

2012年前期 無線通信システム

第1回 無線通信システムの概要 ～IEEE802.11a無線LANを例に～

荒木 純道 <araki@mobile.ee.>

2012年4月11日

講義内容

- 無線通信システムの概要
- 無線通信システム設計の概略
- システム劣化要因と対策技術の概略
- IEEE802.11a無線LAN
- デモ

2012年4月11日

3

講義スケジュール(前半)

	日付	教科書	内容
第1回	4月11日	1、7	無線通信システムの概要 ～IEEE802.11WLANを例に～
第2回	4月18日	2、5、他	無線通信システムのモデルとフェージング
第3回	4月25日		電波伝搬の統計的性質
第4回	5月 2日	3.3、3.4	デジタル変調と波形整形
第5回	5月 9日	3.5	復調方式と誤り率特性
第6回	5月23日	3.5	符号間干渉と波形等化器
第7回	5月30日	4.3	中間試験

2012年4月11日

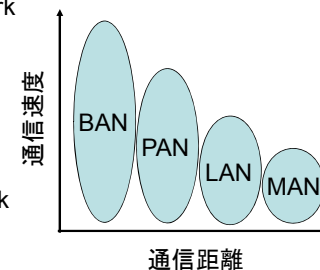
2

無線通信システムの分類

Body
Area Network



Personal
Area Network



Local
Area Network



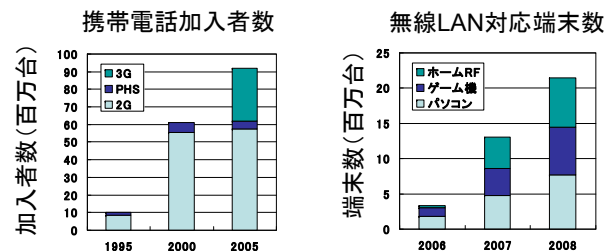
Metropolitan
Area Network



2012年4月11日

4

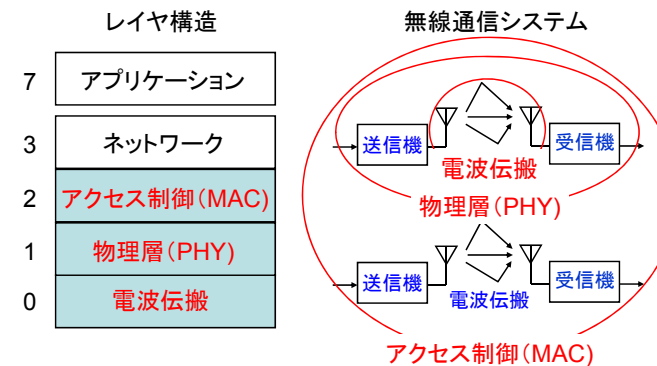
携帯電話・無線LANの現状



2012年4月11日

5

無線通信システム



2012年4月11日

7

国際的規律と周波数割当て

ITU
(International
Telecommunication Union)

- 国際的周波数管理
- 3kHz ~ 300GHz

WRC
(World Radio Conference)

- 国際電気通信条約の改正
- 4年に1度開催
- 最近では2007年10~11月

国内の周波数割当て状況

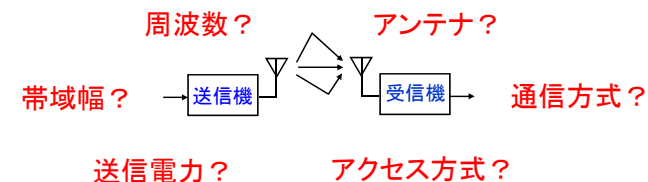
ミリ波	60GHz帯	次世代超高速無線LAN
	38GHz帯	
準ミリ波	26GHz帯	加入者系無線アクセス (FWA)
	22GHz帯	
	19GHz帯	超高速無線LAN
マイクロ波	5GHz帯	高速無線LAN
準マイクロ波	2.4GHz帯 (ISMバンド)	小電力データ通信 (無線LAN)
	2GHz帯	第3世代携帯電話 小規模需要無線アクセス
	1.9GHz帯	PHS
	1.5GHz帯	
	900MHz帯	第2世代携帯電話
	800MHz帯	

