

物理層(3-1)

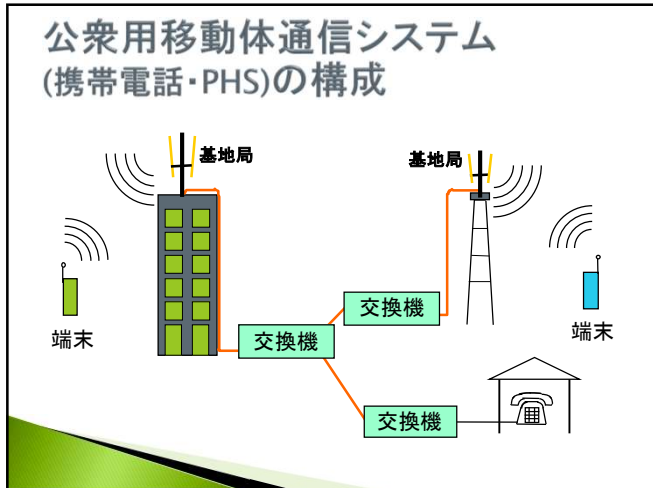
花田 英輔

1

デジタル無線通信とは

- ▶ 無線電波を用いて、デジタル化した音声や画像、データをやり取りすること
 - デジタル式携帯電話
 - ・現在の日本では第三代以降しかない
 - 無線LAN
 - ・複数の規格に則った無線LANが並立
 - 衛星通信(テレビ中継等)
 - ・個人で使用するにはコスト高

2



3

携帯電話の世代分け

▶ 携帯電話の世代(Generation)別特徴

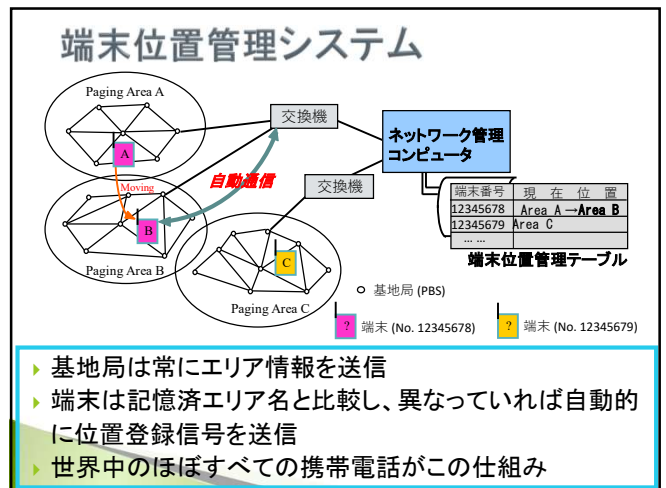
世代名	取扱対象	特徴	方式・商品名等	サービス終了期(日本)
第一世代	アナログ音声	自動車電話 / トランシーバから発展		2000年までに終了
第二世代	デジタル音声	音声のみだがデジタル化	PDC、GSM 「Mova」等(cdmaOneも?)	2012年夏に終了
第三世代	音声・データ 共デジタル	データ通信にも対応	ITM-2000 「FOMA」等	現存
第3.5世代	音声・データ 共デジタル	第3世代+ ADSL並み(数Mbps)の速度	「HSDPA」、 「CDMA 1X WIN」	現存

4

最近の携帯電話技術

- ▶ 第3.9世代移動通信システム(Wikipediaより)
 - 第3世代移動通信システム(「IMT-2000」規格)を高度化したものを特に区別する場合にいう
 - モバイルWiMAXやLTEが含まれる。有線と比較すると実効速度ではおおよそADSL並
 - 国際的にはこの呼称はまったく無視されている
- ▶ 第4世代移動通信システム(4G)(Wikipediaより)
 - IMT-Advanced規格(国際電気通信連合 (ITU) が制定)に準拠
 - 50Mbps~1Gbps程度の超高速大容量通信を実現
 - IPv6に対応し、無線LANやWiMAX、Bluetoothなども連携を目指す
- ▶ 第5世代移動通信システム(5G)(Wikipediaより)
 - 仕様の策定は完了。2020年にサービス開始(といっても都会だけ)
 - 10Gbps以上の通信速度、end-to-endで1msec.の低遅延が目標

