

2013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.>

2013年4月10日

講義スケジュール(前半)

	日付	教科書	内容
第1回	4月10日	1、7	無線通信システムの概要 ～IEEE802.11WLANを例に～
第2回	4月17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24日		電波伝搬の統計的性質
第4回	5月 1日	3.3、3.4	デジタル変調と波形整形
第5回	5月 8日	3.5	復調方式と誤り率特性
第6回	5月22日	3.5	符号間干渉と波形等化器
第7回	5月29日	4.3	中間試験

2013年4月10日

2

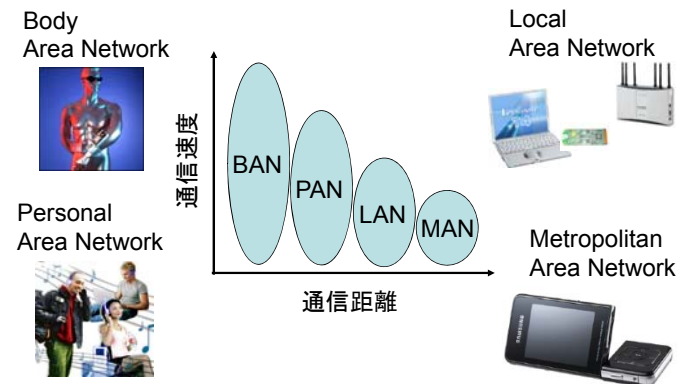
講義内容

- 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

2013年4月10日

3

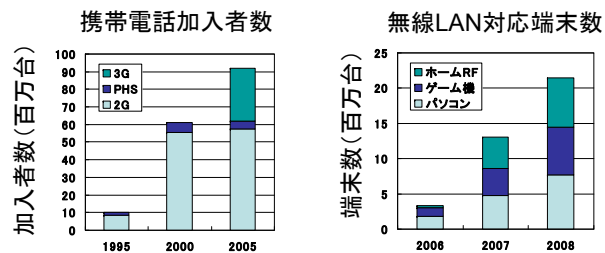
無線通信システムの分類



2013年4月10日

4

携帯電話・無線LANの現状



2013年4月10日

5

国際的規律と周波数割当て

国内の周波数割当て状況

ITU
(International
Telecommunication Union)

- 国際的周波数管理
- 3kHz ~ 300GHz

WRC
(World Radio Conference)

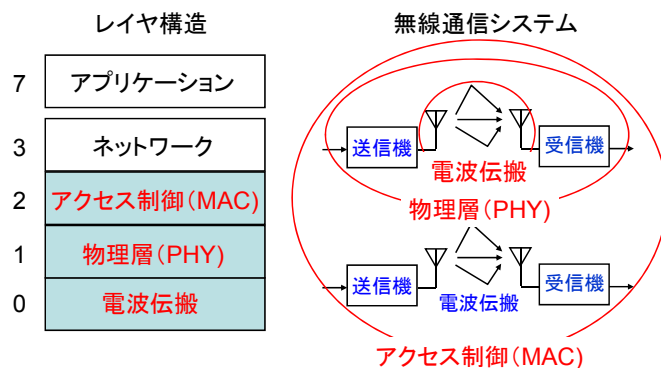
- 国際電気通信条約の改正
- 4年に1度開催
- 最近では2007年10~11月

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	

2013年4月10日

6

無線通信システム

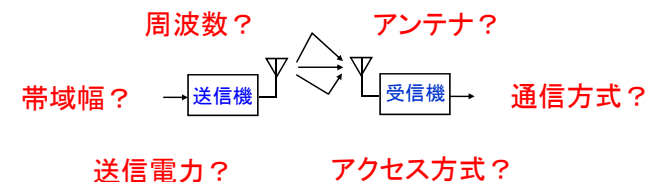


2013年4月10日

7

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！



2013年4月10日

8

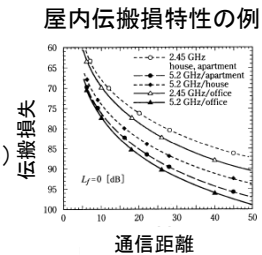
システム設計(周波数、帯域幅、電力)

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

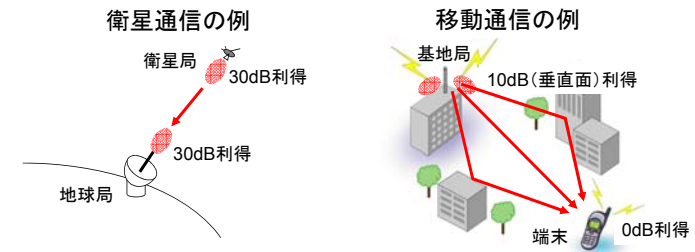


2013年4月10日

9

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

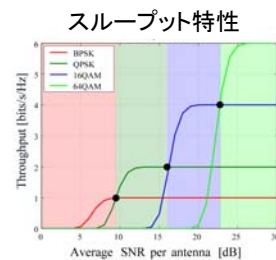
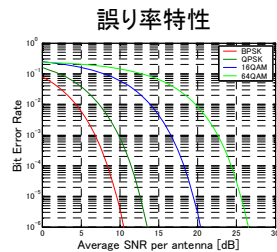


