の生じることがあります。そこで、診断に影響が出ないように医療機器の通信品質の確保が重要となります。

関連リンク：[ヘルスケア・医療IoT（IoMT）](#)



## Automotive – インフォテインメント



コネクテッドカーの進化により、車は移動する部屋となっています。長距離移動中の乗客は、車内無線LANを使って動画のストリーミング、Web会議やクラウド接続での業務など仕事を行うことも可能です。Bluetoothテクノロジーと車内システムを接続することで、通話やナビゲーション操作なども自由に行えるようになります。

一方、複数の通信規格の電波が共存することになるため、電波干渉や、ノイズなどの問題が発生します。また、ボディなどの金属部による電波遮断や反射の影響による通信品質の劣化が懸念されます。

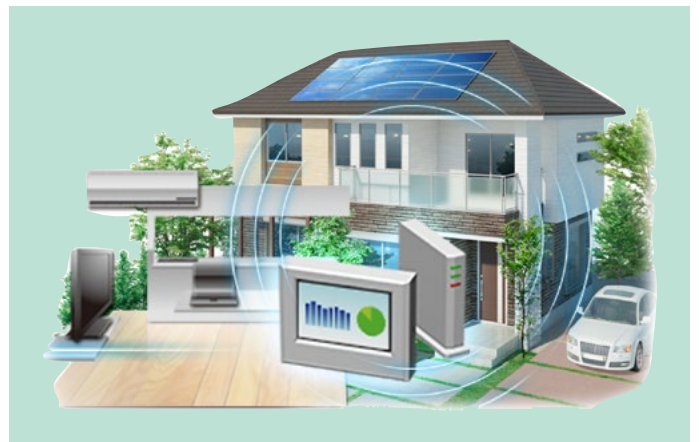
関連リンク：[インフォテインメント](#)

## スマートホーム

スマートホームは、無線LANやBluetoothテクノロジーが搭載された電子機器をネットワーク化することで、さまざまな便利な機能を実現しています。スマートフォンやタブレットから家電を遠隔操作したり、音声アシスタントと連携して家の照明や温度を調整したりできます。モバイルネットワーク経由で外部から家電を操作することも可能になっています。

しかし、信号の届きにくい場所や、電波干渉による接続の不安定さ、セキュリティなどの課題があります。電子機器の安定した無線品質と外部からの不正アクセスなどに注意が必要です。

関連リンク：[スマートオフィス/スマートホーム](#)



このように無線LANとBluetoothテクノロジーは、幅広い用途で使われています。

両者の魅力は、無線通信であるためにケーブル接続の束縛から解放され、携帯性が高く、複数のデバイスを簡単に接続できることです。しかし、接続安定性において、いくつかの課題も存在します。他の無線機器との干渉、通信帯域幅の制約によるネットワークの混雑、通信距離の制約による切断などが一例です。これらの課題を解決するために、良好な無線品質を確保する必要があります。そのためには、それぞれの無線通信規格の理解と検証が必要となります。

## 2. 無線LANとBluetoothテクノロジーが使われる周波数帯と課題

### 多種の電波が混在するISMバンド

無線LANとBluetoothテクノロジーは、主に2.4 GHzおよび5 GHzの周波数帯域を使用しています(Bluetoothテクノロジーは2.4 GHz帯のみを使用)。これらの周波数帯は、ISM (Industrial Scientific and Medical) バンドとして知られており、国際電気通信連合 (ITU) によって産業・科学・医療分野で汎用的に使うために割り当てられています。通常、電波の利用には無線取扱免許や届け出が必要な場合が多いですが、ISMバンドを利用するほとんどの機器は免許がなくても利用することができます。そのため、さまざまな機器がこの帯域を共有し広く普及しています。

しかし、ISMバンドを利用した無線通信機器は、周囲の電子機器や無線通信装置との干渉が問題となることがあります。特に2.4 GHz および5 GHz帯域は非常に混雑しており、多くのデバイスが同じ周波数を利用するため、信号の干渉や通信の安定性に影響を及ぼす可能性があります。これにより、接続が不安定になったり、通信速度が低下したりすることがあります。