5



6

Paging Areaとセル

- ▶ 1つの基地局が通信できる範囲
 - 基地局の出力、高さ、周囲環境に依存する
 - ・ 携帯 : 1~10km
 - ・ PHS : 200m~2km
- ▶ Paging Areaは基地局の集合体
 - 明らかにされていないが、同時通話可能台数の設定に依存
 - ・ たくさん話せるべき区域では狭くしていることが多い
- ▶ Paging Areaは「セル(cell)」とも言われる

7

Paging Areaとセルの考え方

全ての周波数をひとつのエリアで一律に使う。

大ゾーン方式

セル方式

それぞれのセルに使える周波数を割り当てる

同じ周波数を別のセルで再利用できる

8

無線LANとその構成

ノートパソコン

無線通信ポート (カード)

アクセスポイント

インターネット

スイッチ

- ケーブルの一部を無線に置き換えただけ
- アクセスポイントと端末間が無線
- 1つのアクセスポイントで複数の端末と通信可能

9

物理層(3-2)

花田 英輔

10

無線LANの主な規格

- ▶ 無線LANには規格が複数ある
 - 製品化された著名なもの
 - ・ IEEE802.11シリーズ
 - ・ Bluetooth
 - ・ ZigBee
 - 製品化がまだ、もしくはイマイチ知られていないもの
 - ・ IEEE802.15.6 (MBAN)
 - “Wi-Fi”は「規格」ではない
 - “WiMAX”は「規格」としても存在する
 - ・ (WAN向け, IEEE802.16a)

11

主な規格と使用周波数帯

規格名	使用周波数帯	最大通信速度(理論値)
IEEE802.11a	5.2GHz	54Mbps
IEEE802.11b	2.4GHz	11Mbps
IEEE802.11g	2.4GHz	54Mbps
IEEE802.11n	5.2GHz+ 2.4GHz	600Mbps
IEEE802.11ac	5.2GHz	6.9Gbps
Bluetooth (IEEE802.15.1)	2.4GHz	1Mbps
ZigBee (IEEE802.15.4)	2.4GHz	250kbps

12

IEEE802.11シリーズのチャンネル

▶ IEEE802.11シリーズは周波数を分割して「チャンネル(チャネル)」として使用する
 ◦ 規格毎に1チャンネルの周波数幅は異なる例)

規格名(IEEE802)	チャンネル幅	チャンネル間の間隔
11b	22MHz	5MHz
11g	20MHz	5MHz
11a	20MHz	20MHz

13

チャンネルの具体(1)

IEEE802.11bのチャンネル構成

電波強度

1ch (2.412GHz) 6ch (2.437GHz) 11ch (2.462GHz) 14ch (2.484GHz)

22MHz

周波数

1つのチャンネル幅

チャンネル設計の悪い例

チャンネル設計の良い例

電波干渉の発生地帯

14

チャンネルの具体(2)

IEEE802.11gのチャンネル

電波強度

1ch (2.412GHz) 5ch (2.432GHz) 9ch (2.452GHz) 13ch (2.472GHz)

20MHz

周波数

1つのチャンネル幅

- チャンネルの重なりは少ないが、...
- 隣接するチャンネルを使う事はできない
- 実際に使えるチャンネルは4つ

15

チャンネルの具体(3)

IEEE802.11aのチャンネル

電波強度

36ch (5.18GHz) 40ch (5.20GHz) 44ch (5.22GHz) 48ch (5.24GHz) 52ch (5.26GHz) 56ch (5.28GHz) 60ch (5.30GHz) 64ch (5.32GHz)

