

# 60GHz帯小電力データ通信システムの 筐体要件について

2019年5月29日

インテル株式会社

中川義克

# 1. 60GHz帯無線システムの製品開発動向 (2012年～)

- WiGig Alliance (WGA)が中心となり進められてきたIEEE802.11ad 標準が2012年に策定され、翌年(2013年)にはWGAがWiFi Alliance (WFA) と統合。これを機にWiGig標準をベースとしたコンシューマ機器が開発される。

## ■ ワイヤレス・ドッキングステーションの登場 (2013～)

- WiGigはインターネットへの無線アクセスはもとより、各種入出力インターフェース(USB/PCIe/SD)、ディスプレイインターフェース(HDMI/Display Port)を無線化し、かつ有線ケーブルと同品質(高速、高スループット、超低遅延)の性能を提供する所に特徴がある。
- 一方で直進性および通信距離の制限があることから、ノートブックPCやタブレットをデスクトップ環境でケーブルなしで接続するワイヤレス環境を提供するワイヤレス・ドッキング・ステーションが各PCメーカーから販売されている。これらは準/静止環境での利用を想定した製品である。
- 同時に、各ドッキングステーションと互換性のあるTri-Band (2.4/5/60GHz) のWiFi/WiGigを有するノートブックPCも開発されている。
  - HP Advanced Wireless Docking Station (2015-)
  - Lenovo WiGig Dock (2016-)
  - DELL: Latitude 12/13/14/15シリーズ計18モデル、Precision 15 シリーズ
  - HP: Elite x2 シリーズ、計2モデル
  - Lenovo: Thinkpad X1/Yoga/X/T series、計7モデル

# 1. 60GHz帯無線システムの製品開発動向 (2016年～)

- コンシューマ機器の普及において最も重要となるのは相互接続性 (Interoperability)を担保することである。WFAはWiFi機器の認証を実施しているが、WGAと統合後、WiGig認証を行うプログラムの策定を進め、2016年に認証プログラム“Wi-Fi CERTIFIED WiGig”を完成、2016年第4四半期からその認証を開始した。これを受けTri-Bandアクセスポイントの製品化が始まっている。

## ■ワイヤレス・Tri-Bandルータ/アクセスポイントの登場 (2017～)

- WiGig/60GHzの活用例は4K映像のスムーズなストリーミング、映像・画像・音声データファイルの瞬時ダウンロード (100枚写真を1秒以内/HDムービーを40秒以内/フル4Kムービーを8分以内) を主としており、静止/準静止環境での利用を想定している。
  - Acelink BR-6774AD (2017)
  - TP-LINK AD7200 (2017)
  - Netgear Nighthawk X10 Wireless AD7200 (2017)
  - ASUS RT-AD7200
- またスマートフォンにTri-Bandを実装した製品も発表されている。
  - ASUS Zenfone 4 Pro (2017) - フォームウェアをアップデートすることでWiGigを有効化。

# 1. 60GHz帯無線システムの製品開発動向 (2018年～)

## ■ WiGig/60GHzを用いた新アプリケーション・ユースケースの登場 (2018～)

- 新たな利用シーンにおいてWiGigを活用する製品が登場してきた。特に今までの製品が想定していた静止・準静止環境での利用から、低速移動環境での製品が登場し、さらに高速移動環境を想定した製品開発、インフラ環境への応用など、多岐に渡る利用形態が登場してきている。それに伴い、製品のフォームファクターも多様化している。
- 応用例：
  - ✓ マルチメディア・ストリーミング
  - ✓ Virtual Reality：自由な移動/体の動きに制限なし、複数のプレーヤで作業できる。例：ゲーミング、e-Sport、教育、リハビリテーション、医療現場での応用など。
  - ✓ ITS：大量データの瞬時アップロード・ダウンロード
  - ✓ ネットワーク・インフラ：無線高速回線で高速回線の機能拡張。光ファイバー同等品質をP2Pメッシュネットワークで実現。
- 製品例：
  - ASUS WiGig Dock for ROG (Republic of Gamers) PHONE (2018)
  - ASUS ZENITH EXTREME (Ultra-Hi-end gaming desktop PC, ASUS WiGig 802.11ad moving antenna ) (2018)
  - HTC VIVE Wireless Adapter for VR HMD (RF antenna module extended at PC/AP) (2018)
  - ITS V2I (vehicle to Infrastructure) vehicular-mounted WiGig transceiver (under development)
  - Terragraph (Facebook)

