

無線 LAN と移動体通信について

☆☆ IEEE 802.11、Wi-Fi、5G ☆☆

パソ救勉強会 2019(R1).9.22(日)

2019(R1).9.3~9.14 T. Ogawa

2012(H24).9.23 のパソ救・勉強会で「ネットワーク・プロトコルの概要¹⁾」について勉強してから、6年が過ぎました。

(参考) ネットワーク プロトコルの概要 (2012(H12)9.23 勉強) の目次

1. ネットワークアーキテクチャー
2. プロトコルの階層化とカプセル化
3. TCP/IP プロトコルの主なプロトコル
4. コマンドプロンプトについて
5. ヘッダーとフレームの構造

入会以来 31 回目の講師担当になりますが、今回はよく耳にする「IEEE802.11ax」、「Wi-Fi 6」、「5G」等について説明します。

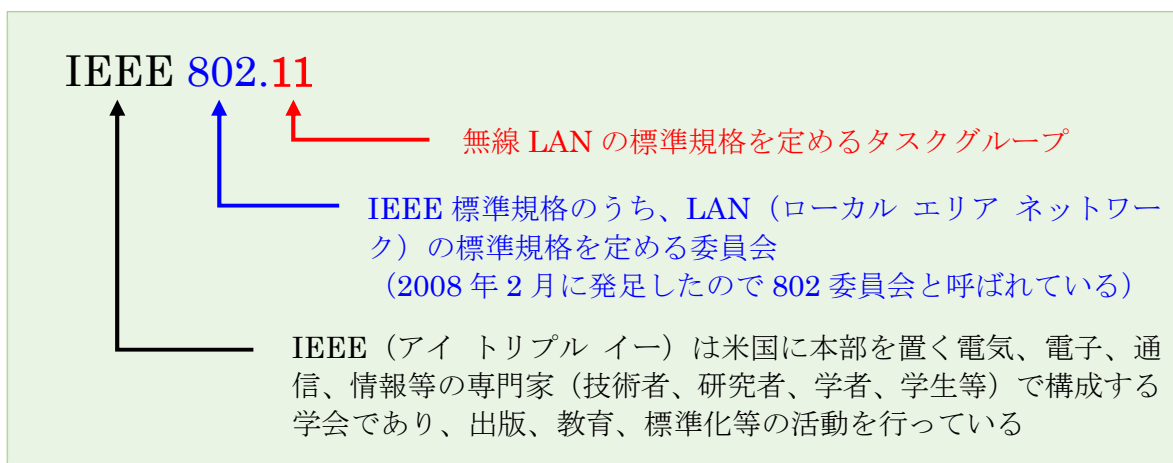
なお、前 2 つの「IEEE 802.11」と「Wi-Fi」は屋内で使用する無線 LAN の規格の製品認証であり、3 つ目の「5G」は携帯電話や I O T (Internet of Thingth: 物のインターネット) の移動体通信 (固定局~端末、端末~端末) の世代番号です。

1. 無線 LAN の標準規格と機器認証

(1) 「IEEE 802.11」について

IEEE 802.11 は、米国に置かれた電気工学、電子工学、通信工学、情報工学等の出版、教育、標準化等を行う専門家で作る研究機関にある一組織であり、無線 LAN の標準規格の制定を担当している。

【参考】



IEEE 802.11 ではそれぞれの作業部会 (タスクグループ) を作り、無線 LAN の標準規格 (11a、11b、11g、11n、11ac、11ax) を制定してきた。