W52 W53

周波数

100ch (5.50GHz) 104ch (5.52GHz) 108ch (5.54GHz) 112ch (5.56GHz) 116ch (5.58GHz) 120ch (5.60GHz) 124ch (5.62GHz) 128ch (5.64GHz) 132ch (5.66GHz) 136ch (5.68GHz) 140ch (5.70GHz)

W56

周波数

- チャンネルの重なりがない
- 全てのチャンネルを同時使用可

16

IEEE802.11a通信の制限事項

▶ W52/W53での制限事項

- W52、W53の屋外使用は電波法により禁止
 - 他の用途(移動体衛星通信システム)と重なるため

▶ W53/W56での制限事項

- 各チャンネルの通信開始前に1分間レーダー波検出が義務 → その間は通信不可
- 通信中にレーダー波(気象レーダーとぶつかっている)を検出した場合は自動的に別チャンネルに変更 → 通信が中断されることがある

17

アクセスポイント(AP)とは

▶ ハブ(スイッチ)とケーブルの終端を兼ねた存在

- (通常は)APまでは有線接続

▶ 1台のAPに接続可能な台数には規定無し

- ただし多くつなげば遅くなる

▶ 1台で複数規格の無線LANを使えることが多くなった

▶ 「E-SSID」という識別子の設定が必須

18

ESSID(Extended Service Set Identifier)とは

- ▶ APIに設定する識別子
 - 設定必須
 - アクセスポイントに設定したESSIDと一致する設定の端末としか通信しない
 - ・ さらにキー(パスワード)設定も可能
 - ・ 「どのアクセスポイントにも接続できる」意味のSSID「ANY」もあるが、**セキュリティ上危険**
- ▶ E-SSIDはSSIDの拡張版
 - 複数のAPで同じSSIDを付けても動作するように拡張された

19

IEEE802.11シリーズの改良

- ▶ 速度向上と安定化に向けた技術(n-ac向け)
 - チャンネルボンディング
 - ・ 複数の(隣接した)チャンネルを1個とみなす
 - MIMO (Multiple Input Multiple Output)
 - ・ 複数のAPと複数の端末が通信可能
 - ・ 「個別の通信」を早くするより、「全員の通信」を早くする技術
 - ビームフォーミング
 - ・ 電波経路の最適化で利用可能エリアを3割~4割程度拡大

20

物理層(3-3)

花田 英輔

21

IEEE802.11シリーズの今後

▶ 規格策定済・策定中の規格

規格名 (IEEE802.を省略)	理論的 最大速度	使用周波数	現状
11ac	6.9Gbps	5 GHz帯	規格化終了 (Wave2登場)
11ad (WiGig)	6.8Gbps	60GHz帯	規格化終了 (製品はこれから?)
11af (White-Fi, Super Wi-Fi)	567Mbps	470MHz~710MHz (テレビ向け周波数帯)のうち 空いている所	規格化は終了 (実験段階?)
11ay	20Gbps?	60GHz帯	11adの拡張 (策定中)
11ax	9.6Gbps	2.4GHz/5GHz帯	規格化終了 (製品登場)

22

IEEE802.11ac Wave2とは

- ▶ 言ってみれば、進化した11ac
- ▶ 実は規格上はこれがフルスペック
 - MU-MIMOの活用
 - チャンネルボンディングの8ch化
- ▶ APと端末の両方が対応していないと機能は発揮されない
 - 特にMU-MIMO
- ▶ ようやく製品が出はじめたところ

23

IEEE802.11ax

- ▶ Wi-Fiアライアンスが2019年に認証開始
 - 呼称は「WiFi 6」
 - ・ WiFi 5 は802.11ac、WiFi 4 は802.11n
- ▶ 特徴
 - 使用周波数帯: **2.4GHz+5GHz**
 - チャンネル幅: 20~160MHz
 - 最大通信速度(理論値): 9.6Gbps
 - ・ 8ストリーム、チャンネル幅160MHzの場合
- ▶ 用途は未定(多数同時接続向け?)

