



無線LANとPANに関する技術

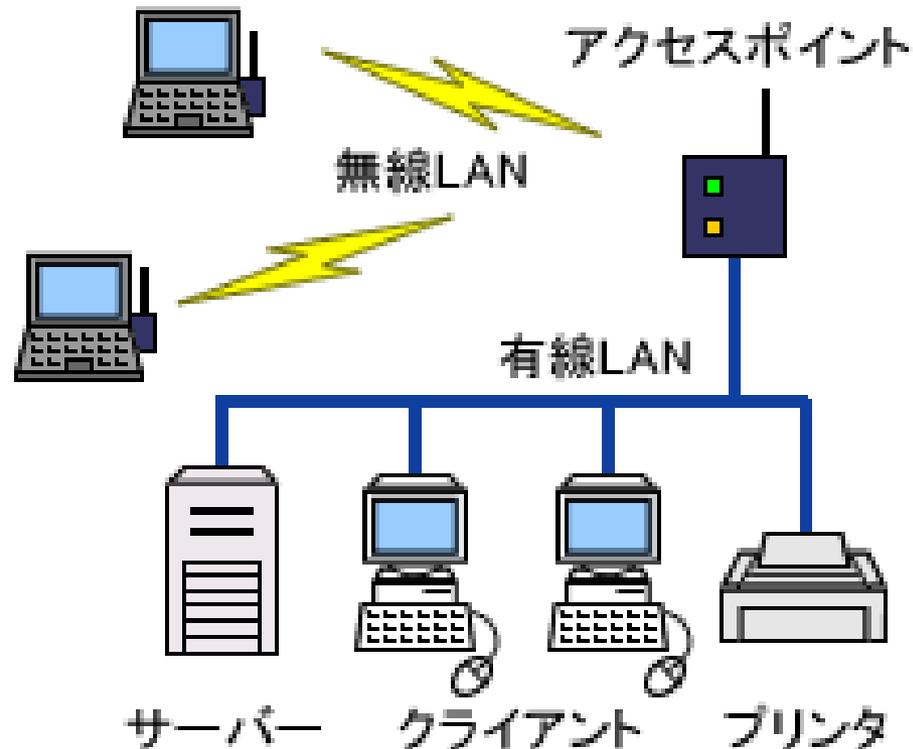
山田 真之 田村 寿浩 馬 建華

色々な無線技術

- IEEE 802.11 b/a/g/j/n/ac
- IEEE 802.15 (Wireless Personal Area Network)
 - Bluetooth
 - Ultra Wide Band (超広帯域無線)
 - ZigBee
- IrDA
- Wi-Fi
- Wi-max
- LTE/Advanced

基本技術

無線LANとは単純に、有線LANのケーブルを無線に置き換えたもの



無線LANと有線LANの比較

	有線LAN	無線LAN
1	HUBを幹線に接続	Access Point (AP)を幹線に接続
2	ケーブルで機器をHUBに接続	Stationが適切なAPを検出
3	HUBと接続が確立	StationがAPにアソシエーション
4	IPアドレスの割り振り	IPアドレスの割り振り
5	ARPパケットで相手を探す	ARPパケットで相手を探す
6	TCP/IPで通信	TCP/IPで通信
7	ケーブルが抜ける	Beaconが途絶える APが接続を解除

Beacon Packet

無線LANのAPから送出される信号 (パケット)。
無線LANアダプタを備えた機器が信号を受信し、
ネットワークの検出をする

100ms(0.1秒)の間隔で送信

- AP(アクセスポイント)の暗号設定
- APの通信伝送レート設定
- SSID(ESSID)

SSID (Service Set Identifier)

IEEE 802.11を識別するための番号
APから受信したデータにSSIDの情報が
含まれている
最大32文字の英数字を任意に設定

例) 学校のAPのSSID :

「K-APLAN-NET2010」

無線LANの認証セキュリティ

IEEE 802.11で定義されているセキュリティ

- ESSID

- MACフィルタリング

- WEP64/128

 - セキュリティのために用意されているが、WEPアルゴリズムは暗号学的に弱い。最近では一瞬で解読できてしまうようなので、使用はおすすめしない

- WPA (Wi-Fi Protected Access) -2002/10～



IEEE 802.11

IEEEによって1997年に策定された広く普及している無線LAN規格の一つ

規格	策定期期	周波数帯	速度	備考
IEEE 802.11 b	1999年10月	2.4GHz	11Mbps / 5.5Mbps	完全免許不要
IEEE 802.11 a	1999年	5GHz	30Mbps / 60Mbps	完全免許不要
IEEE 802.11 g	2003年	2.4GHz	54Mbps / 24Mbps	完全免許不要
IEEE 802.11 n	2009年	2.4GHz - 2.5GHz 5.15 - 5.35GHz 5.47 - 5.725GHz	600Mbps	

IEEE 802.11 ac
6.93Gbps

IEEE 802.11 – 主な特徴

- 物理レイヤとMACレイヤ規格から構成
- 2.4GHz帯の無線だけでなく、赤外線物理レイヤもサポート
- 周波数ホッピング方式(FHSS)・直接拡散方式(DHSS)・赤外線方式の3種類
- CSMA/CA方式 – “Listen Before Talk”
 - APが自律分散的に動作

第2層 データリンク層

通信路の確保やエラー訂正に関する規定。

第1層 物理層

物理的な回線や機器類、電気信号に関する



CSMA/CA方式

■ Carrier Sense

通信開始前に、一度受信をして通信している他のホストがあるか確認

■ Multiple Access

複数のクライアントで回線を共有、他が通信をしていなければ通信を開始

■ Collision Avoidance

CSの段階で通信中のホストが存在した場合、通信終了時に衝突の可能性が高いため、送信開始前にランダムに待ち時間をとる

IEEE 802.11b (High-Rate Direct Sequence)