2013年4月10日

10

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

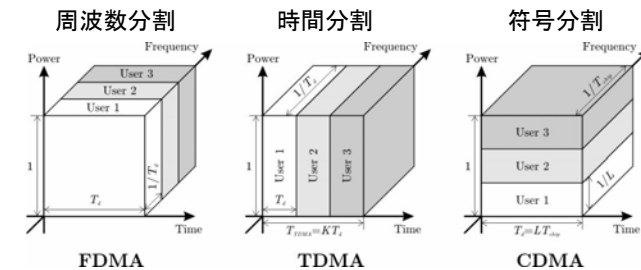


2013年4月10日

11

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)

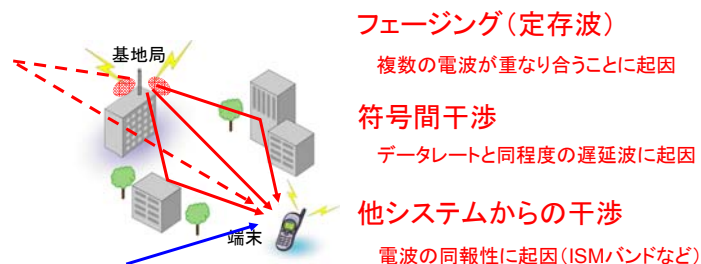


2013年4月10日

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？



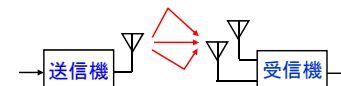
2013年4月10日

13

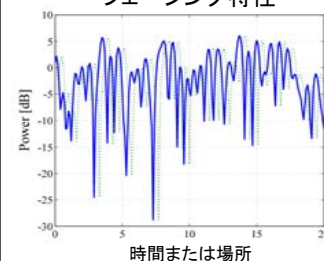
フェーディングとダイバーシチ

1. ダイバーシチ

フェーディ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

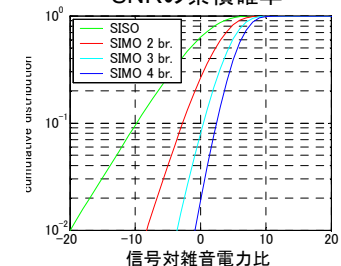


フェーディング特性



2013年4月10日

SNRの累積確率

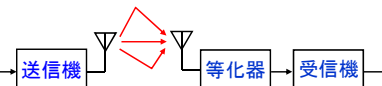


14

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



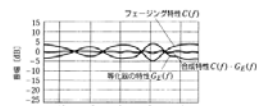
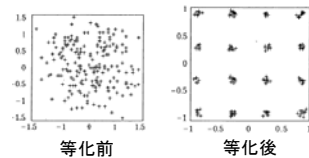
遅延波なし



遅延波あり

2013年4月10日

15

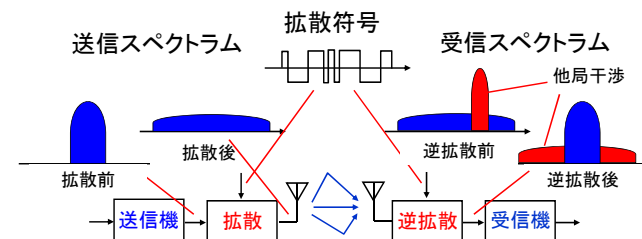


等化器周波数特性

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



2013年4月10日

16

符号間干渉とOFDM

4. OFDM

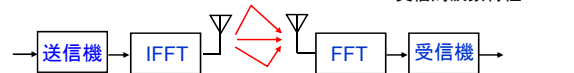
遅延波に起因する符号間干渉

↓
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)



2013年4月10日

17

IEEE802.11無線LAN

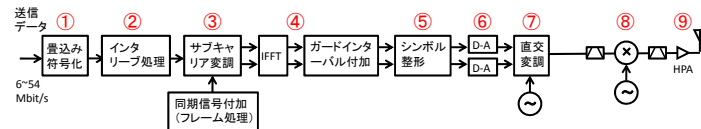
屋内環境におけるISMバンドを想定した無線システム

	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

2013年4月10日

18

IEEE802.11a送信機

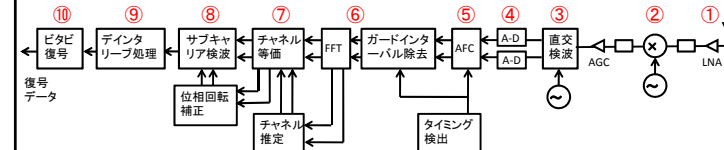


- ① 畳込み符号器+パリティ誤り訂正、適応的なパリティビット
- ② インタリーブサブキャリアランダムマイザ
- ③ サブキャリア変調BPSK~64QAM適応変調
- ④ IFFT+ガードインターバル付加OFDM変調
- ⑤ シンボル整形帯域外漏洩電力の削減
- ⑥ D-Aデジタルアナログ変換
- ⑦ 直交変調器複素シンボルのIF信号への変換
- ⑧ ミキサRF周波数(5GHz帯)への変換
- ⑨ 電力増幅器+アンテナ大電力信号への変換と放射