# 1. 60GHz帯無線システムの製品開発動向 (2012年から現在)

ワイヤレス・ドッキングステーション、ポイント・ツー・ポイント、～準静止環境

遅延のないストリーミング、シェアリング、瞬時ダウンロード (写真、HD/4Kビデオ・映画など) , ～準静止環境

マルチメディア・リアルタイムストリーミング、VR、ITS、ネットワークインフラ、～低速移動環境、/高速移動環境



Wireless Docking stations and Tri-band notebook PC\*1-2

IEEE  
802.11ad  
-2012



Tri-band wireless router\*3



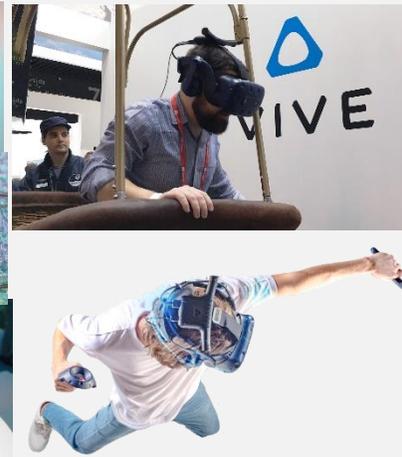
Tri-band smartphone\*4



VR HMD Wireless Adapter\*5-9



Ultra-Hi-end gaming PC\*10



WiGig Dock for gaming\*11



Terragraph\*12



V2X (ITS)\*13 イメージ\*のみ

2012 2013~

2016

2017

2018

2019/5/29 ©Intel Corporation

2019~

## 2. 60GHz帯無線システムの構成と特徴

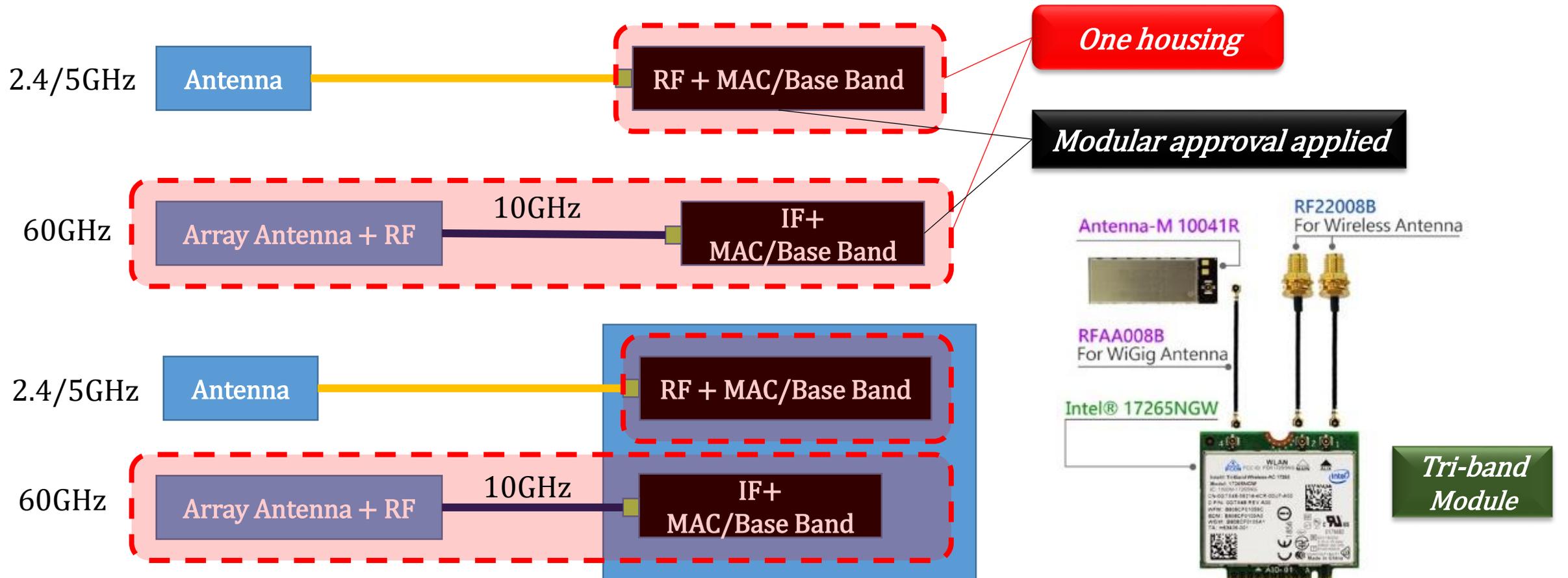
- 60GHz帯無線システムの構成要素は近年の半導体技術の向上に伴い、日本で関連規則が制定された当初（1990年代）の主流であった導波管ベースのシステムから大きく様変わりしている。
- 現在の60GHz帯無線システムの最大の特徴はアクティブ・アンテナアレイを用いたビームフォーミングを活用し通信品質を確保することにある。
- アクティブ・アンテナアレイの製作では、60GHz帯信号が伝送路において大きな損失を被るため、RF信号（60GHz帯）の伝送路を極めて短くする必要がある。このため、周波数変換部・移相器・電力増幅器等のRF回路と各アンテナ素子が一体となったRFアンテナモジュールが開発され、変復調信号は中間周波数帯で扱われている。
- 一方、変復調部（MAC/BB）は中間周波数信号を入出力するモデム・モジュールとして開発される。
- したがって、60GHz帯無線システムのフォームファクター（Form Factor）は一般的にRFアンテナ・モジュールとモデム・モジュールを中間周波数帯（例:10GHz）の同軸ケーブルで接続するという形態になる。