2012年4月11日

6

無線通信システムの設計

ある無線通信システムを設計したい！



2012年4月11日

8

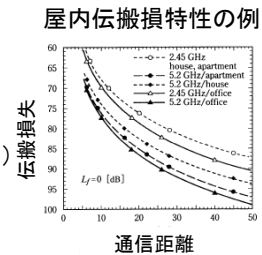
システム設計(周波数、帯域幅、電力)

1. 環境
屋内、屋外、通信距離、データレート

2. 周波数と帯域幅
ITUの勧告に従い政治的に決定

3. 伝搬特性
伝搬損失(環境に依存、周波数に依存)

4. 送信電力
所要ビットレート → 所要最小電力
所要最小電力 + 伝搬損失 = 送信電力
必要以上の送信電力は他局への干渉

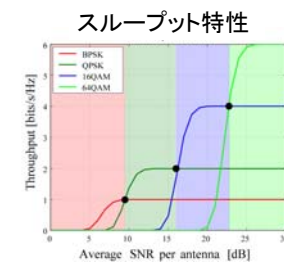
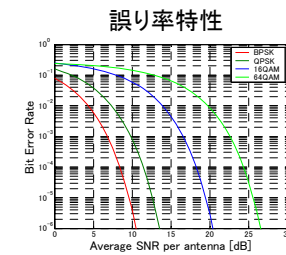


2012年4月11日

9

システム設計(通信方式)

6. 通信方式
最大通信距離 → 信号対雑音電力(SNR)比最小
データレートを犠牲にした誤り率の最小化(信頼性最大)
誤りを許容したデータレートの最大化

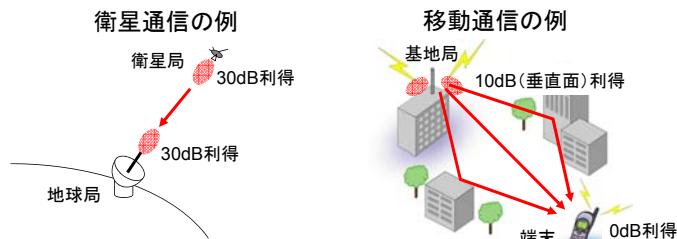


2012年4月11日

11

システム設計(アンテナ)

5. アンテナ
アンテナ設置位置、アンテナ指向性
伝搬損失を補うことが可能

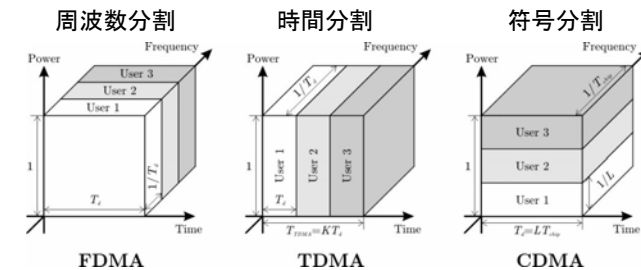


2012年4月11日

10

システム設計(アクセス方式)

7. アクセス方式
複数の端末に対する無線リソースの割当てルール
予約型: FDMA、TDMA、CDMA
競合型: ALOHA、CSMA(キャリアセンス)