(2) 「IEEE 802.11」の主な規格

次の表は、主な IEEE 802.11 の無線 LAN の標準規格と、無線 LAN 機器に対する Wi-Fi アライアンスによる規格認証をまとめたものです。

IEEE 802	策定	周波数帯	ストリーム数 (チャンネル幅)	最大速度	Wi-Fi アライアンス	
					認証 (規格合格)	ナンバー
11a	1999.10	5GHz	1 (20MHz)	54Mbps	Wi-Fi CERTIFIED a	ナシ
11b	1999.10	2.4GHz	1 (22MHz)	11Mbps	Wi-Fi CERTIFIED b	ナシ
11g	2003.06	2.4GHz	1 (20MHz)	54Mbps	Wi-Fi CERTIFIED g	ナシ
11n	2009.09	2.4GHz 5GHz	1～4 (20/40MHz)	65Mbps ～ 600Mbps	Wi-Fi CERTIFIED n	Wi-Fi 4
11ac	2014.01	5GHz	1～8 (80/160MHz)	92Mbps ～ 6.9Gbps	Wi-Fi CERTIFIED ac	Wi-Fi 5
11ax	2020	2.4GHz 5GHz	1～8 (80/160MHz)	600Mbps ～ 9.6Gbps	Wi-Fi CERTIFIED ax	Wi-Fi 6

【説明】

- 「周波数帯」は該規格で使用する電波の周波数群であり、無線 LAN では 2.4GHz 帯または 5GHz 帯が使われてきた。
なお「GHz」は 1 秒間に 10 億 (1,000,000,000) のパルス (オン/オフ) を繰り返すことを示している
- 「ストリーム数」の「数字」はデータを並列に分割して送受信して高速伝送する方式での電波の通り道の数であり、自動車道の車線数に例えられる
- 「ストリーム数」の「チャンネル幅」は 1 ストリームで使用可能な電波帯の幅であり、水道管の太さに相当するか？
- 「最大速度」は公称値の最大速度であり、「Mbps」は 1 秒間に 100 万 (1,000,000) bit (ビット) の「Gbps」は 1 秒間に 10 億 (1,000,000,000) bit (ビット) のデータを伝送することができることを示す

(3) Wi-Fi アライアンスによる無線 LAN 製品の認証

IEEE 802.11 で規格化された初期の製品では、製造元が異なる場合に接続や通信が保障できず、購入した無線 LAN 製品が利用できないという問題が発生した。

この問題を解決するため、1999 年に業界団体の WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) が設立され、無線 LAN 製品の相互接続・通信を行うための相互接続試験を行って標準規格への適合性を認証するようになった。

その後、2003 年に相互接続性認証プログラムを発表し、認証取得製品のブランド名を「[Wi-Fi](#)」と定義するとともに、団体名を ワイファイ アライアンス Wi-Fi Alliance に変更した。

(4) 無線 LAN で通信が可能な距離は？

免許不要の電波出力は最大 1000mW であり、国内で売られている無線 LAN ルータは、ハイパワーの製品でも 10mW 以下である。

家庭内で使用されている無線 LAN での通信距離は、壁、扉、床、天井の材質や厚さで異なるが、全く障害物がない空間でも 100m が限界と言われている。

2. 移動体通信(3G、4G、5G)について

3G、4G、5Gの概要が知りたくて「モバイル通信とは」でGoogle検索したら、上位はスマホの「モバイルデータ通信」のオン/オフの記事が殆どで面食らった。

そこで「移動体通信とは」でGoogle検索したら、「3G」、「LET」、「4G」、「5G」等の記事が多数ヒットした。

しかし調べて行くうちに「移動体通信」は、技術専門家が組織して無線LANを標準規格化し互換性を認証するIEEE 802.11とは異次元の世界であることに気付いた。

移動体通信の世界では、各国の政府と各国の企業（通信事業者、大手企業等）が競い合う世界であり、Web記事だけでは理解しきれない非力を感じた。・・・『群網像を撫でる』の世界か？

(1) 移動体通信について

移動体通信（モバイル コミュニケーション Mobile Communication）は、移動する通信端末相互間の通信、移動する通信端末と最寄りの通信基地局間の通信を言う。