### 3. 無線設備規則における60GHz帯無線システムの筐体要件と課題

- 現行の規則「無線設備規則第49条の20七イ」における筐体要件：「送信機は、一の筐体に収められており、かつ、容易に開けることができないこと」は、1990年代に制定された改ざん防止を目的とした日本特有の規則であるが、WiFiと同様に半導体でシステムが開発ができる今日では、この規則が60GHz帯の活用を阻害するという課題・問題点が生じてきた。（付録1を参照）
- かねて技術基準適合証明に関わるこの筐体要件の問題点が指摘されていたが、デスクトップ回りや近距離P2Pという静止・準静止環境での使用を想定した製品に続き、2018年以降、海外では低速移動環境での使用を想定した製品が市場投入される中で、日本では筐体要件により製品の形態が著しく制限され、新しい60GHz帯の利用が妨げられるケースが出ている。
- 具体的な課題・問題点の例：
  - A) 技術基準適合証明に関する認証手続きが煩雑になっている。
  - B) 新しい形態・フォームファクターの製品が日本では使用できず、新たな応用やサービスの開発を阻害している。

### 3. 無線設備規則における60GHz帯無線システムの筐体要件と課題（例A）

- 端末に実装されるTri-bandモジュールは「2.4/5GHz高周波・変復調部」と「60GHz用中間周波・変復調部」で構成される。60GHzに関してはRFアンテナ・モジュールも含めて「一の筐体に収められている」必要があるため、2.4/5GHzと同様のモジュール認証を行う事ができず、認証の手続きが複雑化している。



### 3. 無線設備規則における60GHz帯無線システムの筐体要件と課題（例B）

- WiGig/ミリ波の無線システム構成は一般的に「アンテナ・アレイ・モジュール（高周波部）」と「中間周波・変調部モジュール」に分かれ、両者間を同軸ケーブルで接続する。「一の筐体に収める」規則は機器のデザインやユース・ケースを制限する。

例：HTC 社Vive Wireless Adapter: ヘッドマウントディスプレイ(HMD)Vive/Vive Pro用

- デスクトップPCとHMDを接続する5mほどのマルチメディアおよびコントロール信号伝送用（HDMI/Display PortおよびUSBなど）ケーブルをWiGigで無線化するアダプタ。ワイヤレスで超低遅延のマルチメディア伝送を実現。
  - 構成は [デスクトップPC拡張ボード上のモデム・モジュール] ← [同軸ケーブル] → [RFアンテナ・モジュール] ← (60GHz無線) → [HMDに実装されたWiGigトランシーバ]
  - 同軸ケーブルはRFアンテナ・モジュールを適切な場所に設置するため、その長さは2～3m必要。しかしながら、この様なシステムは現行の規則においては「一の筐体」に収まっていないので技適認証不可。