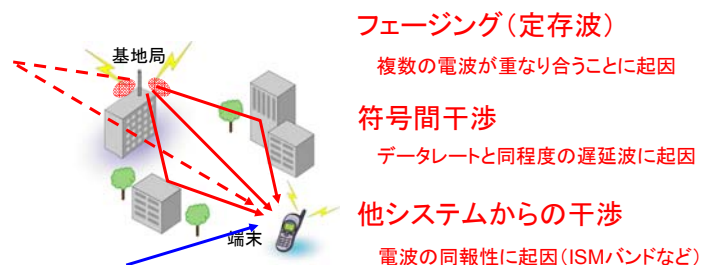


2012年4月11日

12

システム劣化要因と対策技術

無線通信特有の特性劣化要因？



2012年4月11日

13

符号間干渉と等化器

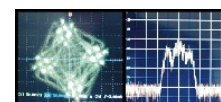
2. 等化器

遅延波に起因する符号間干渉
伝搬路と逆特性を持つフィルタ
→ 等化器

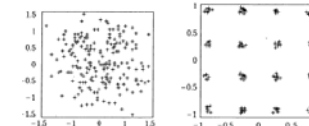
符号間干渉特性



遅延波なし

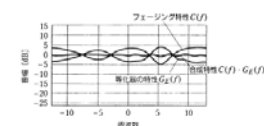


遅延波あり



等化前

等化後



等化器周波数特性

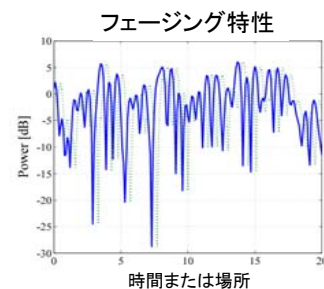
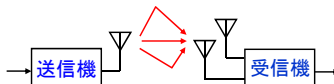
2012年4月11日

15

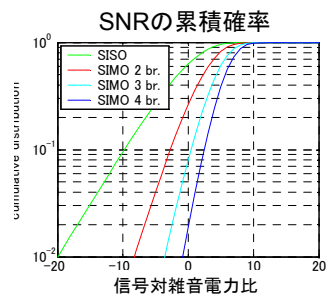
フェージングとダイバーシチ

1. ダイバーシチ

フェージングに起因する電力変動
複数アンテナの受信信号を合成
空間、時間、周波数ダイバーシチ



2012年4月11日

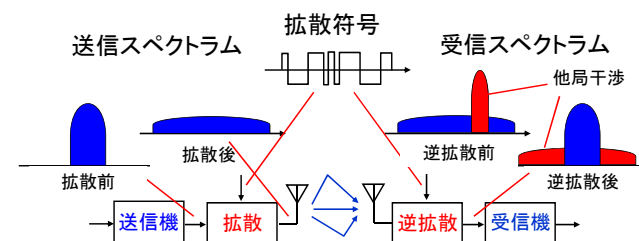


14

他局間干渉とCDMA

3. CDMA

電波の同報性に起因する他局間干渉
送受共通の符号(鍵)を用いた拡散と逆拡散 (CDMA)
→ 他局からの干渉を抑圧



2012年4月11日

16

符号間干渉とOFDM

4. OFDM

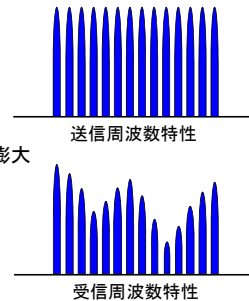
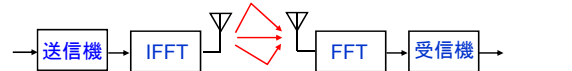
遅延波に起因する符号間干渉

↓
等化器

遅延時間が大きい場合はフィルタの次数が膨大

↓
フィルタを周波数軸上で実現

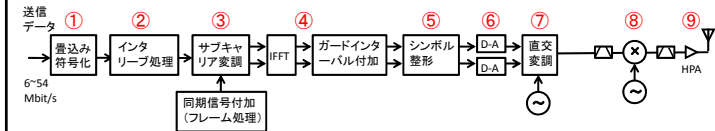
↓
直交周波数分割多重 (OFDM)