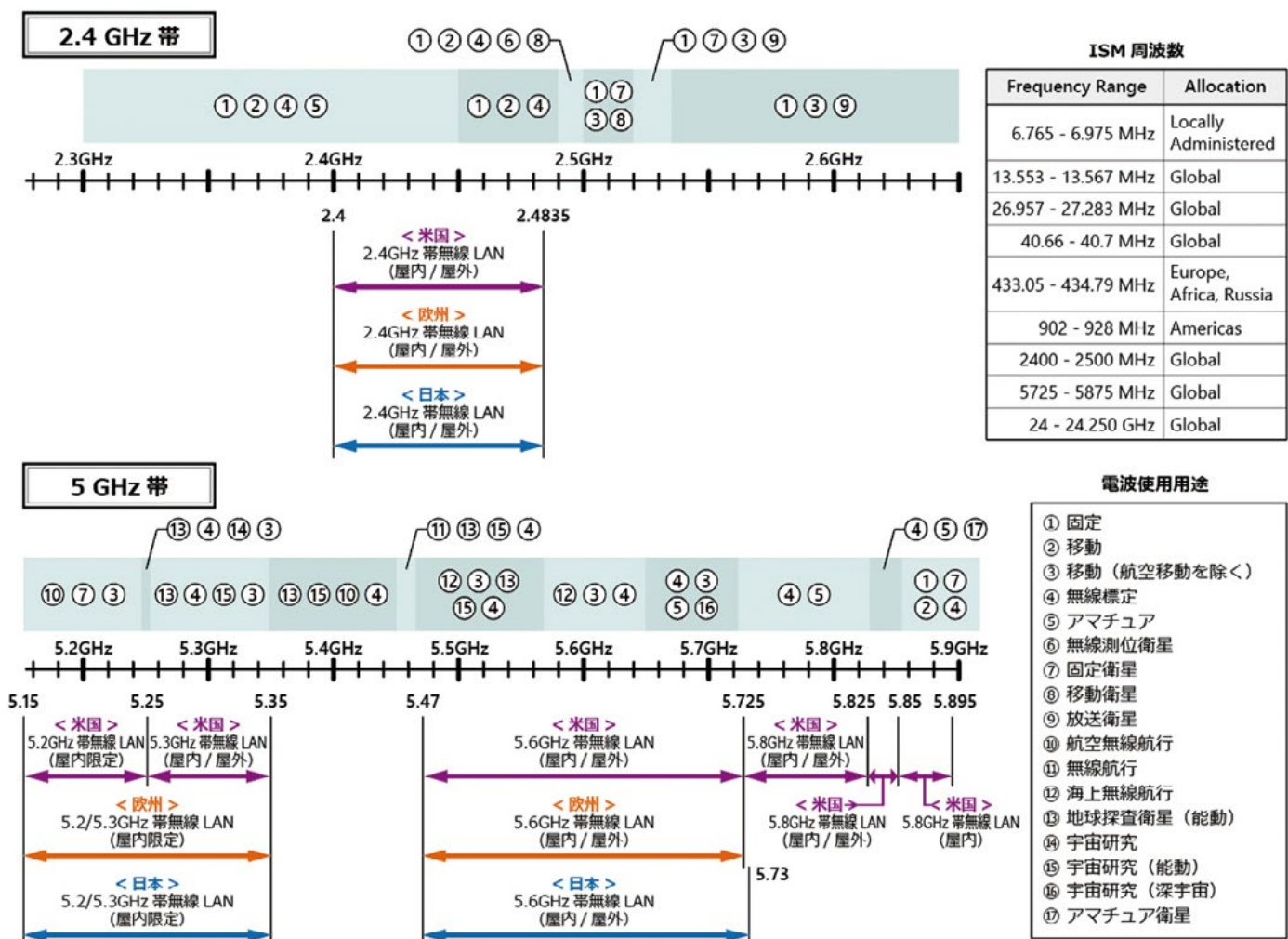


図1 無線LAN 2.4 GHz/5 GHz帯とISM周波数帯の利用状況

### グローバル市場へ販売するために

無線機器を海外へ輸出する際には、輸出国の法規制や国際的な規制に準拠する必要があります。国や地域によって無線周波数の利用に関する独自の法律や規制が存在するため、具体的な情報は輸出先国の法律や規制を確認して対応することが重要です。

また、無線LANとBluetoothテクノロジーは、米国電気電子学会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers : IEEE) および各業界団体において、規格の制定や認証プロセスの制定が行われています。製品の使用用途により、各規格の準拠と認証取得が必要となります。

## 規制認証 (Regulatory Certification)

認証が必要な規制には、以下のような異なる観点に基づくさまざまなものがあります。

電波は、通信・放送などに利用できる周波数範囲が限られている上、空間に放射すると減衰しつつも伝搬し続けることから、同じ空間で同時刻に使用すると相互に干渉するという特徴があります。干渉は国をまたいでも生じるため、国際電気通信連合無線通信部門 (International Telecommunication Union Radio communications Sector : ITU-R) で国際的に周波数が管理されており、各国はITU-Rが定めたルールに準じた法律によって電波利用を規制しています。

- ① 電波利用
- ② 電磁両極性 (EMC : Electro Magnetic Compatibility)
- ③ 安全性

表1 各国規制機関の例

| 地域 | 規制機関                                                        |
|----|-------------------------------------------------------------|
| 欧州 | European Telecommunications Standards Institute (ETSI)      |
| 米国 | Federal Communications Commission (FCC)                     |
| 中国 | Ministry of Industry and Information Technology (MIIT)      |
| 韓国 | Korea Communication Commission (KCC)                        |
| 台湾 | National Communications Commission (NCC)                    |
| 日本 | Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC) - 総務省 |

## IEEE 802.11規格

無線LAN機器に求められる性能・機能が定められた規格です。無線LAN機器間で通信を成立させるためには、各機器がIEEE 802.11規格に準拠していることが求められています。ただし、無線LAN機器への実装がIEEE 802.11規格を厳守しているか否かという観点で実施されている認証試験は存在しません。IEEE 802.11規格に基づく認証スキームがないことにより、過去には異なるベンダー間の無線LAN機器で接続が確立できないという問題が発生していました。

## Wi-Fi Alliance認証

Wi-Fi Allianceは、無線LAN技術の普及と相互運用性を促進する非営利団体です。IEEE 802.11規格に基づく機器の認証を行い、Wi-Fi認証を受けた製品にWi-Fiマークを付与しています。シミュレータなどの試験機器を用いて、IEEE規格を厳守しているか否か判定するのではなく、基準器として選ばれた無線LAN機器を相手に、DUT\*が接続を確立して正常に機能することが主な試験内容となります。Wi-Fi認証を得ることにより、ほかのWi-Fi認証品と相互接続性が保証されます。Wi-Fi Allianceによって認められた試験機関のみが認証試験を実施できます。Wi-Fi認証の取得は任意であり、法律などにより義務化されているわけではありません。

\* : DUT (Device Under Test/被測定物)

## Bluetooth SIG認証

Bluetooth SIGは、Bluetoothテクノロジーの開発、普及を目的として設立された非営利団体です。Bluetoothテクノロジーの仕様作成、標準化と規格化を行い、製品の相互運用性を確保するために認証システムを促進しています。Bluetooth SIGの認証を取得することで、製品にBluetoothロゴマークを付けることが許可されSIGのウェブサイトに認証済み機器として登録されます。また、これにより他のBluetooth製品との相互接続も確保されます。認証を取得するためには、Bluetooth Test Specificationに規定された性能を満たしていることを認証機関でテストする必要があります。

### 3. 無線LAN (Wi-Fi) 規格と適切なテストソリューション

表2は、無線LANの主な規格と技術仕様を示したものです。無線LAN規格は、無線LAN機能を搭載する製品の使用条件（設置場所、使用方法、利用目的）により選定されます。

表2 主な無線LAN規格と技術仕様

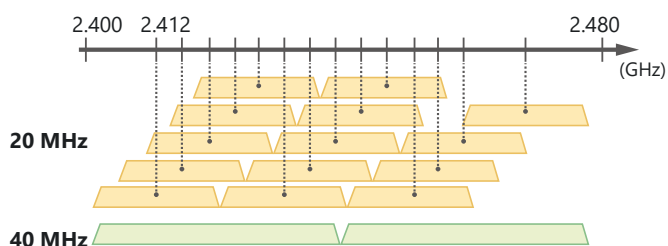
| IEEE 802.11                   |         | 11b                             | 11a                             | 11g                             | 11n                            | 11ac                                     | 11ax                                                | 11be* <sup>1</sup>                                             |
|-------------------------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Transmission Vector Format    |         | Non-HT<br>(Non-High Throughput) | Non-HT<br>(Non-High Throughput) | Non-HT<br>(Non-High Throughput) | HT<br>(High Throughput)        | VHT<br>(Very High Throughput)            | HE<br>(High Efficiency)                             | EHT<br>(Extreme High Throughput)                               |
| Freq.                         | 2.4 GHz | ✓                               | n/a                             | ✓                               | ✓                              | n/a                                      | ✓                                                   | ✓                                                              |
|                               | 5 GHz   | n/a                             | ✓                               | n/a                             | ✓                              | ✓                                        | ✓                                                   | ✓                                                              |
|                               | 6 GHz   | n/a                             | n/a                             | n/a                             | n/a                            | n/a                                      | ✓                                                   | ✓                                                              |
| Bandwidth [MHz]               |         | 20                              | 20                              | 20                              | 20/40                          | 20/40/80/<br>160/80 + 80                 | 20/40/80/<br>160/80 + 80                            | 20/40/80/<br>160/320                                           |
| Maximum Throughput Rate [bps] |         | 11M                             | 54M                             | 54M                             | 540M                           | 6.9G                                     | 9.6G                                                | 30G~* <sup>2</sup>                                             |
| Modulation Scheme             |         | DBPSK<br>DQPSK                  | BPSK<br>QPSK<br>16QAM<br>64QAM  | BPSK<br>QPSK<br>16QAM<br>64QAM  | BPSK<br>QPSK<br>16QAM<br>64QAM | BPSK<br>QPSK<br>16QAM<br>64QAM<br>256QAM | BPSK<br>QPSK<br>16QAM<br>64QAM<br>256QAM<br>1024QAM | BPSK<br>QPSK<br>16QAM<br>64QAM<br>256QAM<br>1024QAM<br>4096QAM |
| Stream                        |         | —                               | —                               | —                               | 4 streams                      | 8 streams                                | 8 streams<br>OFDMA                                  | 16 streams<br>OFDMA                                            |

