

2011年前期 無線通信システム

第12,13回 アクセス制御 IEEE802.11a 無線LAN

荒木 純道 <araki@mobile.ee.>
2011年6月25(土),29日

講義スケジュール(後半)

	日付	教科書	内容
第9回	6月 1日	4.6	誤り訂正符号
第10回	6月15日	3.6、4.5	スペクトル拡散とRAKE受信
第11回	6月22日	3.7	直交周波数分割多重 (OFDM)
第12回	6月25日(土)	6	アクセス制御
第13回	6月29日	7	IEEE802.11a WLAN
第14回	7月 6日		予備日
第15回	7月13日		期末試験

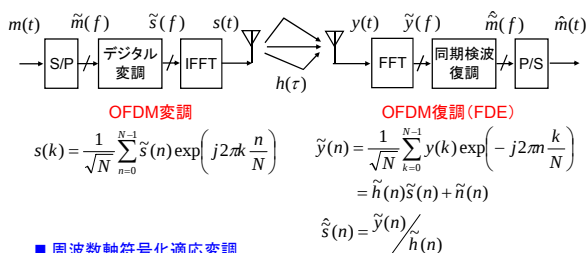
2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

2

復習

■ 直交周波数分割多重 (OFDM)



■ 周波数軸符号化適応変調

符号化: フェージングが落ち込むサブキャリアの誤り訂正
適応変調: フェージングが落ち込むサブキャリアの送信レートを相対的に削減

2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

3

講義内容

- アクセス制御
 - ポアソン過程
 - 多重アクセス
 - 無線ネットワーク
 - 携帯電話のアクセス制御
 - 無線LANのアクセス制御
- IEEE802.11a無線LAN
 - IEEE802.11無線LAN
 - IEEE802.11a無線LAN
 - IEEE802.11n無線LAN

2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

4

ポアソン過程

ポアソン過程

例えば情報という
事象が独立に定常的に発生する



ポアソン過程

平均の発生回数がλのポアソン過程

時間 (0,t] の間に k 回発生する確率 時間 (0,t] の間に1回も発生しない確率

$$f_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad \text{ポアソン分布} \quad f_0(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{指数分布}$$

事象の発生時間間隔の確率 g(Δt) 事象が発生しない時間間隔の期待値

$$\int_0^\infty g(\Delta t) d\Delta t = f_0(t)$$

$$\int_0^\infty \Delta t g(\Delta t) d\Delta t = \frac{1}{\lambda}$$

例えば λ = 1 のとき
平均の時間間隔は 1/λ = 1

2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

5

多重アクセス(多元接続)

マルチアクセス

多数の端末が1つの基地局にアクセス

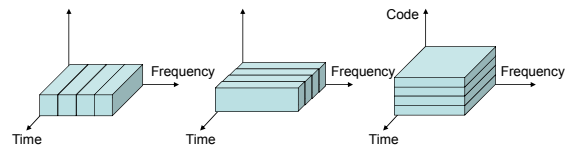
ブロードキャスト

1つの基地局が複数の端末にアクセス

多重アクセス通信モデル



(周波数分割) FDMA (時間分割) TDMA (符号分割) CDMA



$$\text{端末データレート} = \text{基地局データレート} / \text{端末数}$$

2011年6月25日,29日

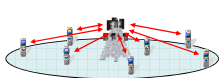
アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

6

無線ネットワーク

大ゾーン

基地局数 = 1
端末数 = K
端末レートを $1/K$



- 問題点
- 距離損失
 - 帯域分割損

セルラー(携帯電話)

基地局数 = N
端末数 = $K > N$
端末レートを N/K
送信電力 = $1/N$



- 問題点
- 基地局コスト

アドホック(無線LAN)