2012年4月11日

17

IEEE802.11a送信機



- ① 畳込み符号化+パリティビット
誤り訂正、適応的なパリティビット
- ② インターリーブ
サブキャリアランダムマイザ
- ③ サブキャリア変調
BPSK~64QAM適応変調
- ④ IFFT+ガードインターバル付加
OFDM変調
- ⑤ シンボル整形
帯域外漏洩電力の削減
- ⑥ D-A
デジタルアナログ変換
- ⑦ 直交変調器
複素シンボルのIF信号への変換
- ⑧ ミキサ
RF周波数(5GHz帯)への変換
- ⑨ 電力増幅器+アンテナ
大電力信号への変換と放射

2012年4月11日

19

IEEE802.11無線LAN

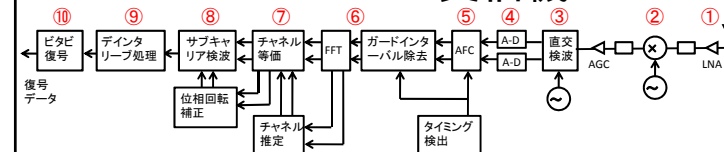
屋内環境におけるISMバンドを想定した無線システム

	IEEE802.11a	IEEE802.11b	IEEE802.11g	IEEE802.11n
Year of approval	1999	1999	2003	unapproved
RF band	5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4 & 5GHz
Channel bandwidth	20MHz	20MHz	20MHz	20/40MHz
Modulation	OFDM	DSSS, CCK	OFDM, CCK	OFDM, CCK
Max data rate	54Mbps	11Mbps	54Mbps	600Mbps
MAC	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA

2012年4月11日

18

IEEE802.11a受信機



- ① アンテナ+低雑音増幅器
受信+受信機熱雑音の最小化
- ② ミキサ
IF(70MHzなど)周波数への変換
- ③ 直交復調器
複素BB信号への変換
- ④ A-D
アナログデジタル変換
- ⑤ AFC、タイミング検出
時間・周波数同期
- ⑥ FFT+ガードインターバル除去
OFDM復調
- ⑦ チャンネル等化
周波数軸等化器
- ⑧ サブキャリア検波
BPSK~64QAM復調
- ⑨ デインターリーブ
インターリーブの逆変換
- ⑩ ビタビ復号
計算量の小さい誤り訂正復号

2012年4月11日

20

IEEE802.11aの主要諸元

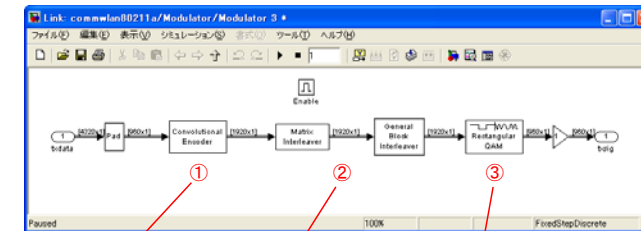
変調方式	OFDM方式 (各サブキャリアの変調方式: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)
サブキャリア数	52サブキャリア(4パイロット信号を含む) 64ポイントFFTの利用を想定
誤り訂正方式	畳み込み符号化(拘束長: K=7, 符号化率: R=1/2, 2/3, 3/4) ビタビ復号方式 シンボル内インタリーブ
伝送レート	6 Mbit/s (BPSK, R=1/2) 必須 9 Mbit/s (BPSK, R=3/4) オプション 12 Mbit/s (QPSK, R=1/2) 必須 18 Mbit/s (QPSK, R=3/4) オプション 24 Mbit/s (16QAM, R=1/2) 必須 36 Mbit/s (16QAM, R=3/4) オプション 48 Mbit/s (64QAM, R=2/3) オプション 54 Mbit/s (64QAM, R=3/4) オプション
OFDMシンボル長	4.0 μ s
ガードインターバル	0.8 μ s
占有周波数帯域幅	16.6 MHz
チャネル数	4 (周波数帯域: 5.150~5.250 MHz [日本]) チャネル間隔: 20MHz

2012年4月11日

21

IEEE802.11aデモ(送信機)