\*1：2019年3月のProject Authorization Requestの情報を記載しています

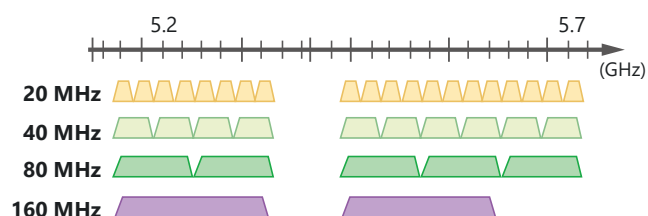
\*2：実効値

#### 無線LANで使用する周波数帯

##### ■ 2.4 GHz band



##### ■ 5 GHz band



##### ■ 6 GHz band

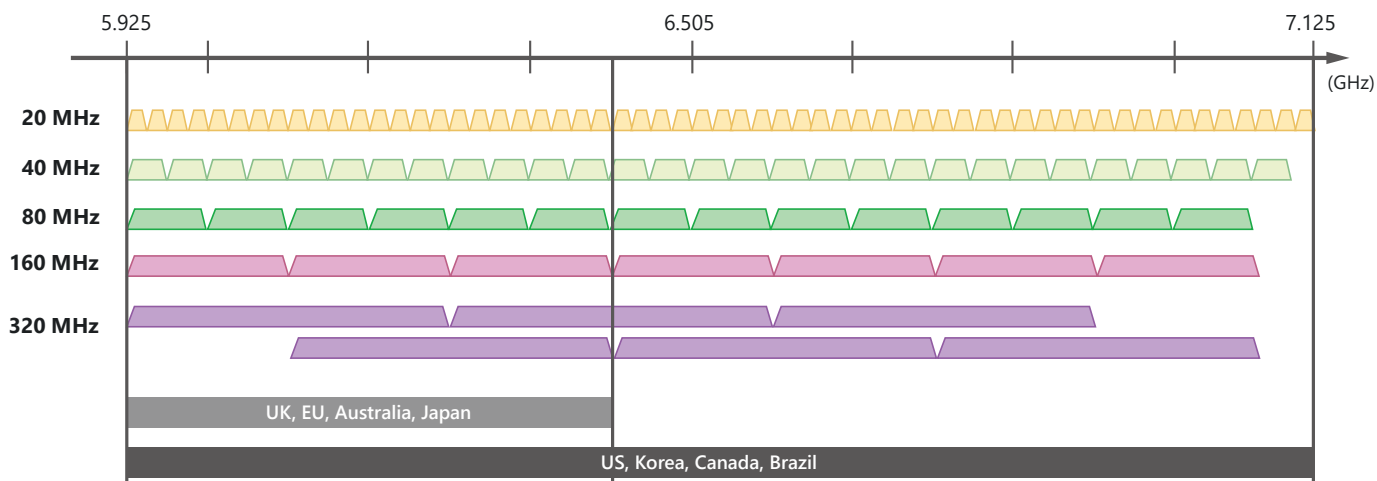


図2 無線LANで使用する周波数帯

## OSI参照モデルにおけるIEEE 802.11規格

IEEE 802.11規格は、OSI参照モデルにおけるPhysical Layer (PHY) とData Link Layerを対象範囲としています。IEEE 802.11ではData Link LayerをLogic Link ControlとMedium Access Control (MAC) の2つに分けて定義しております。

表3 OSI参照モデルにおけるIEEE 802.11規格の適用範囲

| Layer | OSI参照モデル     | 802.11規格                    |
|-------|--------------|-----------------------------|
| 7     | Application  | 対象外                         |
| 6     | Presentation | 対象外                         |
| 5     | Session      | 対象外                         |
| 4     | Transport    | 対象外                         |
| 3     | Network      | 対象外                         |
| 2     | Data Link    | 対象外 (Logic Link Control)    |
|       |              | Medium Access Control (MAC) |
| 1     | Physical     | Physical (PHY)              |

**Physical Layer (PHY) :** IEEE 802.11規格は、物理層の役割を担い、無線伝送に使用される周波数帯域、信号伝送方式、チャネル幅などが含まれます。802.11g、802.11n、802.11ac、802.11ax、802.11beなど、さまざまなバージョンで、それぞれ異なる周波数帯域や最大伝送速度が定義されています。

**Data Link Layer :** IEEE 802.11規格は、データリンク層における無線LANのフレーム構造やメディアアクセス制御 (MAC) プロトコルを定義します。これには、フレームのフォーマット、データの送受信方法、データの誤り検出や再送制御などが含まれます。

## 無線LAN製品の信号品質評価に最適なテストソリューション

通信システムに無線LANを採用した電子機器は、市販のAPを使用することで簡易的に機器の通信状態を確認することは可能です。しかし、通信性能に影響のある送信電力や受信感度などを定量的な数値データとして、正確に把握することはできません。その結果、通信性能が想定より低い場合、使用環境の変化により安定した通信ができなくなる可能性があります。使用環境の影響を受けても安定した通信を行うためには、無線通信性能を定量的に確認しておく必要があります。基本的な評価方法には、以下が含まれます。

- 電子機器がデータを送信するときに発射する電波の強度を測定する送信電力、信号の変調が期待される形式になっているかを評価する変調精度など、送信信号品質試験
- 送信されたテストパケットに対して電子機器が返信した確認応答 (ACK) フレームをカウントして、パケットエラーレート (PER) を計算する受信感度試験

## 無線LAN搭載機器のRF送受信測定器

アンリツのRF送受信特性評価ソリューション ワイヤレスコネクティビティテストセット MT8862Aは、無線LAN搭載機器の設計時および品質評価時に有用です。MT8862Aには標準無線LANプロトコルメッセージング (WLANシグナリング) が実装されているので、被測定物 (Device Under Test: DUT) を「ネットワークモード」という商用AP (STA) と接続時の実動作状態で測定できることが最大の特徴です。またダイレクトモードにも対応しているため、1台で無線LAN搭載機器を多面的に検査できます。