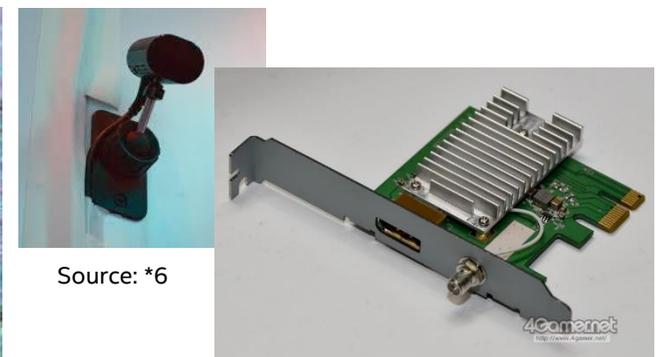
Source: \*5



Source: \*8



Source: \*7



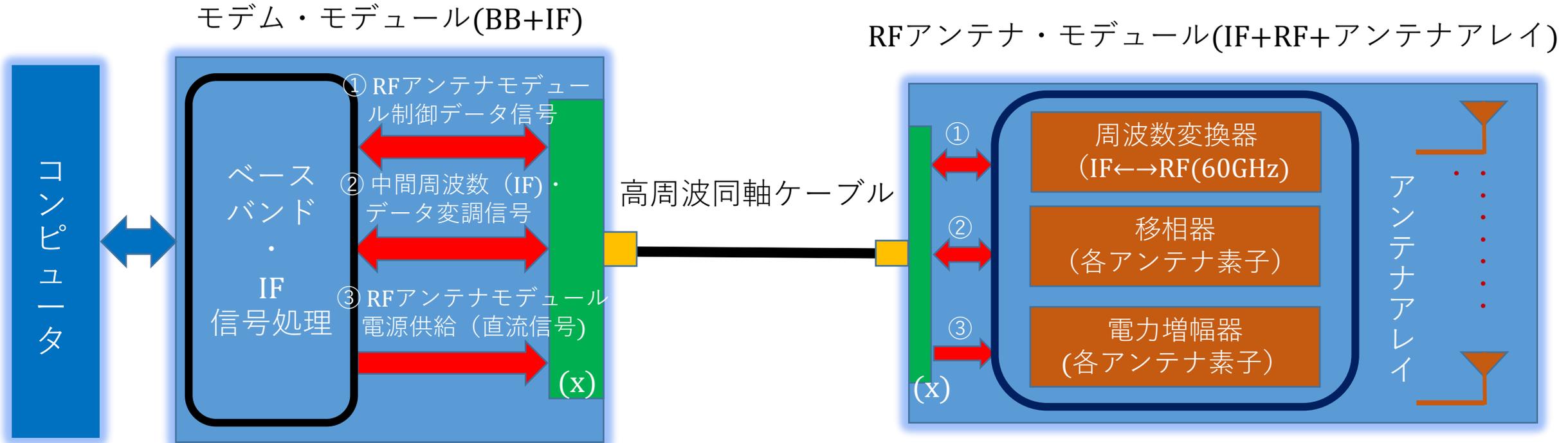
Source: \*6

Source:  
<http://www.4gamer.net/games/329/G032967/20170623137>

## 4. 改ざん防止の観点からのアクティブアンテナ無線システムの考察

- **Vive Wireless Adapter**の例を用い、一般的なアクティブアンテナを用いた**60GHz**無線システムについて、改ざん防止の観点から考察する。
- 図1にビームフォーミングを行うアクティブアンテナを用いた**60GHz**無線システムの一般的な構成例を示す。実用上の性能はアンテナの設置場所に大きく左右される為、2つのモジュール（モデム・モジュールと**RF**アンテナモジュール）を損失が**60GHz**に比べ小さい**IF**帯高周波同軸ケーブルで接続する構成となる。
- モデムモジュールと**RF**アンテナモジュールは各社・各製品独自のプロトコルでハンドシェイクを行うことで初めて一つの無線システムとして機能する。このプロトコルは非開示であり他社のモジュールと取り換えて動作させることは不可能。
- アンテナモジュール各部の制御プロトコルも各社・各製品独自に開発され非開示。
- **RF**アンテナモジュールを制御するデータはモデムモジュール内の**OTP**メモリ（**One-Time-Programmable**メモリ：1回だけ書き込めるメモリ）に格納され、ユーザのアクセスは不可能。
- 同軸ケーブルで各信号を伝送する際の回路仕様も各社が独自に設計。
- 以上の考察から、本システムが同軸ケーブルで接続された2つのモジュールで構成されていても、片方のモジュールを交換して使用する様な改ざんは不可能と判断して妥当と考える。