1次変調器



畳み込み符号器

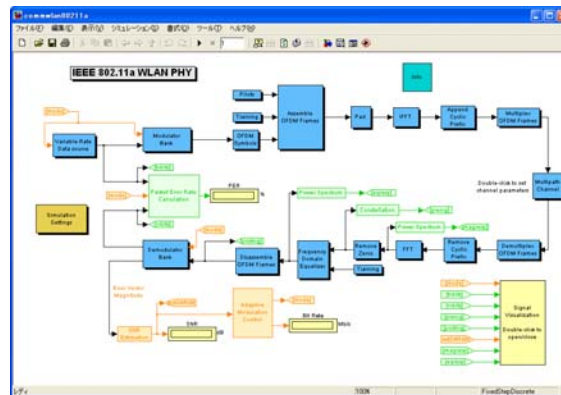
インタリーブ

QAM変調器

2012年4月11日

23

IEEE802.11aデモ



2012年4月11日

22

IEEE802.11aデモ(送信機)

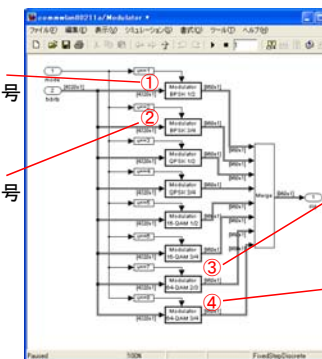
適応符号化変調器

BPSK+
レート1/2畳み込み符号
6Mbps

BPSK+
レート3/4畳み込み符号
9Mbps

64QAM+
レート2/3畳み込み符号
48Mbps

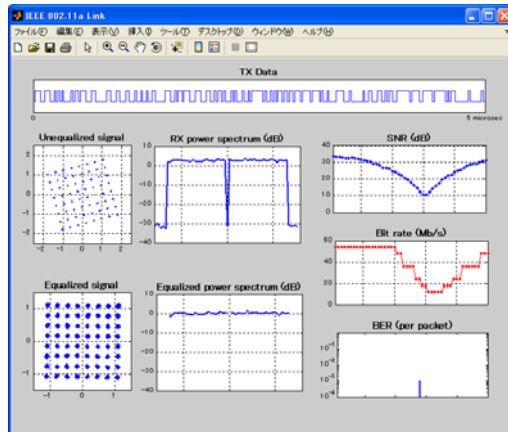
64QAM+
レート3/4畳み込み符号
54Mbps



2012年4月11日

24

IEEE802.11aデモ(遅延波なし)



2012年4月11日

25

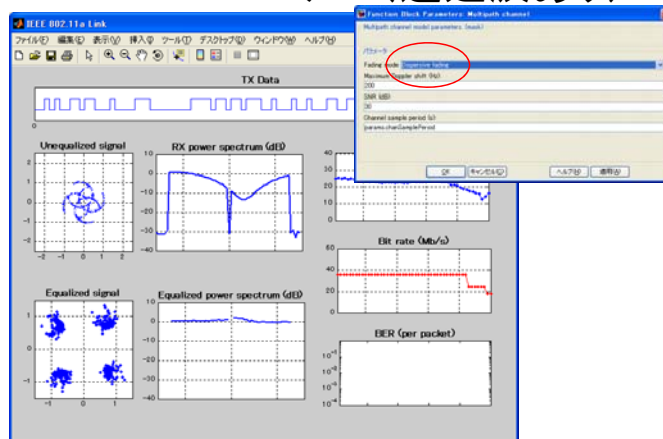
まとめ

- 無線通信システムの概要
BAN, PAN, LAN, MAN, ITU, PHY, MAC
- 無線通信システム設計の概略
周波数, 帯域幅, 電力, アンテナ, 通信方式
- システム劣化要因と対策技術の概略
フェージング, 符号間干渉, 他局間干渉
- IEEE802.11a無線LAN
OFDMと適応符号化変調を用いたW-LAN

2012年4月11日

27

IEEE802.11aデモ(遅延波あり)



2012年4月11日

26