### 最新規格に対応

MT8862Aは、IEEE 802.11a/b/g/n/ac/axに加えて、無線LANの最新規格であるIEEE 802.11beにまで対応し、世界中で免許不要帯域化が進む6 GHz帯にも対応しています。MT8862Aは多様化するさまざまな無線LAN搭載機器の送信電力、変調精度、受信感度などのRF送受信特性を評価できます。

### 測定環境を容易に構築可能

MT8862Aは、アクセスポイント (AP) またはステーション (STA) をシミュレートし、IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax/beに準拠した標準無線LANプロトコルメッセージングを使用して、DUTとのネットワーク接続を確立します。WEP、WPA-Personal、WPA2-Personal、WPA3-Personalの各セキュリティ方式にも対応しており、各バージョンとの組み合わせにより、TKIP、AESの暗号化方式が選択できます。接続が確立されると、特別なツールや制御を必要とせず、一般的な無線LAN通信手順を使用してRF測定ができます。特別な測定環境のセットアップは必要ありません。

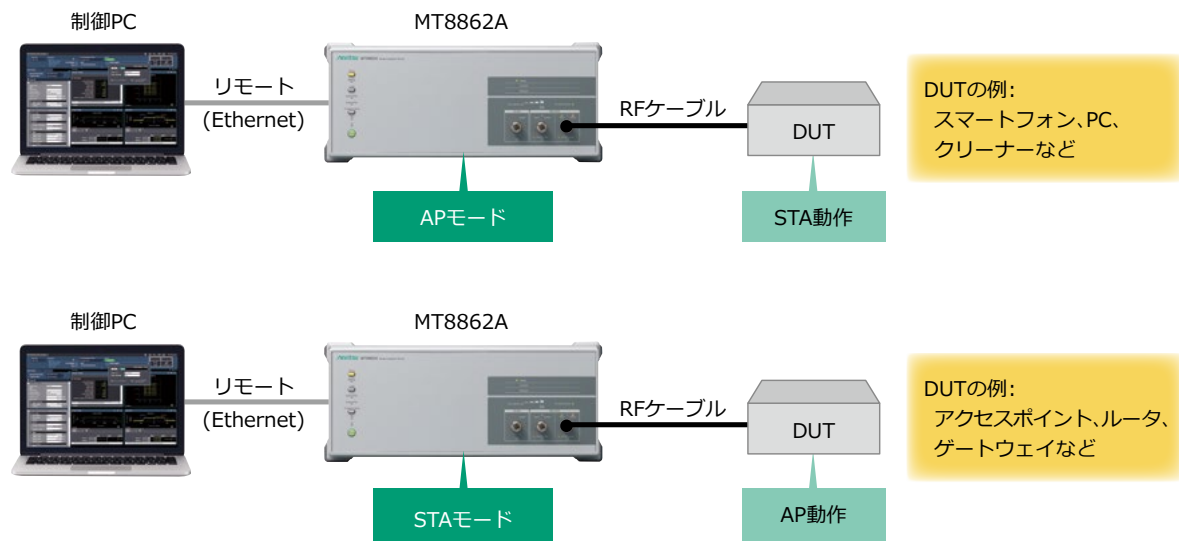


図3 測定系接続例

### OTA (Over The Air) 試験に適したネットワークモード

無線通信端末の送受信能力は、端末の形状やアンテナ特性などの影響を受けます。OTA試験では、実際に電波を飛ばして無線通信端末の総合的な送受信性能を試験します。無線LANのOTA試験は、CTIA<sup>\*3</sup>およびWi-Fi AllianceのConverged Wireless Group (CWG)のRF性能測定プランにおいて、全放射電力 (Total Radiated Power : TRP) や全等方感度 (Total Isotropic Sensitivity : TIS) などの試験規格が策定されており、システムインテグレータによってMT8862Aを使用したさまざまな試験ソリューションが提供されています。

\* : CTIA : Cellular Telecommunications & Internet Associationの略称。無線通信関連の事業者、メーカ、サービス提供者などで構成される非営利の国際協議会