- **周波数帯域**：2.4GHz – ISM帯
- **通信速度**：2Mbps \Rightarrow 11Mbps (22Mbps)
- **直接拡散方式(DHSS)をベースにCCK (Complementary Code Keying)方式を採用し高速度化を実現**
- **チャンネル幅が22MHzのため、最大4個のチャンネル (実際には3個がほとんど)**

IEEE 802.11a

- 周波数帯域：5GHz
- 通信速度：最大54Mbps
- OFDM方式による物理レイヤ規格
(Orthogonal Frequency Division Multiple)
- 最大19チャンネル(制限付)
- 日本向けにIEEE 802.11jもある

IEEE 802.11g

802.11bの上位規格として開発・上位互換を持つ

- 周波数帯域：2.4GHz – ISM帯
- 通信速度：最大54Mbps
- 802.11aで確立したOFDM方式を用いて高速化。
ISMバンドの利用のため、機器の干渉を受ける
可能性から802.11aより実行速度は落ちる
- チャンネルは5MHz間隔：最大3個のチャンネル

IEEE 802.11n

- 2.4GHz/5GHz の周波数帯域を用い、最大伝送速度 600Mbps、実効速度で100Mbps以上の実現に向け策定された規格。従来の規格とも相互接続可能
- 規格に適合していても、使用する周波数帯や同時に通信できるチャンネル数、チャンネルボンディングへの対応などは、個々の製品によって異なる
- 理論値：150Mbps (チャンネルボンディングのみ)
：300Mbps (+MIMO (Multiple Input Multiple Output))

IEEE 802.11n – 技術

- MIMOを使用し、複数のアンテナで送受信を行う(マルチストリーミング)、多元接続の一つ
- 複数のチャネルを結合するチャンネルボンディング

MIMO (Multiple Input Multiple Output)

複数のアンテナでデータの送受信を行う無線通信技術

- 送信側・受信側双方が複数のアンテナを持ち、送信側は複数のデータを複数のアンテナを使って同じタイミング・周波数で一度に送信
- 単位時間あたりの通信量を増やすのが目的

IEEE 802.11ac

- **5GHz** の周波数帯域を用い、最大伝送速度 **6.93Gbps** の次世代無線LAN規格！

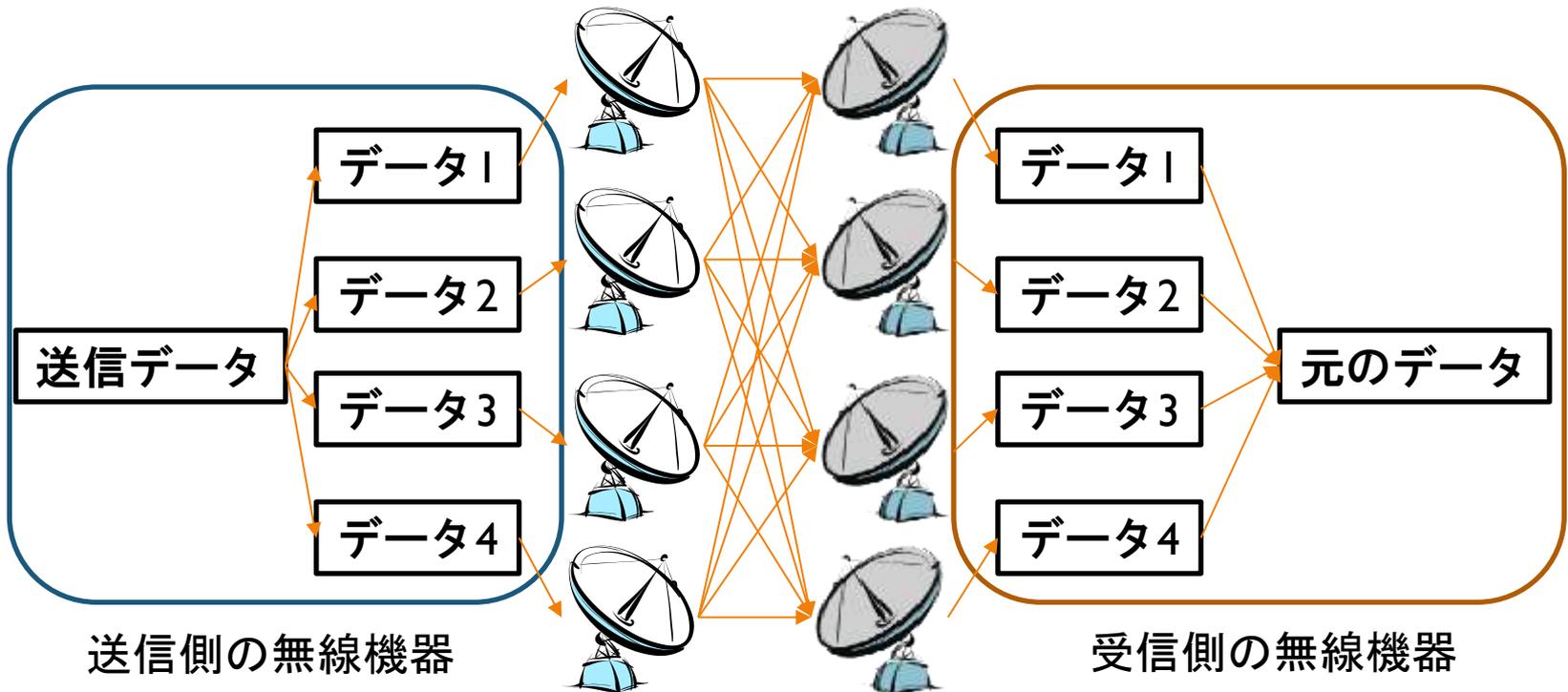
※2013年3月現在策定作業中(Draft段階)