この移動体通信は、主に屋内で使用する無線LANとは全く異なる通信技術である。

(2) 第5世代モバイル通信システム（5G）標準化に向けた国際的な動向

<https://www.fujitsu.com/jp/group/mtc/technology/trend/g5-global/>

モバイル通信システムの国際標準を扱うアイティユー スリージーピーピーITUと3GPPでは、2020年の5G（IMT-2020）の実現に向け、標準化活動が最終フェーズを迎えている。

(注) 1. モバイル通信システム国際基準：アイエムティイー インターナショナル モバイル テレコミュニケーションズIMT (International Mobile Telecommunications)

2. 国際電気通信連合：インターナショナル テレコミュニケーション ユニオンITU (International Telecommunication Union)


3. 3GPP (サード ジェネレーション パートナーシップ プロジェクト 3rd Generation Partnership Project)

3GPPは、W-CDMAとGSM発展形ネットワークを基本とする3Gスマホ、3.9Gスマホに対応するLTEや、4Gスマホに対応するLTE-Advanced、さらに次世代5G移動体通信の仕様の検討・作成を行う標準化プロジェクト

(3) 移動体通信の世代

スマホ画面の上部のステータスバーを見ると  (受信電波強度) の左隣に **3G**、**VoLTE**、**4G**、**LTE** 等のアイコンが表示されている。

これらのアイコンはスマホが接続している通信回線（移動体通信）の世代を示している。

(参考) 表示されたアイコンが  の場合は、自宅やWi-Fiスポットの無線LAN（Wi-Fi）に接続し、インターネット網を経由して通信していることを示していて、移動体通信の通信料の対象外であることを示している。

(蛇足) Android スマホでのWi-Fiの登録手順は次のとおり

- ① [設定] → ② [Wi-Fi] をON → ③ [Wi-Fi] をタップ →
- ④ 目的の[SSID] をタップ → ⑤ 「パスワード」を入力 ⑥ [接続] をタップ

移動体通信の世代と特徴

世代	開始年	方式・通信速度/電波帯	概要その他
1G	1986	アナログ方式	無線電話
2G	1993	デジタル方式	パケット方式の携帯電話（電子メール、Web 閲覧）
3G、	2004	約 14Mbps	マルチアクセス（音声通話とパケット通信を同時に行う）
3.9G	2010	75～100Mbps	LTE（郵政の位置付け） （注）VoLTE（Voice Over LTE：音声は 3G 回線使用し、データは 4G 回線を使用）
4G	2016	100Mbps 以上	LTE-Advanced（本当の 4G）
5G	2020	3.7GHz 帯と 4.5GHz 帯 28GHz 帯	(5) の「5G に求められるもの」を参照のこと

(注) 現在主流の **LTE**（ロングタームエボリューション Long Term Evolution：長期間進化を続けるの意）は第 4 世代の移動体通信と言われるが、LTE には VoLTE と IET Advance とがある。

1. ヴォルテ VoLTE

VoLTE（Voice over ロングタームエボリューション Long Term Evolution）はスマホに利用されるデータ通信技術および通信技術規格の名称である。

VoLTE は単に **LET** と呼ばれることもあるが、**3.9G** ともいわれている。

VoLTE は 3G の技術を基盤として音声データのデジタル化や複数の新技術を追加して高速化を実現している。

通信事業者毎に若干内容が異なることがあるらしい。

2. エルティイーアドバンスド LTE Advanced

LTE Advanced は、スマホに利用されるデータ通信技術および通信技術規格の名称である。単に LET と呼ばれることもある。

(4) 第 5 世代移動体通信（5G）の必要性について

現在使用している 3G/4G の移動体通信システムで接続できスマホ等の **上限は 150 億台** と試算されている。

ところが現時点で利用されているスマホ等の数は **既に約 90 億台に達している**。

今後もスマホ等の使用台数の増加が見込まれているが、後は新たに IoT^(※) で接続する移動体通信端末が増えてくると予想されているので、現在の 3G/4G のインフラではパンクしてしまう。