## 4. 図1：アクティブアンテナを用いたミリ波無線システムの一般的な構成例



■ 高周波同軸ケーブルではモデムモジュールとRFアンテナモジュール間で3種類の信号が伝送される。

- ① RFアンテナモジュールを制御するデータ信号 (各社/各製品独自のプロトコルを用いる)
  - a) モデムモジュールとRFアンテナモジュールのコネクション確立のためのハンドシェイク
  - b) RFアンテナモジュールの各機能 (周波数変換、移相器、電力増幅器など) の制御
  - c) 接続されるモジュール同士がペアとなるべき製品かをチェック
- ② 中間周波数帯で変調されたデータ信号 (無線で伝送したい情報：HDMI、USB、IPパケットなど)
- ③ RFアンテナモジュールに電源の電力を供給するための直流信号

■ 上記3種類の信号を高周波ケーブルに乗せるハードウェア (回路仕様：(x)) も各社独自の仕様。

## 5. 無線設備規則筐体要件見直しの提案

- 以上の検討結果にもとづき「無線設備規則第49条の20七イ」における筐体要件を見直すことが望ましい。
- 60GHzに限らず、今後5G NRとして割り当てられた28GHzなどミリ波無線システムをコンシューマ機器として活用していく際には、アクティブアンテナによるビームフォーミング技術の搭載は必須であり、その構成はRFアンテナモジュールとモデムモジュールを同軸ケーブルで接続するというフォームファクターが主流となる。また、直進性の高いミリ波の特長を生かすビームフォーミングを最大限に活用するには、アンテナを適切な場所に設置することが不可欠となる。
- この様な背景から、60GHzミリ波の活用を促進させるためにも筐体要件に関する規則を見直す必要があると考える。

## 付録1：無線機器の不正改ざん防止に関する海外の規則について(1/2)

- 「筐体に収める」ことで不正改ざん防止を担保しようとする規則は日本以外に例を見ない規則である。
- 米国FCCではType Approvalに必要な条件に不正改ざん防止のための技術的条件を含むが、それらは以下の3つ条件である：
  - ユニークなアンテナ・コネクタを有する事。
  - 規格に準拠しない無線機器に変更できるソフトウェアにはアクセスできない様にする事。
  - 規格に準拠しない仕様に意図的にハードウェアを変更することが禁じられている旨をユーザガイドに記す事。
  - FCC Part 15 Section 15.21およびFCC KDB 594280を参照。
- 60GHzシステムはアンテナにアクティブ・アンテナアレイを用いるため、高周波部がアンテナ・モジュールと送受信機モジュールに分散し、その間をIFケーブルで接続する構成となるが、他の諸外国でも上記FCCの基準に準拠している。
- 他の国/地域では不正改ざん防止の技術的条件を課している例はない。不正改ざん防止は、ユーザに対して改ざん行為を禁止する規則で担保している。

# 付録1：無線機器の不正改ざん防止に関する海外の規則について(2/2)

	米国	カナダ	欧州	インド	韓国	中国	東南アジア (シンガポール、タイ、 ベトナム、マレーシア)
不正改ざん防止を目的とし、「一の筐体/筐体に収める」ことを製造者に課す規則はあるか？	ない	ない	ない	ない	ない	ない	ない
Type approvalに関し、不正改ざん防止に関する要求条件はあるか？	3種類ある：(1)“ユニークな形状の”アンテナ・コネクタ実装、(2)規則に準拠しない改良を加えることができるソフトウェア制御ができないこと、(3)ハードウェアを非準拠な仕様に改良することが禁じられている旨をユーザガイドに明記すること。		ない	ない	ない	ない	ない 免許不要機器についてはType Approvalの必要なし。
不正改ざん防止の為に製造者への要求条件を記した規則はあるか？	(1) FCC Part 15 section 15.21 “Information to the User”, (2) FCC KDB 594280 “GUIDANCE ON SOFTWARE OR NETWORK CONFIGURATION OF NON-SDR DEVICES TO ENSURE COMPLIANCE”:		特になし	特になし	特になし	特になし	特になし
どのようにして不正改ざん防止を担保しているのか？	上記の要求条件を以下の通り実装する： (1)U.FLなど通常手に入らない一般的でないアンテナコネクタを使う、(2)規則準拠に重要なパラメータはOne-Time Programmable (OTP)メモリ内に格納されユーザはアクセスできない、 (3)ユーザに対して、ハードウェアもしくはソフトウェアを改良し無線機器を法令に遵守しない仕様に変えることが違法である旨を明記する。			基本的に左記米国（FCC）のポリシーを踏襲する。			
その他、不正改ざん防止に関する規則・プロセスはあるか？	上記の要求条件の実施有無の確認はTCB(Telecommunication Certification Body)の認証プロセスに含まれており、関連する全ての文書が揃っていることが承認の条件となっている。		—	WPC (Wireless Planning and Coordination wing)によるtype Approvalは必要だが、不正改ざん防止については特に規則はない。	不正改ざんを禁ずる法律として、Radio Waves Act: Article 58-10, Article 84がある。	—	不正改ざんを禁ずる法律がある。