- 802.11nの後継として拡張されているため従来の規格とも相互接続可能

IEEE 802.11acの特徴

- 強化されたMIMO

あるデータを複数に分割して複数のアンテナで送信し複数のアンテナで受信したものを統合し高速化を図る

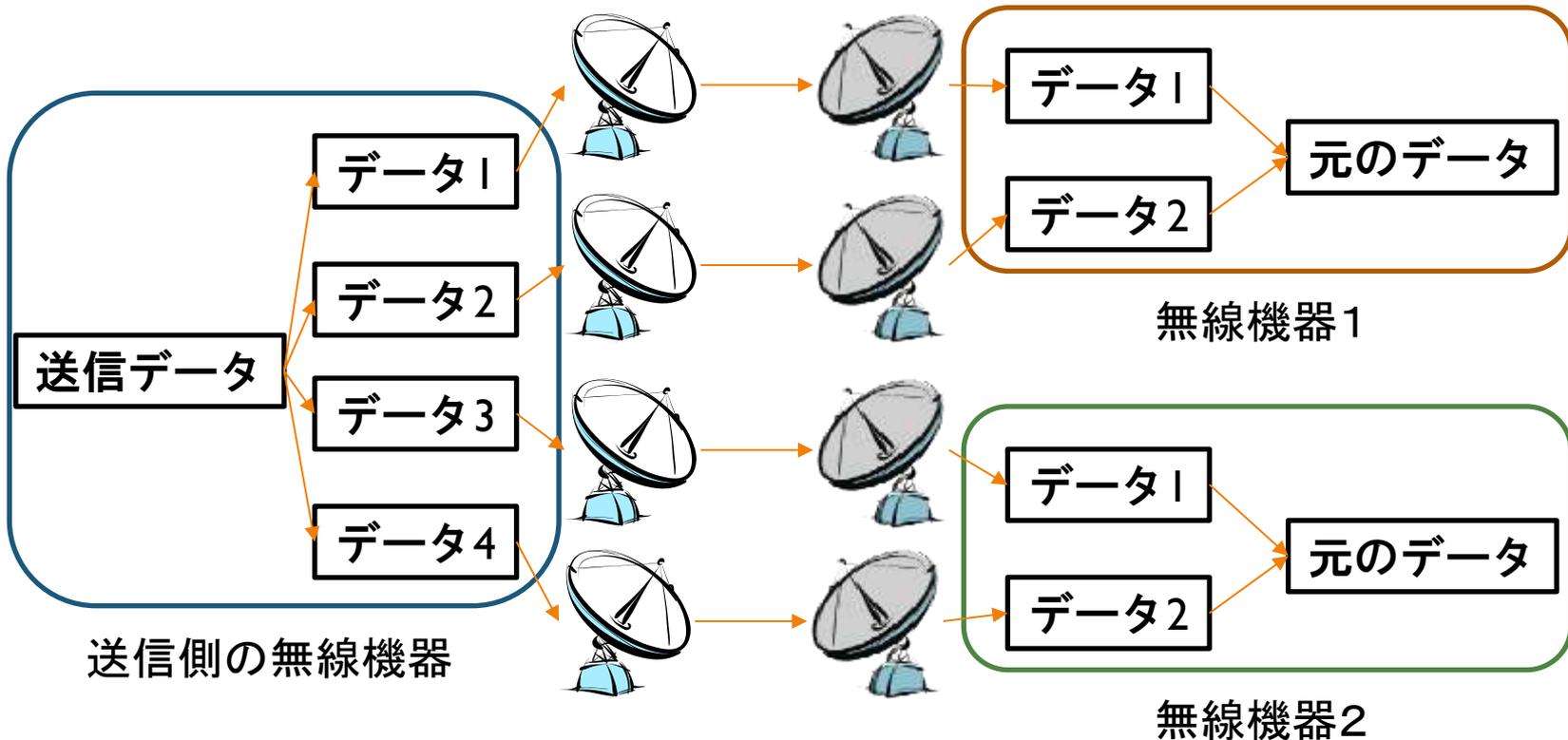


IEEE 802.11nでは送受信のアンテナが4本ずつ(4x4)

→IEEE 802.11acでは送受信のアンテナが8本ずつ(8x8)