基地局数 = $\tilde{N}$
端末数 = $\tilde{K}$ (干渉端末)
端末レートを $1/\tilde{K}$
送信電力 = 1

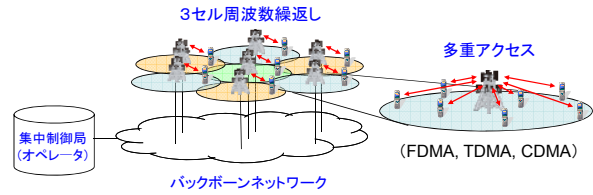


- 問題点
- カバレッジ
 - セル間干渉

2011年6月25日, 29日 アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

7

携帯電話のアクセス制御



	第1世代	第2世代	第3世代	第3.9世代
セル内	FDMA	TDMA	CDMA	OFDMA
セル間	周波数繰返し	周波数繰返し	CDMA	部分的周波数繰返し

2011年6月25日, 29日 アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

8

セルラーネットワークの特性

通信路容量(データレート)

$$C = B \log_2(1 + \gamma)$$

帯域幅 SINR

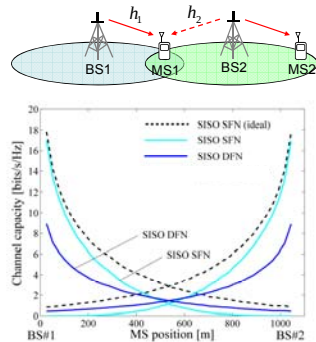
$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 P_1}{\sigma^2} \right)$$

1セル繰返し

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 P_1}{|h_2|^2 P_2 + \sigma^2} \right)$$

2セル繰返し

$$C = \frac{B}{2} \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 P_1}{\sigma^2} \right)$$

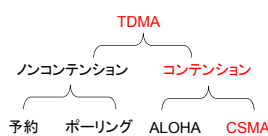


2011年6月25日, 29日 アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

9

無線LANのアクセス制御

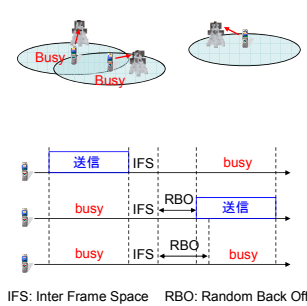
TDMAの分類



CSMA/CA方式

フレーム間ガード区間
乱数バックオフ後+キャリアセンス
ビジーでなければ送信

分散型アクセス制御



2011年6月25日, 29日 アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

10

CSMA/CAの特性

トラヒック

平均の発生回数: λ 送信フレーム長: 1

⇒ トラヒック: λ

ポアソン過程: $f_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$

ネットワークスループット

アイドル期間: I ビジー期間: B

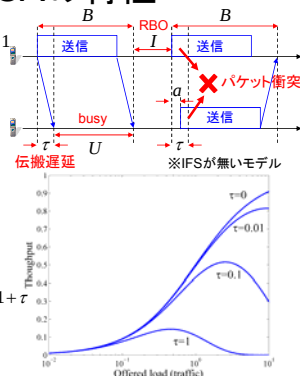
送信成功期間: U

スループット: $S = \frac{U}{B + I}$

$\bar{U} = 1 \times e^{-\lambda \tau}$ $\bar{I} = 1/\lambda$

$\bar{B} = \bar{a} + 1 + \tau = \int_0^\infty a \lambda e^{-\lambda(\tau-a)} da + 1 + \tau$

⇒ $S = \frac{\lambda e^{-\lambda \tau}}{\lambda(1 + 2\tau) + e^{-\lambda \tau}}$



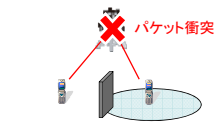
2011年6月25日, 29日 アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