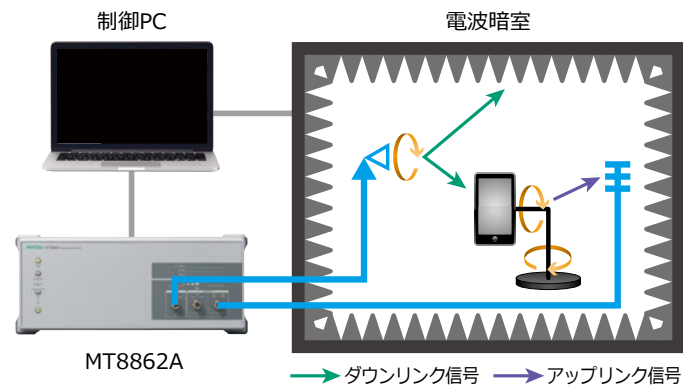


図4 OTA測定系接続例

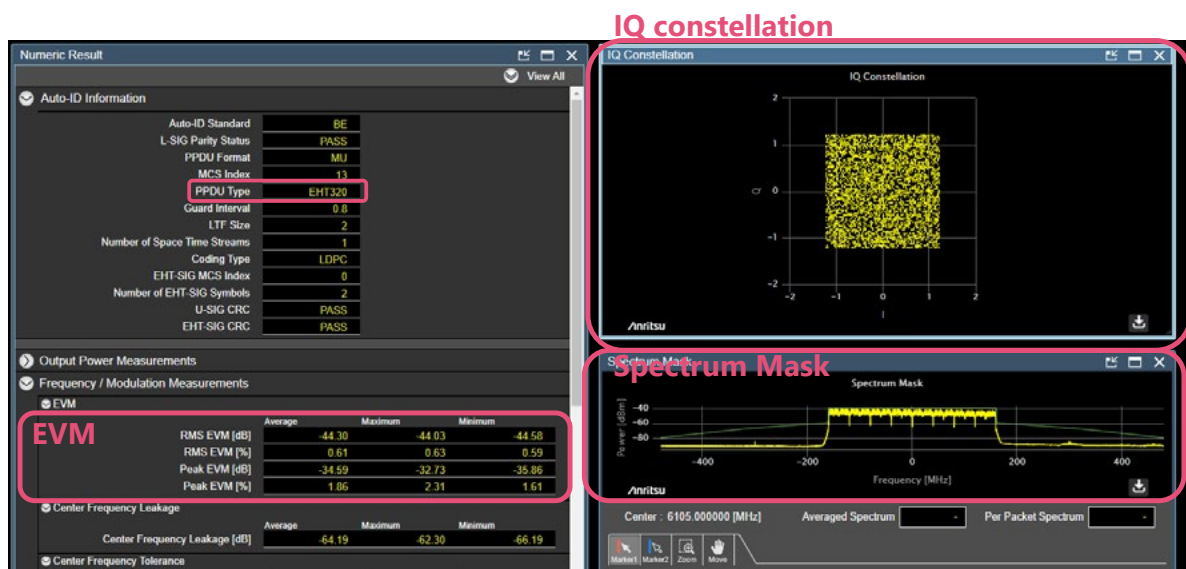


図5 MT8862A測定GUI

## 4. Bluetooth規格と適切なテストソリューション

### Bluetoothテクノロジーの進化

Bluetooth規格は、Bluetooth v3.0で高速なデータレートがサポートされ、Bluetooth v4.0ではBluetooth Low Energy (LE) テクノロジーにより、低消費電力が仕様化されました。Bluetooth v5.0以降では、長距離通信や屋内での高精度な測位などの機能が追加されています。

表4 Bluetoothテクノロジーの進化

|                   | v1.0                                   | v1.1               | v1.2                                 | v2.0+EDR | v2.1+EDR    | v3.0 HS | v4.0         | v4.2             | v5                                 | v5.1                | v5.2                        | v5.3                                 | v5.4                                       |
|-------------------|----------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------|-------------|---------|--------------|------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| Frequency Band    | 2.4 GHz ISM Band (2402 MHz - 2480 MHz) |                    |                                      |          |             |         |              |                  |                                    |                     |                             |                                      |                                            |
| Channel Spacing   | 1 MHz                                  |                    |                                      |          |             |         | 2 MHz        |                  |                                    |                     |                             |                                      |                                            |
| Range             | 1 to 100 m                             |                    |                                      |          |             |         | 1 to >1000 m |                  |                                    |                     |                             |                                      |                                            |
| Modulation        | GFSK                                   |                    | GFSK<br>PSK<br>(π/4-DPQSK and 8DPSK) |          |             | AMP     | GFSK         |                  |                                    |                     |                             |                                      |                                            |
| Gross Data Rate   | 1 Mbps                                 |                    | 2 or 3 Mbps                          |          |             | 24 Mbps | 1 Mbps       |                  | 1 Mbps, 2 Mbps, 500 kbps, 125 kbps |                     |                             |                                      |                                            |
| Power Consumption | High                                   |                    |                                      | Medium   |             |         | Low          |                  |                                    |                     |                             |                                      |                                            |
| Key Feature       | First spec                             | First working spec | AFH                                  | EDR      |             | HS      | Low Energy   | IP conn Security | AE 2 Mbps Coded PHY                | AoA/ AoD GATT Cache | LE Audio Power Control EATT | Enh. Connect Chan. Class. Remove AMP | PAwR (Periodic Advertising with Responses) |
|                   |                                        |                    |                                      |          |             |         |              | DLE              |                                    |                     |                             |                                      |                                            |
| Security          | Less secure                            |                    |                                      |          | More secure |         | Less secure  | More secure      |                                    |                     |                             |                                      |                                            |

### Bluetooth RF仕様

Bluetoothテクノロジーで定義されているRF仕様は以下のとおりです。

|                                 |                                                                   |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| BR/EDR transmission power (Max) | Class1: +20 dBm, Class2: +4 dBm, Class3: 0 dBm                    |
| LE transmission power (Max)     | Class1: +20 dBm, Class1.5: +10 dBm, Class2: +4 dBm, Class3: 0 dBm |
| Receiver sensitivity            | -70 dBm                                                           |
| Frequency band                  | 2.4 GHz ISM band                                                  |
| Channels                        | 79 BR/EDR. 40 LE                                                  |
| Channel bandwidth               | 1 MHz BR/EDR, 2 MHz LE                                            |
| Modulation                      | GFSK for BR and LE, $\pi$ /4-DQPSK and 8DPSK for EDR              |
| Gross data rate (symbol rate)   | 1 Mbps BR and LE v4.x, 2 and 3 Mbps in EDR                        |
|                                 | 2 Mbps, 500 kbps and 125 kbps for LE v5.x                         |
| Robustness                      | CRC - 16 bit BR/EDR, 24 bit LE                                    |

### Bluetoothテクノロジーのプロトコル・スタック

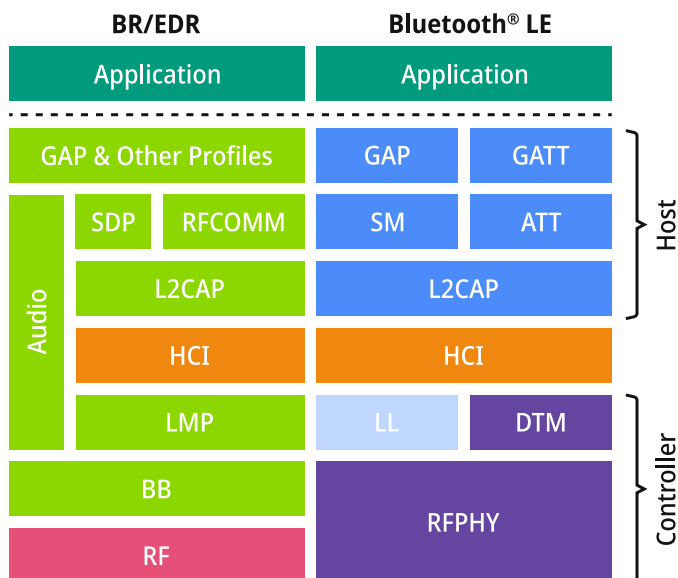
Bluetoothテクノロジーのプロトコル・スタックには、さまざまなプロトコルが含まれます。

コア・プロトコルには、無線、ベースバンド、リンク・マネージャ・プロトコル (LMP)、論理リンク制御・適応プロトコル (L2CAP)、サービス・ディスカバリー・プロトコル (SDP) が含まれます。

ケーブル・リブレースメント・プロトコルは、L2CAPプロトコルの上にシンプルなトランスポート・プロトコルのセットである無線周波数通信 (RFCOMM) プロトコルを含み、単一のBluetoothデバイスに最大60の同時エミュレートされたRS-232Cシリアルポート接続を提供します。このプロトコルは、ATコマンドのキャリアとして多くのテレフォニー関連プロファイルで直接使用されるほか、Bluetooth接続上のオブジェクト交換 (OBEX) のトランスポート層としても使用されます。

アトリビュート・プロトコル (ATT) とジェネリック・アトリビュート・プロファイルは、Bluetooth v4.0で導入され、すべてのLEデバイスはこれらを使用することが期待されています。ただし、これらはBasic Rate (BR) /Enhanced Data Rate (EDR) でも使用することができます。