IEEE 802.11acの特徴

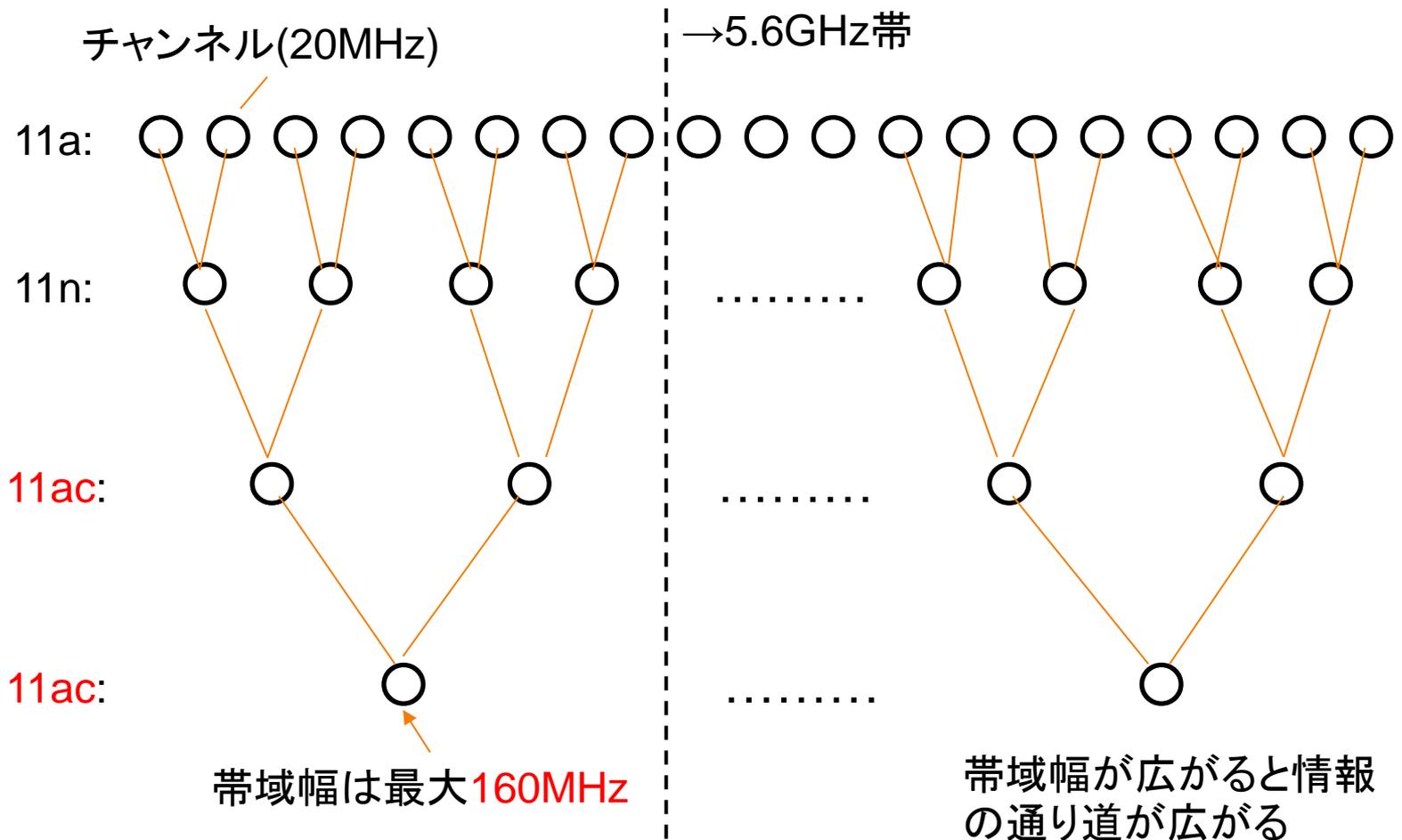
- マルチユーザMIMO(新機能)



IEEE 802.11nでは、1台ずつとしか通信しかできなかった
→IEEE802.11acでは、**最大4台**と**同時**に通信できる。

IEEE 802.11acの特徴

- チャンネルボンディングの強化

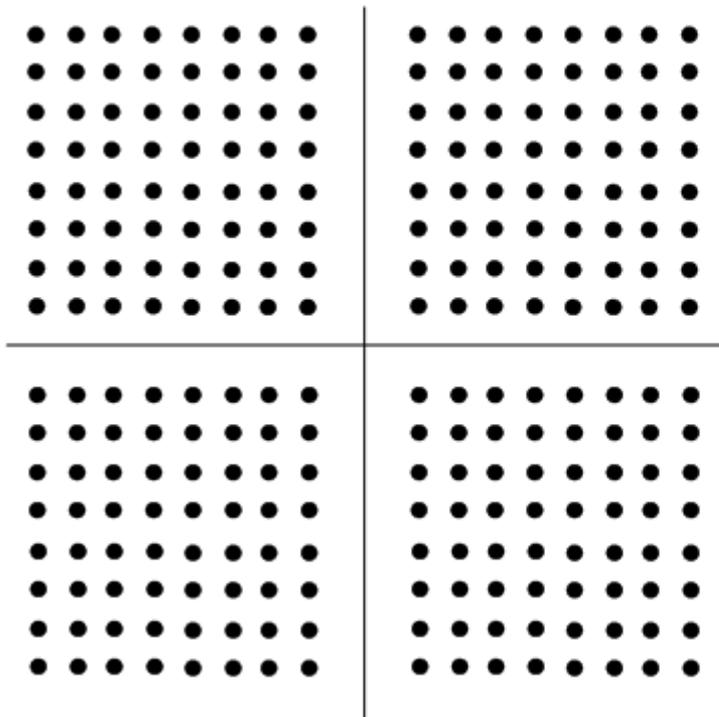


IEEE 802.11acの特徴

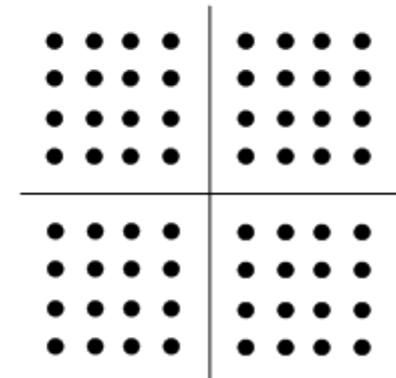
- 変調信号の多値化

データを電波に変換する際に多くのデータを変調させれば高速化につながる

IEEE802.11ac - 256QAM
(1回の変調に 8 ビット)