11

隠れ端末問題とRTS/CTS

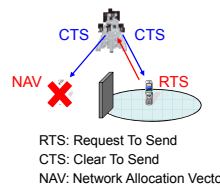
隠れ端末問題

端末1が送信
⇒ 端末2がキャリアセンスできない
⇒ パケット衝突



RTS/CTS

端末1がRTSを送信
⇒ 基地局がCTSを送信
⇒ 端末2はNAVを設定し送信を止める



RTS: Request To Send
CTS: Clear To Send
NAV: Network Allocation Vector

2011年6月25日, 29日 アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

12

IEEE802.11無線LAN

IEEE 802委員会のワーキンググループ(WG)11が制定した標準規格

	IEEE802.11	IEEE802.11b	IEEE802.11a	IEEE802.11g
Year of approval	1997	1999	1999	2003
RF band	2.4GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz
Channel bandwidth	20MHz	20MHz	20MHz	20MHz
Modulation	DSSS/FHSS	DSSS, CCK	OFDM	OFDM
Max data rate	2Mbps	11Mbps	54Mbps	54Mbps
MAC	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA

2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

13

IEEE802.11a無線LAN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 μs
ガードインターバル	0.8 μs
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

$$\text{bit rate} = 6 \times \frac{3}{4} \times 20 \times \frac{48}{64} \times \frac{3.2}{4} = 54$$

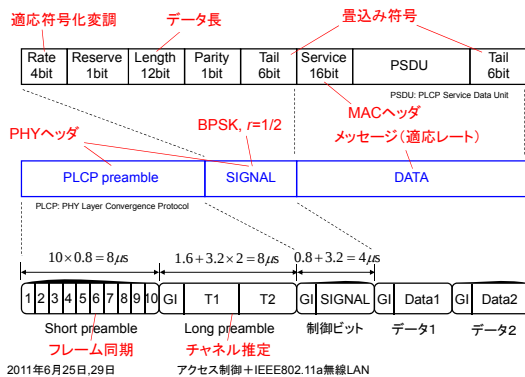
code rate
BW guard band GI

2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

14

IEEE802.11aフレームフォーマット

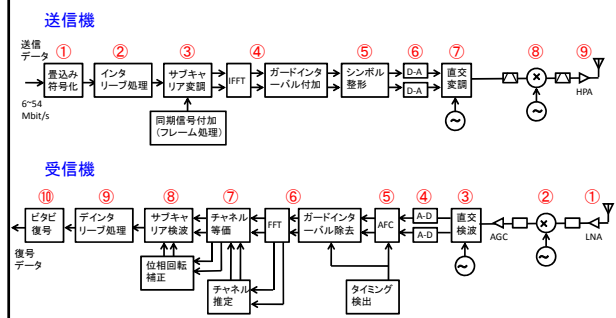


2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

15

IEEE802.11a送受信器構成



2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

16

IEEE802.11n無線LAN

IEEE802.11n (Wireless LAN High Throughput)

目標: 802.11a/b/gとのBackward Compatibility
MAC-SAPにおいて100Mbps以上のスループット

動向: 2004年9月 選考開始 (TGnSync, WWiSE, Qualcomm, MITMOT)
2005年10月 TGnSync, WWiSE標準化難航 → EWC設立
2006年1月 ドラフト案可決
2009年9月 標準仕様完成 (予定)

特徴: MIMO多重 (2x ~ 4x)
MIMO方式 (SM, STBC, Transmit beamforming)
Implicit/explicit feedback beamforming
帯域拡張 (20MHz, 40MHz)
LDPC符号 (並列符号器)
フレキシブルガードバンド



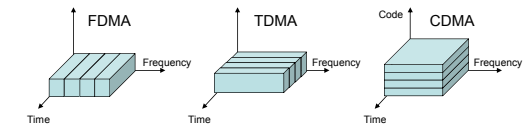
2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

17

まとめ

■ 多重アクセス (多元接続)



■ 無線ネットワーク



■ IEEE802.11a 無線LAN

5GHz帯、16.6MHz帯域幅、適応符号化変調、OFDM、CSMA/CA

2011年6月25日,29日

アクセス制御+IEEE802.11a無線LAN

18