2013年4月10日

19

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 デインタリーブインタリーブの逆変換
- ⑩ ビタビ復号計算量の小さい誤り訂正復号

2013年4月10日

20

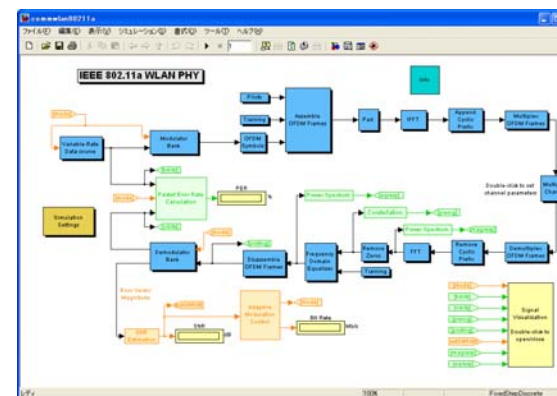
IEEE802.11aの主要諸元

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

2013年4月10日

21

IEEE802.11aデモ

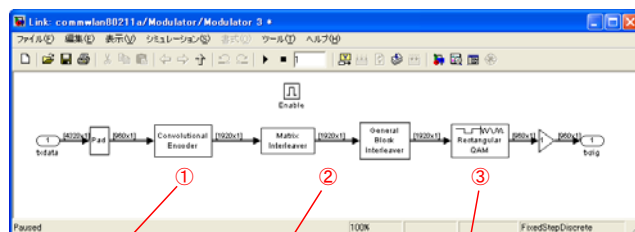


2013年4月10日

22

IEEE802.11aデモ(送信機)

1次変調器



畳み込み符号器

インターリーバ

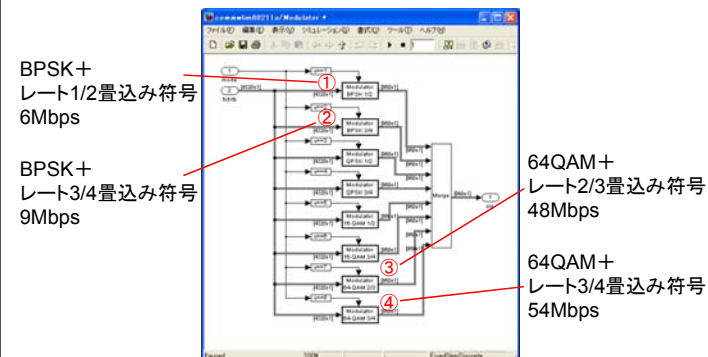
QAM変調器

2013年4月10日

23

IEEE802.11aデモ(送信機)

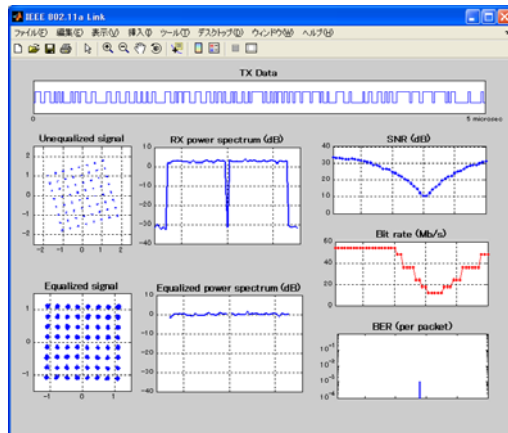
適応符号化変調器



2013年4月10日

24

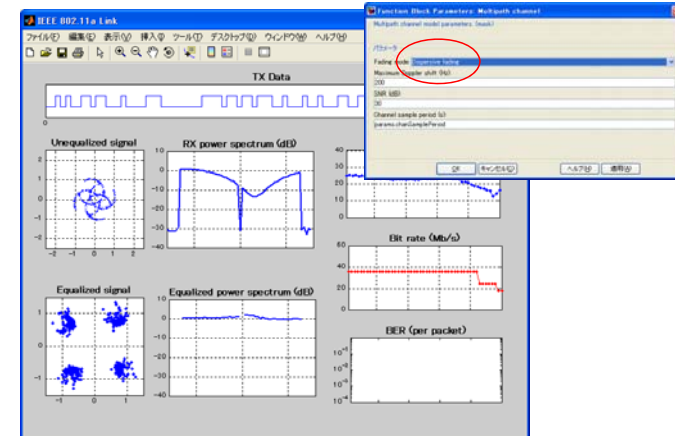
IEEE802.11aデモ(遅延波なし)



2013年4月10日

25

IEEE802.11aデモ(遅延波あり)



2013年4月10日

26

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

2013年4月10日

27