IEEE802.11n - 64QAM
(1回の変調に 6 ビット)



IEEE 802.11acの特徴

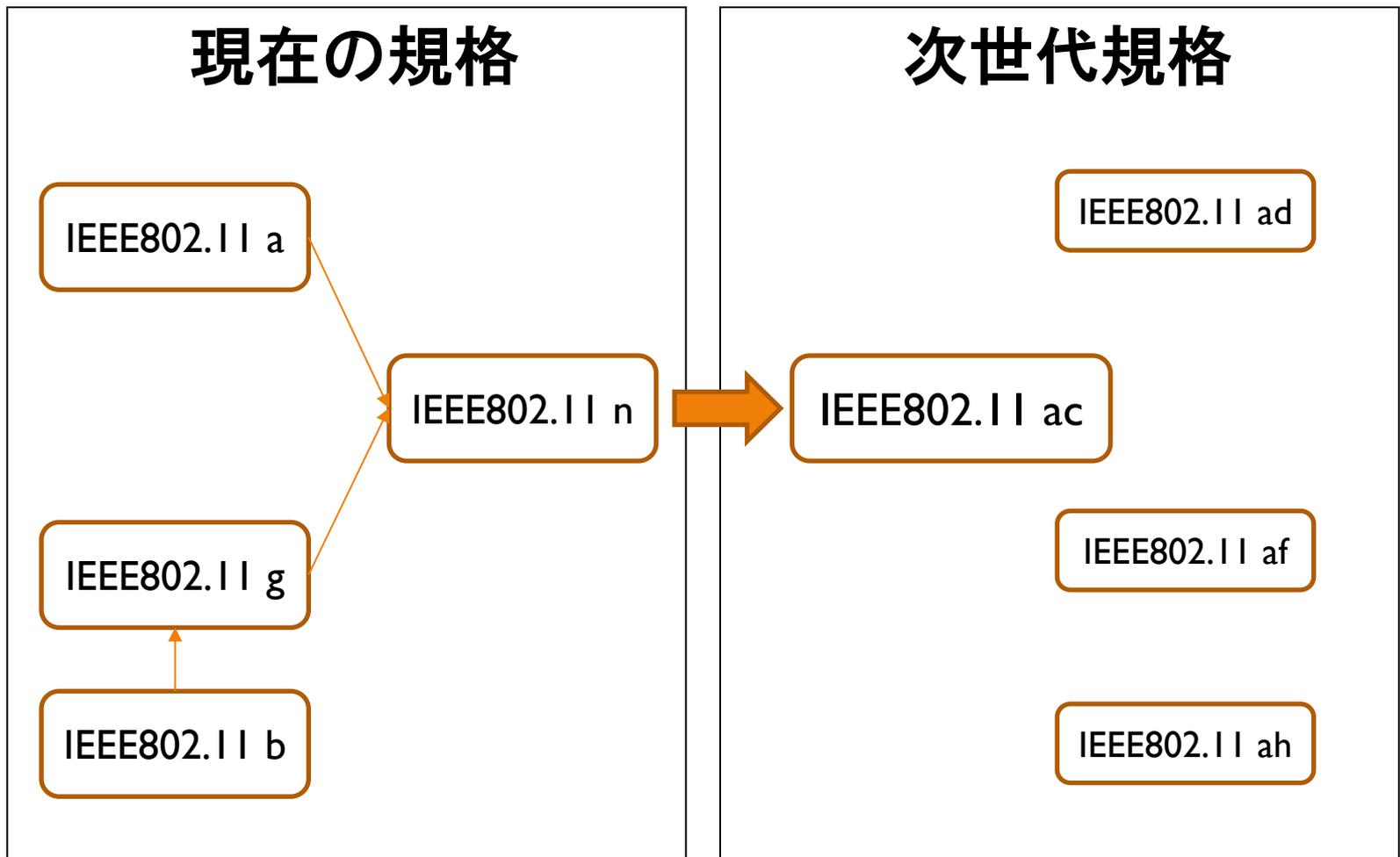
→一度に多くの情報を変調させると干渉に弱くなる



※5GHz帯は事実上無線LAN専用の帯域なので、
2.4GHz帯のように他の無線機器からの干渉がほとんど
ない

[5GHz帯無線ルータのメリットの考察\(IT media\)](#)

IEEE 802.11の規格の流れ



IEEE 802.15 (Wireless Personal Area Network)

近距離無線通信の仕様標準化のため、IEEE 802.11より独立。

- Bluetooth (IEEE 802.15.1)
-東芝, エリクソン, Intel, IBM, ノキアが中心と
なって提唱
- Ultra Wide Band (超広帯域無線, IEEE 802.15.3a)
- ZigBee (IEEE 802.15.4)

Bluetooth (IEEE 802.15.1)



東芝, エリクソン, Intel, IBM, ノキアが中心となって提唱

- 周波数帯域：2.4GHz – ISM帯
- 通信範囲：半径10-100m
- 通信速度：最大24Mbps (3.0以上)
- 変調方式：GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)方式
- 128ビットの暗号化モードのセキュリティ
- 技術的に遅延が存在する