- \*1: <https://blog.dell.com/en-us/eliminate-cord-clutter-with-the-dell-wireless-dock/>
- \*2: [http://17c4dcd7f91259d8cc66-f5932f6db0039e8c02f89a70c334ff0e.r2.cf1.rackcdn.com/wp-content/uploads/sites/2/X1\\_Carbon\\_WiGig.jpg](http://17c4dcd7f91259d8cc66-f5932f6db0039e8c02f89a70c334ff0e.r2.cf1.rackcdn.com/wp-content/uploads/sites/2/X1_Carbon_WiGig.jpg)
- \*3: <https://nerdtechy.com/netgear-nighthawk-x10-review>
- \*4: <https://www.digit.in/mobile-phones/asus-zenfone-4-pro-price-65769.html>
- \*5: <https://www.roadtovr.com/mwc-2018-htc-shows-off-vive-pro-with-vive-wireless-adapter-at-mwc-2018/>
- \*6: <https://www.roadtovr.com/ces-2018-vive-wireless-adapter-hands-on-robust-connection-latency-too/>
- \*7: <https://www.makeuseof.com/tag/htc-vive-wireless-adaptor-review/>
- \*8: <https://www.roadtovr.com/htcs-vive-wireless-adaptor-works-with-vive-and-vive-pro/>
- \*9: <https://www.vive.com/eu/wireless-adapter/>
- \*10: <https://pcpartpicker.com/product/zkx9TW/asus-rog-zenith-extreme-eatx-tr4-motherboard-rog-zenith-extreme>
- \*11: <http://www.appsgadget.com/2018/06/05/sensation-playing-a-handheld-game-console-in-asus-rog-phone/>
- \*12: <https://www.mercurynews.com/2017/11/28/gigabit-speed-internet-in-san-jose-facebook-pilot-brings-high-hopes-despite-delays/>
- \*13: [https://https://www.nextmobility.jp/new\\_technology/agc-docomo-ericsson-successfully-5g-communication-with-cars-on-glass-antenna20180725/](https://https://www.nextmobility.jp/new_technology/agc-docomo-ericsson-successfully-5g-communication-with-cars-on-glass-antenna20180725/)
  
- \*5: <https://www.roadtovr.com/mwc-2018-htc-shows-off-vive-pro-with-vive-wireless-adapter-at-mwc-2018/>
- \*6: <https://www.roadtovr.com/ces-2018-vive-wireless-adapter-hands-on-robust-connection-latency-too/>
- \*7: <https://www.makeuseof.com/tag/htc-vive-wireless-adaptor-review/>
- \*8: <https://www.roadtovr.com/htcs-vive-wireless-adaptor-works-with-vive-and-vive-pro/>

No license (express or implied, by estoppel or otherwise) to any intellectual property rights is granted by this document.

Intel disclaims all express and implied warranties, including without limitation, the implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, and non-infringement, as well as any warranty arising from course of performance, course of dealing, or usage in trade.

This document contains information on products, services and/or processes in development. All information provided here is subject to change without notice. Contact your Intel representative to obtain the latest forecast, schedule, specifications and roadmaps.

The products and services described may contain defects or errors known as errata which may cause deviations from published specifications. Current characterized errata are available on request.

Intel and the Intel logo are trademarks of Intel Corporation in the U.S. and/or other countries.

\*Other names and brands may be claimed as the property of others

© Intel Corporation.