24

IEEE802.11ad

- ▶ 2009年にはほぼ仕様は固まっていた
- ▶ 特徴
 - 使用周波数帯: **60GHz**
 - チャンネル幅: 2.16GHz
 - チャンネル数: 4
 - 最大通信速度(理論値): 7Gbps
- ▶ 欠点
 - 最大通信距離: 10m程度
 - 障害物に弱い(屋内限定の恐れ有)
- ▶ 用途は未定(周辺機器との通信?)

25

Bluetooth

- ▶ 現在はIEEE802.15.1という規格
- ▶ モバイル通信における廉価な通信端末用規格
 - 少指向性の簡易デジタル無線通信としての利便性により多分野で普及
 - 近距離(数m~数十m)無線通信用に開発
 - ・ PC本体とマウス・キーボード等の間
 - ・ リモコンとテレビ・エアコンなどの間
- ▶ 民間会社主導で規格化
 - マイクロソフト、アップル、東芝、Nokia等
- ▶ 厳密な送受信制御や秘匿性は考慮されない
- ▶ 接続状態を意識しない使用(常時接続)に適する

26

Bluetoothの仕組みと問題点 (Wikiより)

- ▶ 半径10~100m程度で最大通信速度 24Mbps
- ▶ 2.4GHz帯を使用し周波数チャンネル数は79
 - 利用周波数をランダムに変える周波数ホッピングを採用
- ▶ Bluetoothと2.4GHz帯の無線LANは**周波数帯を共用**するため、干渉によりBluetooth使用時に無線LANの速度が著しく低下する問題発生の場合有



27

ZigBee

- ▶ センサネットワーク向けに開発された規格
 - IEEE802.15.4規格を利用している(同じではない)
- ▶ 通信速度は遅いが消費電力が小さい
- ▶ ミツバチ(Bee)がジグザグ(ZigZag)に飛び回る行動にちなんで命名
- ▶ データ転送速度は使用周波数帯によって異なる。

周波数帯	通信速度	備考
2.4GHz	250kbps	日本で使用可
902~928MHz	40kbps	主に米国向け
868~870MHz	20kbps	主に欧州向け

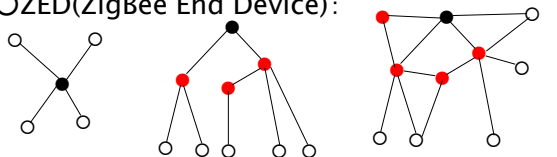
・ (日本企業の実験によれば)実測の通信速度は192Kbpsまで

・ 安定通信は144Kbps程度までとの報告も

28

ZigBeeのネットワークポロジ

- ZC(ZigBee coordinator): ネットワークの管理を行う
- ZR(ZigBee Router): 中継機能を持つ
- ZED(ZigBee End Device):



スター型 ツリー型 メッシュ型

- ▶ 端末が動き回っても経路を自律的に作り直せる
- ▶ 端末が均等に配置された状態で移動する場合は特に有効

29

今回の課題

1. 携帯電話のスイッチを入れたまま旅行すると電池が減るのはなぜかを説明せよ
2. E-SSIDについて説明せよ
3. 本日の感想

- ▶ 締切: 11月20日(月) 18:00
- ▶ 本講義に関する情報は(この講義資料も)次のWebpageに掲載するので、時々参照すること
<http://www.ai.is.saga-u.ac.jp/~hanada/DCT/>

30

中間試験について

- ▶ 中間試験代替のレポートを課します
 - 11月30日(水) 午後配信予定
 - 出題範囲は第1回から次回の内容まで
 - レポート用Wordファイルを置きますので、調べてレポートとして提出してください
- ▶ 中間試験の得点は全体の成績に影響しますので、必ず提出すること
 - 何らかの理由が有って提出が遅れる場合は、事前に花田までメールで連絡すること