Bluetooth – クラスとバージョン



■ クラス

クラス	電波強度	到達距離
Class 1	100mW	100m
Class 2	2.5mW	10m
Class 3	1mW	1m

■ バージョン

	ver	概要
	1.0	初期バージョン
	1.0b	
	1.0b+CE	CE(Critical Eratta)
	1.1	IEEEに承認, 国際標準規格, 様々なプロファイル
	1.2	高速化(最大721kbps), 同周波数の干渉を抑える
2004年制定 ⇒	2.0+EDR	EDR(Enhanced Data Rate), 高速化(最大3Mbps), 省電力化
	2.0	EDRを含んでいない 高速通信が必要でないもの
2007年制定 ⇒	2.1+EDR	ペアリング簡略化, 省電力化, Sniff Subrating
2009年4月制定 ⇒	3.0	802.11規格との統合, 最大24Mbps, 画像や動画ファイルなど

Bluetooth – クラスとバージョン



■ クラス

クラス	電波強度	到達距離
Class 1	100mW	100m
Class 2	2.5mW	10m
Class 3	1mW	1m

■ バージョン

現在はバージョン4.0が最新 - 2009年12月公開

特徴：従来バージョンに比べて省電力化

転送速度は1Mbpsだがデータの PACKET サイズが小さくなっている

⇒センサーとのデータ通信に向けた仕様

3.0と4.0を目的別に分けて採用するものとなっている

そのため、以前のバージョンとの互換性はない

Bluetooth – 技術



■ HCI (Host Controller Interface)

- Bluetoothの上位レイヤと下位レイヤの間の共通インターフェース仕様

■ Profile

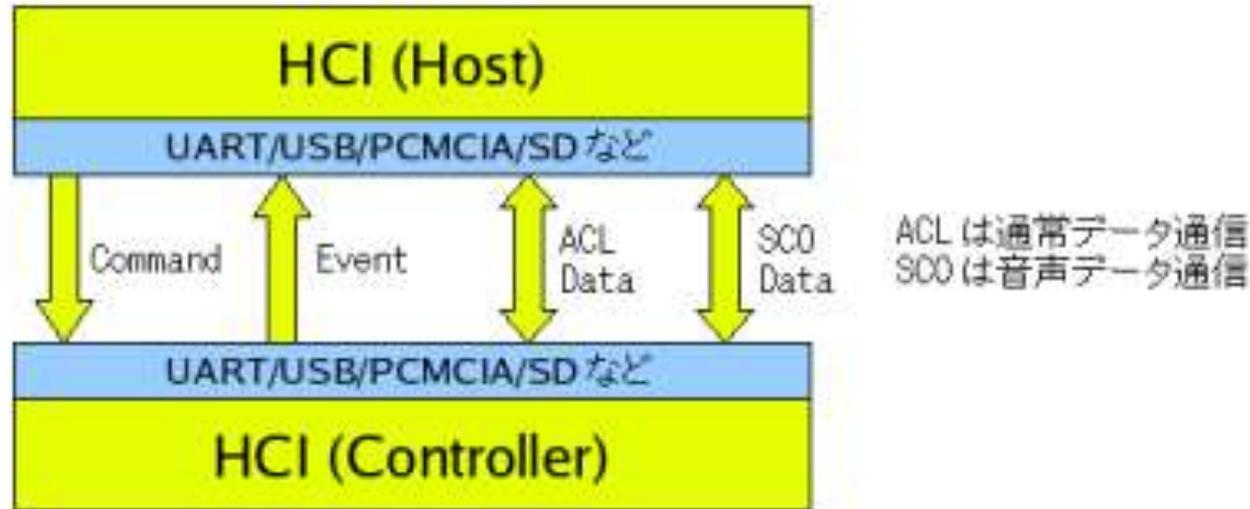
- PCのような機器だけでなく、様々な機器に対応できるように対応したプロファイルを持つ

■ Host と Controller



Bluetooth

Host Controller Interface

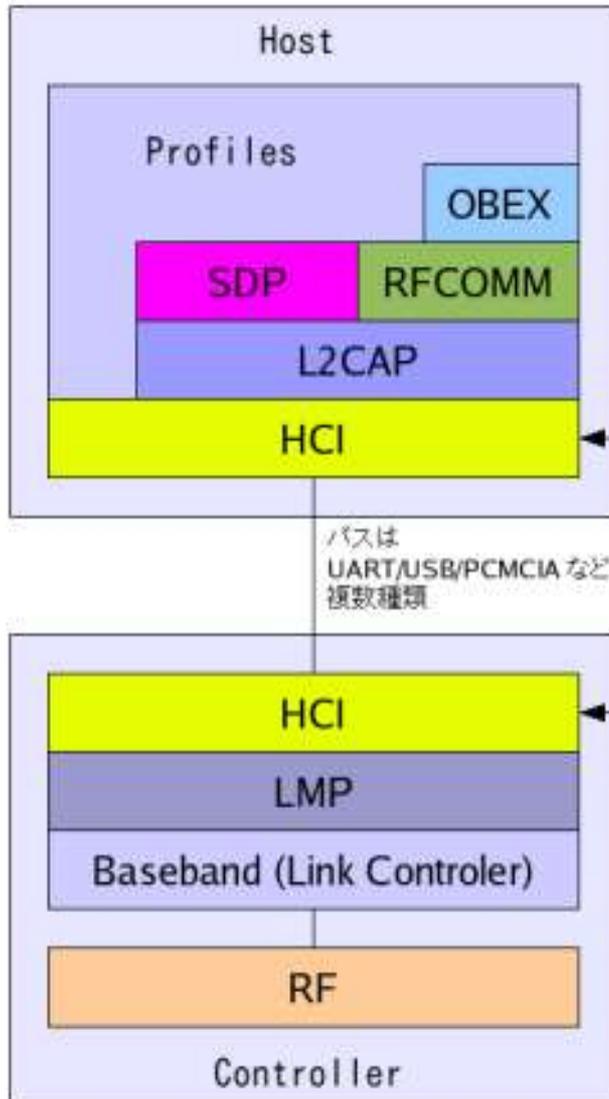


Bluetoothにおいて、コントローラーとホストの間で使われる通信プロトコル。Bluetoothモジュールを制御したり、データを無線で送受信するために使う、一番最下層のインターフェイスである。UARTやUSBといった物理パスを使って通信されている