GAPとはGeneric Access Profileの略で、デバイス間のBluetooth接続を制御し、Bluetooth通信を使用したアドバタイズや、ペアデバイスの相互作用の許可方法を決定します。アドバタイズは、Bluetoothテクノロジーでデータをブロードキャストし、接続を可能にしたり、複数のデバイスにデータを送信したりするために使用されます (たとえば、Bluetoothビーコンの場合)。



|        |                                              |
|--------|----------------------------------------------|
| ATT    | Attribute Protocol                           |
| BB     | Baseband                                     |
| DTM    | Direct Test Mode                             |
| GAP    | Generic Access Profile                       |
| GATT   | Generic Attribute Profile                    |
| HCI    | Host Controller Interface                    |
| L2CAP  | Logical Link Control and Adaptation Protocol |
| LL     | Link Layer                                   |
| LMP    | Link Manager Protocol                        |
| RF     | Radio Frequency                              |
| RFPHY  | Radio Frequency Physical Layer               |
| RFCOMM | Radio Frequency Communication                |
| SDP    | Service Discovery Protocol                   |
| SM     | Security Manager Protocol                    |

Bluetoothテクノロジーはパケットベースのプロトコルで、セントラル・ペリフェラル構造を採用し、ピコネットまたはスキャターネット・アーキテクチャを持っています。セントラルはネットワークへのデバイスの接続やホッピングシーケンス、多重化を処理します。Bluetoothプロファイルはデバイスが送信するデータの種類と使用するサービスを定義します。さまざまな標準プロファイルはスマートフォン、PC周辺機器、オーディオ製品や、ウェアラブル端末など用途に応じて異なります。

Bluetooth製品を販売するメーカーは、製品がBluetooth仕様を満たすことを証明しなければなりません。テストは資格のある試験所で行われ、以下をカバーする必要があります。

- RF/RFPHYコンFORMANCEテスト
- プロトコル/プロファイル コンFORMANCEテスト
- プロファイル相互運用性テスト

Bluetooth仕様は旧バージョンとの後方互換性を維持しており、最新版では2種類の無線通信技術が定義されています。

- BR/EDR
- Bluetooth LE

BR/EDRとBluetooth LEは異なる構造と特性を持っており、製品設計においてアプリケーションの要件に応じてどちらか一方、あるいは両方のテクノロジーをサポートすることが可能です。

## Bluetooth製品評価に最適なテストソリューション

モジュールやデバイスのメーカーは、製品の品質と信頼性を維持する必要があります。そのため、Bluetoothテクノロジーのような進化し続ける技術を採用した場合、最新のテスト技術を導入する必要があります。アンリツのBluetoothテストセットMT8852Bは、開発工程におけるさまざまなニーズに応じたテスト機能を提供し、モジュールやデバイスの性能を正確に評価し、高性能と高信頼が得られることを検証できます。

また、生産ラインでの検査工程では、ワンボタン操作で素早くテストができ、タクトタイム削減、歩留まり改善などのテストコストの低減に貢献します。

## Bluetooth SIGで規定されたRFテスト手順に準拠

MT8852Bは、Bluetooth RFテスト仕様で要求されるBR、EDR、Bluetooth LEのパワー、周波数、変調、受信感度などを高速かつ容易に測定できます。

- Bluetoothテストモードで測定を実行
- ループバックおよびTxモードをサポート
- デバイスのHCI (Host Control Interface) に接続してMT8852Bよりデバイスをテストモード状態に移行可能  
UART、USB、またはUSBアダプタのインタフェースに対応
- Bluetooth LE 2-Wireインタフェースを標準装備
- ダーティ信号を使用した受信感度テストをサポート

## Bluetoothモジュールのテスト

MT8852Bは、Bluetoothモジュールメーカーのテストニーズに応える性能、機能を提供します。

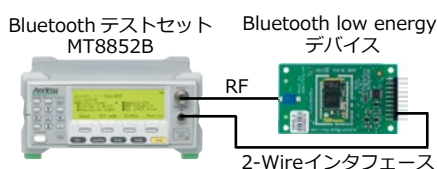
DUTのアドレスが不明の場合には、モジュールHCI (RS-232CまたはUSB) から自動的に読み取る、または照会してテストします。内蔵のCW周波数カウンタをクリスタルトリミングに使用できます。DUTは、MT8852Bとの接続インタフェースとして、RFへ直接接続したり、モジュールHCIインタフェースへ接続したりすることにより、評価できます。



## Bluetooth BR/EDR/LEデバイスのテスト

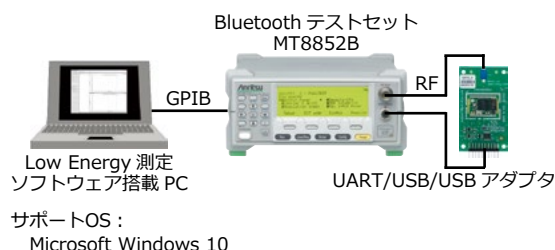
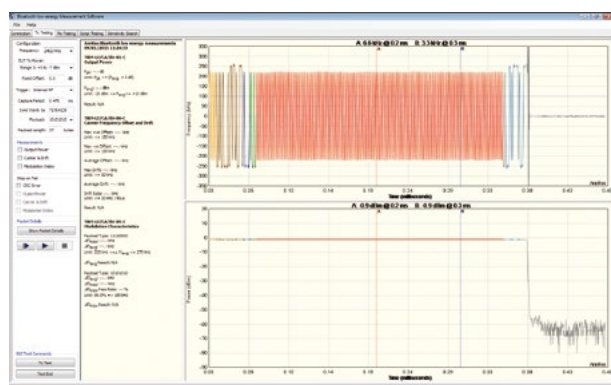
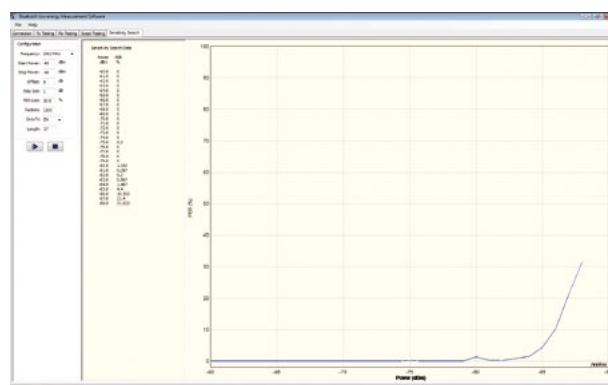
Bluetoothデバイスには、BR、EDR、Bluetooth LE機能を1つのチップに統合したデュアルモードデバイスと、Bluetooth LEのみをサポートするシングルモードデバイスの2種類があります。