この身近に迫った移動体通信インフラの満杯を避けるため、早急に新たな移動体通信の導入が必要であり、それを「5G」と呼んでいる。

(※) アイオーティー インターネット オブ シングス IoT（Internet of Things）とは、物のインターネット接続のことをいう。

- IoT で言う「物」とは、今までインターネットに接続しなかった物（センサー機器、駆動装置、建物、車、電子機器など）等を指す
- 5G のネットワークに接続した「物」を、インターネットを経由してサーバーやクラウドサービスに接続する。これにより「物」と情報システムが相互に情報交換をする
- 「物」がインターネットと接続されることで、今まで埋もれていたデータをサーバー上で、処理、変換、分析、連携することが可能になる
- 主な利用としては、「モニタリング」、「予防／予知保全」、「データ連携／モバイル連携」、「遠隔制御」などがある

(5) 5Gに求められるもの

大容量化、高速通信、低遅延化・高信頼性、超多数端末の同時接続、低コスト化・省電力化が5Gに対する要求条件であり、本年（2019年）或いは来年（2020年）のサービス開始が求められている。

巷には既に5G対応を標榜するスマホが出ているとのWeb情報があるようだが・・・

① 大容量化

移動体通信の通信量は爆発的に増加しており、2020年代には2010年の1,000倍以上に達するとも予測されているので、それを超える大容量化が必要

② 高速通信

LTEと比較して100倍程（数100Mbps～1Gbps程度）を移動環境も含めたあらゆる環境で提供し、良好な無線環境でのピーク伝送速度では10Gbps以上

③ 低遅延化・高信頼性

5G区間での通信遅延をLTEの1/5となる1ms以下にまで低減する。
自動運転などのように安全、確実であることが必要なサービスでは、高信頼性も要求される

④ 超多数端末の同時接続

IoTの常時接続、ユーザ密集、災害時等のため現在の100倍以上の同時接続が必要

- ・ IoTにより5G通信網に常時接続する端末数が急激に増加する
- ・ スタジアムやイベント会場のように多くのユーザが密集した環境
- ・ 災害時のように多数の同時アクセスが想定される状況
- ・ その他さまざまな場面で超多数端末の同時接続をサポートすることが必要

⑤ 低コスト化・省電力化

ユーザの通信量当りのネットワークコストを大幅に低減することが必要である。
自然環境の保護のため、高い性能を可能な限り省電力で提供していくことが必要である。
IoT端末の普及を考慮すると、低コストで長寿命なバッテリーの必要である

(6) 日本での5G用の電波の割り当て状況

郵政省は2019/04/10に携帯4社（NTTドコモ、KDDI、ソフトバンク、楽天モバイル）に次世代通信規格（5G）に必要な電波の割り当てを行った。

	NTTドコモ	KDDI	ソフトバンク	楽天モバイル
サービス開始	2020春	2020/03	2020/03頃	2020/06頃
2024年カバー率※1	97.0%	93.2%	64.0%	56.1%
電波帯	3.7GHz	1枠	2枠	1枠
	4.5GHz	1枠	—	—
	28GHz	1枠	1枠	1枠
基本条件	9項目			
追加条件	無し	無し	2条件を追加※2	4条件を追加※3

※1) カバー率は、5年以内に全国4,500区画（10Km四方／区画）の何%に基地局を設置するかの目標値である。

なお郵政省は5年以内に50%の区間に基地局を設置する必須条件を付けている

※2) ① 重大事故の再発防止策の徹底、② 電気通信設備の安全・信頼性の向上の2条件を追加

※3) ① 基地局の着実な開設、② 基地局の設置場所の確保と工事業者との協力体制の構築、③ 必要な社内体制を構築し、無線従事者など必要な技術要員や基地局の開設に必要な人員の確保、配置、④ 資金の確保その他財務の健全性の確保の4条件追加