Bluetooth

Host & Controller



- L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol)
- SDP (Service Discovery Protocol)
- RFCOMM
- OBEX (Object Exchange Protocol)

ControllerとHostとの通信

Profile



Bluetooth

Bluetoothは特性上、様々なデバイス上での通信に使用されるため、機器の種類ごとに定められたプロトコルがあり、これをプロファイルと呼び標準化している

機器同士が同じプロファイルを持っている場合のみ、プロファイルの機能を利用した通信を行うことができる

例えば...

- GAP

- 機器の接続・認証・暗号化を行う

- SDAP

- 他のBluetooth機器が提供する機能を調べる

他にも様々なプロファイルが存在する

Bluetooth使用例



Bluetooth

■携帯電話・PHS

ヘッドセットやヘッドフォンなど
⇒ハンズフリー通話の必要性



■無線モデム

携帯電話をモデムとして利用してインターネットに接続

■その他

マウス・キーボード・GPSレシーバ
家庭用ゲーム機のコントローラ
補聴器・カーナビ・RFIDリーダーやタグ



Ultra Wide Band – (超広帯域無線 IEEE802.15.3a)

- **周波数帯域**：3.4～4.8GHz, 7.25～10.25GHz
 - これは日本の場合。3.4～4.8GHzの帯域では、第4世代携帯電話などとの帯域競合が予想されるため、干渉回避技術(DAA : Detect and Avoid)の搭載が義務付け
- **通信速度**：320Mbps ⇒ 480Mbps以上（目標）

目標値の480MbpsとはUSB2.0の通信速度と同じ
- **変調方式**：MB-OFDM方式, DS-UWB方式, CSM方式

(特徴)

- 消費電力が少ない
- 妨害電波に強い
- 距離が長くなると極端に速度が低下する
- 位置検出の精度が高い（誤差数cm）
- 従来以上に広い周波数帯に拡散して通信を行う
- 半径10m程度の近距離通信が狙い

ZigBee (IEEE 802.15.4)

- ZigBee Alliance が仕様の策定
(ZigBee Alliance) <http://www.zigbee.org/>

特徴

- 低速 転送速度：20Kbps～250kbps
- 転送距離が短い
- 安値で消費電力が少ない
- 国内での利用は2.4GHz帯のみ
- 最大65528(0x0000～0xFFF7)個の端末を使用

ZigBee - ネットワーク構成

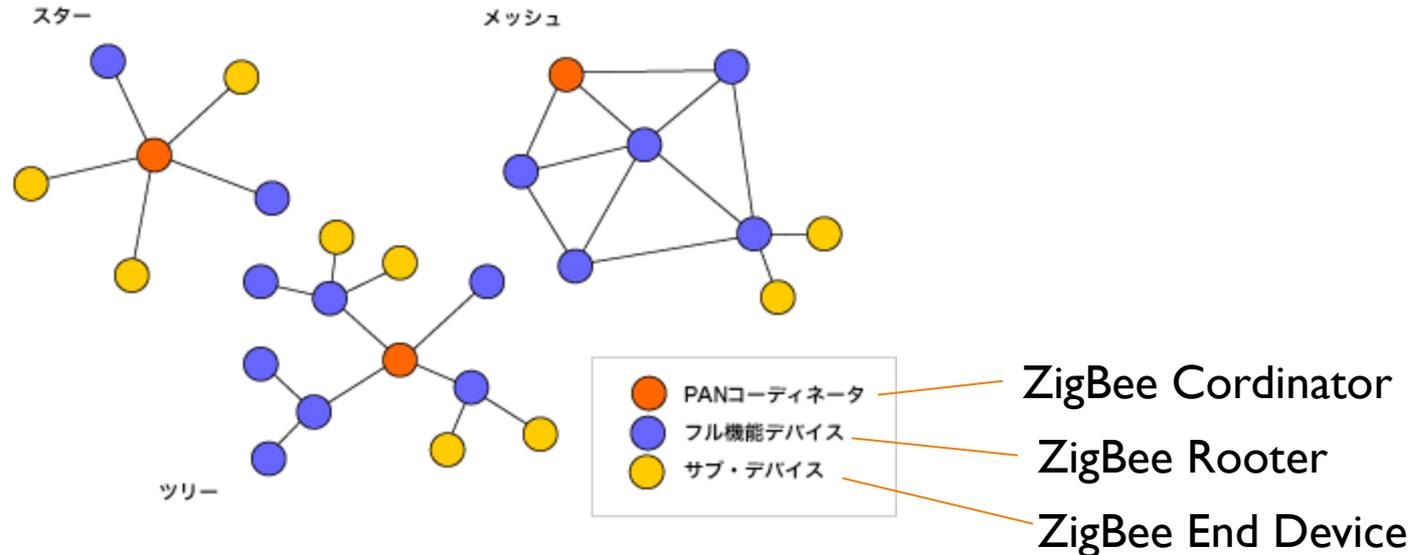
- ZigBee Coordinator (ZC)
- ZigBee Router (ZR)
- ZigBee End Device (ZED)