BRやEDRのテストとは異なり、Bluetooth LEの仕様は、デバイス (DUT) へのシグナリングを基本としたテストモード (ループバックモード) を定義していません。DUTは、HCIインタフェースを介して送信されるテスト制御コマンドにより制御されるか、DUTがHCIインタフェースを対応しない場合には、2-Wireインタフェースを介して制御される必要があります。



Bluetooth LE測定ソフトウェアを使用することにより、PCからリモート制御して、Bluetooth low energyデバイスの測定ができます。Bluetooth LE測定ソフトウェアは、PCにインストールし、PCとMT8852Bは、GPIBケーブルにて接続します。DUTであるBluetooth LEデバイスとMT8852Bは、RFケーブルで接続します。

PC上では、DUTから送信されるリファレンスパケットの分析および表示をし、MT8852Bで設定、制御することにより、リファレンスパケットを送信してDUTの受信感度をテストできます。



関連リンク : [Bluetooth テストソリューション](#)

## 5. 進化する電子機器と多様化・高機能化する製造ライン

### 多様な無線規格の評価に最適なテストソリューション

スマートフォン、IoT端末、家電、オートモーティブなどの電子機器は、無線LAN、Bluetoothテクノロジーなどさまざまな無線通信規格と一緒に搭載し、複合的なアプリケーションとして提供しています。

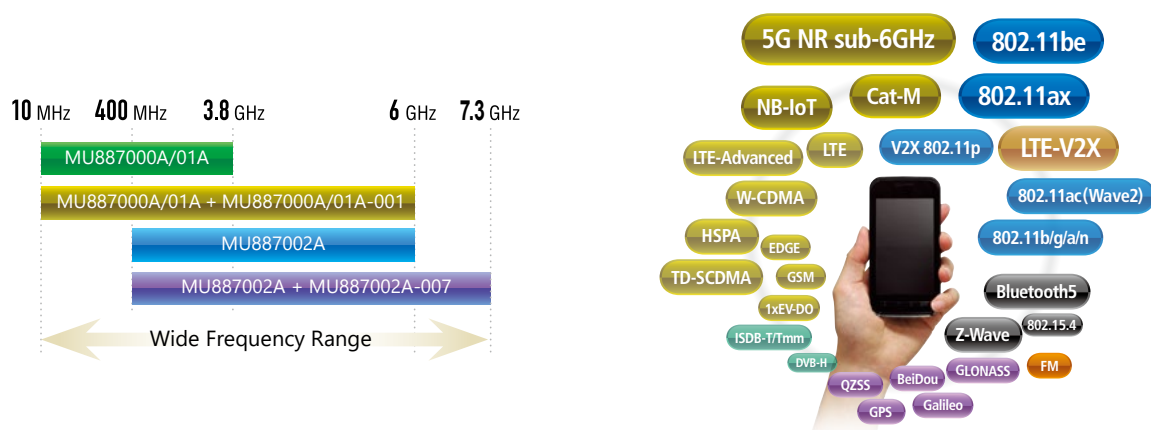
このように高機能化が進む電子機器の量生産ラインでは、製造工程でのテストが複雑化してきており、多様な通信規格に柔軟に対応しつつ生産性を高めるテストソリューションが求められています。

ユニバーサルワイヤレステストセット MT8870Aは、5G NR sub-6 GHz、LTE、LTE-V2X、無線LAN、Bluetoothテクノロジーなどさまざまな無線通信規格に対応しています。最大で4つのモジュール型テストユニットを搭載でき、それぞれを独立して制御できます。これにより、さまざまな通信規格に対応しながらも、効率的にテストを行うことができます。

### ひとつのテストユニットでさまざまな無線通信規格に対応

MU88700xAは、1つのテストユニットで複数の無線通信規格に対応できます。それぞれの通信規格への対応は、測定ソフトウェアと波形ファイルの追加によって行います。このため、送受信テストユニットは共通で使用可能です。

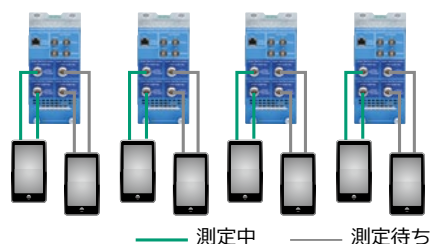
テストユニットを選択することで、広い周波数範囲に対応できます。専用測定器では特定周波数のみに対応している場合に比べて、MU88700xAは、新しい無線通信規格に柔軟に対応できます。これにより、さまざまな通信規格に迅速かつ効率的に対応できます。



### 被測定端末を8台同時接続 - PingPong測定

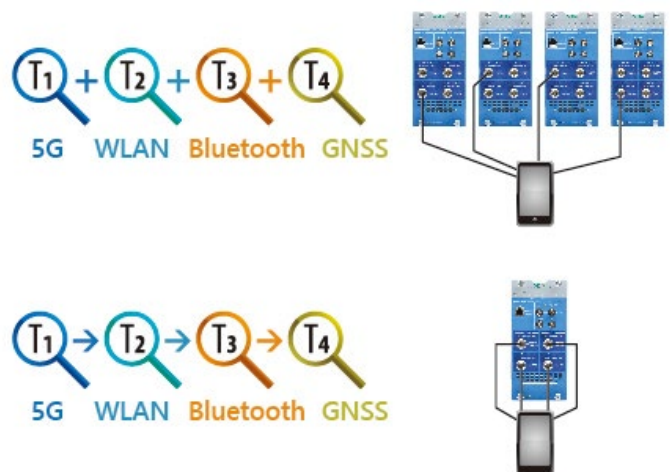
PingPong測定手法を利用することで、テストユニットに被測定端末を2台接続し、交互に連続して測定することが可能です。

MT8870Aには最大4個のテストユニットを搭載できるため、4台ずつ交互に試験できます。MU887000A/01A テストユニットは1台に4つのRFテストポートを備えて、アンテナ2本までの端末を接続できます。一方、MU887002A テストユニットは1台に2つの送受信機能があり、それぞれに12個のRFテストポートを備えています。これにより、最大8台までの端末をアンテナ6本まで接続可能です。このような機能を活用することで、製造効率を向上させることができます。



#### 4種類同時試験

スマートフォンは、セルラ通信だけでなく、Bluetoothテクノロジー、無線LANなど、複数の無線通信システムを備えています。複数の無線通信規格を同時に試験することで、1つあたりの試験時間を短縮することができます。



#### 複数の無線通信規格を1テストユニットで連続試験

1つのテストユニットに、測定対象とする無線通信規格の測定ソフトウェアと波形ファイルのライセンスを組み込むことで、複数の無線通信試験を連続して行うことが可能になります。これにより、1つの装置で異なる無線通信規格に対する連続した試験を効率的に実施可能です。