メッシュ型やツリー型のネットワークを構成し、ZRがデータを中継することで、直接電波の届かない端末間でも通信が可能

一部端末が停止した場合にも、迂回経路を使って通信が継続できる

低消費電力で広範囲で通信を行うことができる

ZigBee - ネットワーク通信モデル



図のような形でネットワークの中継が行われる

ZigBeeのレイヤは以下の5種類からなる

- APL層
- APS層
- NWK層
- MAC層
- PHY層

ZigBee – 使用例

■SunSPOT :

サンマイクロシステムズが開発した無線センサーネットワークデバイス

温度・照度・加速度などのセンサーを持つ



IrDA (Infra red Data Association)

赤外線による光無線データ通信の規格 携帯電話でお馴染み

■ IrPHY (IrDA Physical Signaling Layer)

規格名	通信距離	通信速度
IrDA DATA 1.0	1m	115Kbps
IrDA DATA 1.1	1m	1Mbps / 4Mbps
IrDA DATA 1.2	0.3m	115Kbps
IrDA DATA 1.3	0.3m	1Mbps / 4Mbps
IrDA DATA 1.4	1m	16Mbps

※通信距離0.3mは小型携帯機器向けローパワーオプション

※よくある「リモコン」は IrDA とは関係がない

Wi-Fi

- Wi-Fi Allianceによる規格
- 標準的に802.11を利用して無線機器間の接続を行う
- 様々なメーカーの機器間での相互接続性が保障されているため、多様な機器がアクセスポイントを経由してネットワークに接続することができる (<http://wi-fi.org/>)

(特徴)

- 標準的にクライアントにローミングの接続を許可
- 機器同士で直接接続できるP2P(ワイヤレス・アドホックネットワーク)モードでの接続が可能
- WPA (Wi-Fi Protected Access)

WiMAX (IEEE 802.16 -2004～)

IEEE 802.16とWiMAX Forumにより規格標準化

光回線の敷設やDSLの利用が困難な地域をカバーする接続手段

- 最長伝送距離：2～10km(出力によっては最大50km)
- 周波数帯域：1.5～20MHz (スケーラブル)
- 伝送速度：最大74.81Mbps(20MHz帯時)
- 変調方式：OFDM/OFDMA/QPSK/16QAM/64QAM
- 全二重通信実装方式：TDD/FDD
- セキュリティ：DES / 3DES
- 使用周波数帯：2～11GHz
 - 2.5GHz帯 – 2.3 ～ 2.4 / 2.5 ～ 2.7GHz
 - 3.5GHz帯 – 3.3 ～ 3.8GHz
 - 5.8GHz帯 – 5.25 ～ 5.85GHz

Mobile WiMAX (IEEE 802.16e -2005)

固定通信向けのWiMAXに、ハンドオーバー(基地局移動)に関する仕様を追加したモバイル向けの規格

WiMAXと異なる点は

- 最長伝送距離：1～3km
- 変調方式：
OFDM/OFDMA/SOFDMA/QPSK/16QAM/64QAM
- 使用周波数帯：6GHz以下
- 移動時でも使用可能(~120km)

WiMAX 2 (IEEE 802.16m)

- **Mobile WiMAXの後継企画**

- 伝送速度 :300Mbps以上 (4×4、チャンネル帯域が20MHzの時)
- 全二重通信実装方式 : TDD, FDD/HFDD
- 最大移動速度 : ~500 km
- 使用周波数帯 : (1GHz,) 2.3GHz, 2.5GHz, 3.3-3.8GHz

**また後継企画として、TD-LTEと互換性を持たせた
WiMAX Release 2.1 (WiMAX 2.1) が存在する**

○

LTE(Long Term Evolution)

- 2004年11月の”3GPP RAN LTEワークショップ”にて検討が始まった(NTTドコモが中心)
- 2006年6月に詳細仕様の検討が開始。2008年12月に仕様が決定した
- 最大帯域幅は20MHz
- 4x4MIMO
- 理論上はダウンロード速度300Mbps、アップロード速度75Mbps
- 最大周波数利用効率はダウンロード15bps/Hz、アップロード3.75

(環境により低下するが、同じ条件下ならば競合方式よりも速度も遅延時間も優れていた)

LTEの特徴

- **ダウンリンク・アップリンク無線アクセス方式(OFDMA, SC-FDMA)**
- **周波数スケジューリング**
- **MIMO**
- **送信電力制御(F-TPC)**

※他にも遅延を防ぐための技術を多数採用

LTE-Advanced

LTEと技術的な互換性を保ちながら、さらに高度化・高速化した規格

3GPPによって2011年3月に仕様が発行され、2012年1月、ITU-RによってWiMAX 2と共に次世代移動体通信の標準「IMT-Advanced」の一部として勧告された

- 理論上はダウンロード速度**1Gbps**、アップロード速度**500Mbps**
- 最大周波数利用効率はダウンロード**30bps/Hz**、アップロード**15bps/Hz**

LTE-Advancedの特徴

- **キャリアアグリゲーション**
複数の週端数ブロックを組み合わせて広帯域化
- **マルチアンテナの高度化**
MIMOの強化
- **ヘテロジニアスネットワークの高度化**
送電力の異なる基地局を効率的にサポート
- **リレー接続**
無線基地局を利用した低コストな通信エリアの拡大

参考文献

- **BUFFALO社の無線ルータ**

<http://buffalo.jp/products/catalog/network/llac/>

- **ネットワークエンジニアとして**

<http://www.infraexpert.com/study/wireless49.html>

- **ITmediaのまとめ記事**

<http://www.itmedia.co.jp/keywords/ieee802llac.html>

- **電子情報通信学会誌2013年3月号**

(LTE/LTE-Advancedに関する特集記事)