#### ユニバーサルワイヤレステストセット

##### MT8870A/MT8872A PCアプリケーション

##### CombiView

CombiViewは、グラフィカルインタフェースを兼ね備えたPCアプリケーションソフトウェアです。

研究開発、製造ライン構築、トラブルシューティングなどの場面において、ワイヤレス通信デバイスの送信パワー状態や、変調コンスタレーションなどの詳細な情報をグラフィカルに表示できます。



CombiViewは、以下の機能を提供します。

- Windowsインタフェースにて、送信測定結果のグラフィカル表示および受信試験用信号発生器の制御
- EthernetインタフェースもしくはGPIB (オプション) にて MT8870A/MT8872A (MU88700xA) をリモート制御
- MT8870A/MT8872A (MU88700xA) の設定が可能



## 6. Wireless Connectivityテストソリューション

アンリツは無線LAN、Bluetoothテクノロジーの無線品質評価用に3種類の測定器を提供しています。開発から製造、保守までそれぞれの目的に合わせて選択いただけます。

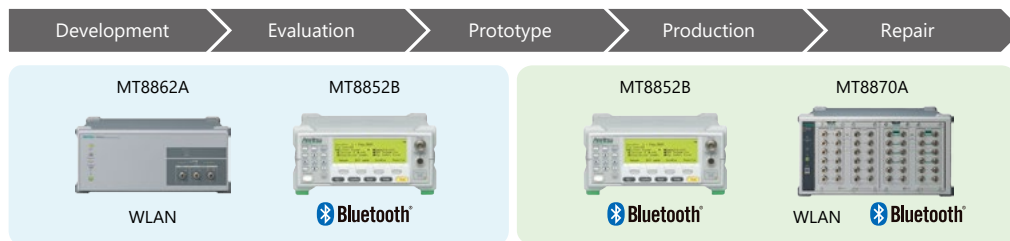
### 開発工程に最適なシグナリング機能を持ったテストソリューション：

- ワイヤレス・コネクティビティ・テスト・セット MT8862A
- Bluetoothテストセット MT8852B

※ MT8862Aはノンシグナリング、ダイレクトモードでの接続も可能です。開発初期段階のシグナリング機能を持たないデバイスに対しても試験が可能です。

### 製造工程に最適なノンシグナリングテストソリューション：

- ユニバーサルワイヤレステストセット MT8870A
- Bluetoothテストセット MT8852B



無線品質は、DUTと測定器を下記のいずれかのモードで接続して評価します。接続するモードは、DUTの状態や評価目的に合わせて選択します。

### シグナリング/ネットワークモード：

シグナリング動作により通信するための手順やプロトコルを実行し、接続を確立する方式です。実際の通信プロトコルを再現して試験することで、製品の品質や性能を実際の動作状態で評価することが可能です。テスト専用のモードを必要としないため、開発コストを抑えるなどの利点もあります。実際の通信に近い条件で測定することにより、不具合が発生した際にその原因を特定しやすくなります。

### ノンシグナリング/ダイレクトモード：

シグナリング手順を行わず、事前に指定されたデバイス間での信号入出力により接続を確立する方式です。

特定の通信プロトコルを必要としないため、プロトコル・スタックが完成していない状態での試験が可能です。また、信号の送受信を直接制御することが可能なため、高速で効率的な測定が可能となります。

## ワイヤレス・コネクティビティ・テスト・セット (WLANテスト) - MT8862A



- ネットワークモード採用：標準無線LANプロトコルメッセージング (WLANシグナリング) を使用し、無線LAN搭載機器と接続を確立することで測定可能
- IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax/be (6 GHz帯、320 MHz帯域幅) 対応
- 2x2MIMO 受信感度測定、送信パワー測定機能
- セキュリティ (WEP・WPA-Personal・WPA2-Personal・WPA3-Personal) を使用しての接続の確立に対応
- Tx測定 (送信電力、変調精度、その他) 用のICMP echo request送信機能
- Rx測定として、ACKカウントによるPER (パケットエラーレート) 測定、バスタブ曲線生成
- ウェブサーバ搭載によるウェブブラウザからのリモート制御と測定結果の表示
- フレームキャプチャログによるプロトコルメッセージの取得と解析による無線LAN接続時の問題解決
- IPインタフェース搭載による外部サーバとのIPデータ送受信対応

関連リンク：[ワイヤレスコネクティビティテストセット MT8862A](#)

## Bluetoothテストセット - MT8852B



- Bluetooth SIGに認定された業界標準のRFテストセット
- Bluetoothコア仕様バージョン5.4に対応
- Bluetoothテストモードで測定を実行
- ループバック、およびTxモードをサポート
- プロトコルに依存しないアプリケーション用信号発生器および送信機アナライザモード
- 「Quick Test」スクリプトにより、Basic Rate、EDR、Bluetooth low energyのテスト項目を15秒以内に検証可能
- 「Full Test」スクリプトにより、1回のキー操作でBluetooth SIG規格に準拠したテストを実行
- Bluetooth SIGのRF Test Specificationに準拠したBasic Rate、EDR、Bluetooth low energyの測定
- オーディオテスト機能 - 3つのSCO音声チャンネルとμ-Law、A-Law、CVSDの無線インタフェースを装備
- Adaptive Frequency Hopping (AFH) 機能の検証をサポート (MT8852B-015)
- PCソフトウェア BlueSuite Pro3により、FSK変調、パワーバーストプロファイル、PSKコンスタレーションダイアグラム、受信感度サーチなどを表示
- 自動試験ソフトウェア CombiTestにより、テストスクリプト生成、および測定結果をデータベースに保存可能
- 簡単操作 - “RUN”キーによるワンタッチ試験
- GPIBとRS232Cのリモートプログラミングインタフェース
- USBとRS232C HCI制御ポートからデバイスの初期化と制御が可能
- Bluetooth low energy 2-Wireインタフェースを標準装備
- 小型 (ハーフラック対応: 1/2MW) ・軽量 (3.8 kg以下)

関連リンク : [Bluetooth テストセット MT8852B](#)

## ユニバーサルワイヤレステストセット MT8870A



- 最大4台分の測定機能を1シャーシに搭載し、高密度な測定系を実現
- 1つのモジュールに信号発生器とシグナルアナライザを搭載
- 入れ替え可能なモジュール方式で製造ダウンタイムを削減
- 多様な通信規格に対応  
5G NR、LTE/LTE-V2X、W-CDMA/HSPA、TD-SCDMA、GSM/EDGE、CDMA2000/1xEV-DO、IEEE 802.11be/ax/ac/n/a/g/b/p (V2X)、Bluetooth、Zigbee、Z-Wave、GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo/QZSS、DVB-H、ISDB-T
- スロットあたり12個の測定端子から0 dBm (Max.) の同時信号出力に対応 (MU887002A)
- オーディオアナライザ/ジェネレータ内蔵でFM測定に対応 (MU887001A)

関連リンク : [ユニバーサルワイヤレステストセット MT8870A](#)