

2013年前期 無線通信システム

第12回 アクセス制御

荒木 純道 <araki@mobile.ee.>

2013年7月10日

講義スケジュール(後半)

	日付	教科書	内容
第8回	6月12日	4.4	フェーディングとダイバーシチ
第9回	6月19日	4.6	誤り訂正符号
第10回	6月26日	3.6、4.5	スペクトル拡散とRAKE受信
第11回	7月 3日	3.7	直交周波数分割多重 (OFDM)
第12回	7月10日	6	アクセス制御
第13回	7月17日	7	IEEE802.11a WLAN
第14回	7月24日		予備日
	7月31日		期末試験@S422

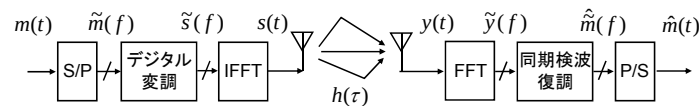
2013年7月10日

アクセス制御

2

復習

■ 直交周波数分割多重 (OFDM)



OFDM変調

OFDM復調 (FDE)

$$s(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{s}(n) \exp\left(j2\pi k \frac{n}{N}\right) \quad \tilde{y}(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} y(k) \exp\left(-j2\pi n \frac{k}{N}\right)$$

$$= \tilde{h}(n) \tilde{s}(n) + \tilde{n}(n)$$

$$\hat{\tilde{s}}(n) = \frac{\tilde{y}(n)}{\tilde{h}(n)}$$

■ 周波数軸符号化適応変調

符号化: フェーディングが落ち込むサブキャリアの誤り訂正
適応変調: フェーディ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

2013年7月10日

アクセス制御

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

2013年7月10日

アクセス制御

4

ポアソン過程

ポアソン過程

例えば情報パケットという
事象が独立に定常的に発生する



ポアソン過程

単位時間当たりの平均発生回数が λ のポアソン過程

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

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

$$f_0(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{指数分布}$$

事象の発生時間間隔の確率密度 $g(\Delta t)$

事象が発生しない時間間隔の期待値

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

$$g(\Delta t) = -\frac{\partial f_0(\Delta t)}{\partial \Delta t} = \lambda e^{-\lambda \Delta t}$$

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

例えば $\lambda = 1$ のとき
平均の時間間隔は $1/\lambda = 1$

2013年7月10日

アクセス制御

5

多重アクセス(多元接続)

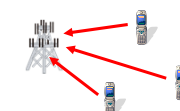
マルチアクセス

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

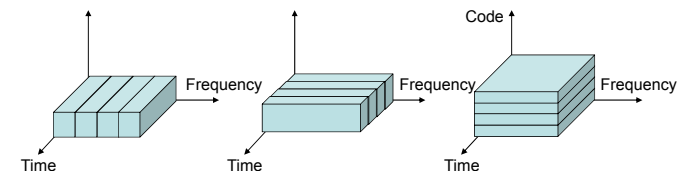
多重アクセス通信モデル



(周波数分割) FDMA

(時間分割) TDMA

(符号分割) CDMA



端末データレート = 基地局データレート / 端末数

2013年7月10日

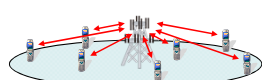
アクセス制御

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 = $1/K$

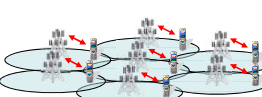


問題点

- 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 = 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 = $1/\tilde{K}$
送信電力 = 1



問題点

- カバレッジ
- セル間干渉

2013年7月10日

アクセス制御

7

携帯電話のアクセス制御

3セル周波数繰返し

多重アクセス

集中制御局
(オペレータ)

バックボーンネットワーク

(FDMA, TDMA, CDMA)

	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

2013年7月10日

アクセス制御

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

大ゾーン

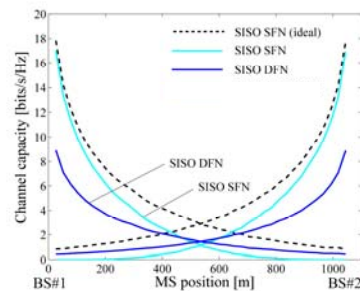
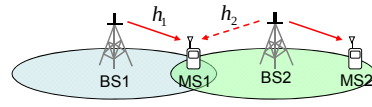
$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 P_1}{\sigma^2} \right)$$

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

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



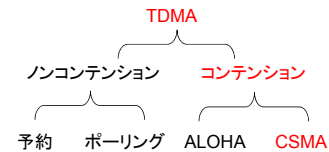
2013年7月10日

アクセス制御

9

無線LANのアクセス制御

TDMAの分類



分散型アクセス制御

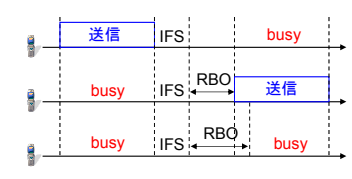


CSMA/CA方式

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



IFS: Inter Frame Space RBO: Random Back Off

2013年7月10日

アクセス制御

10

CSMA/CAの特性

トラフィック

平均の発生回数: λ 送信フレーム長: 1

⇒ トラフィック: 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

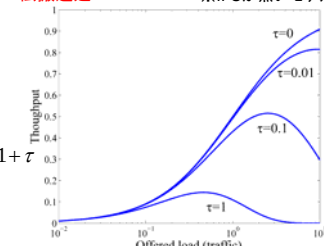
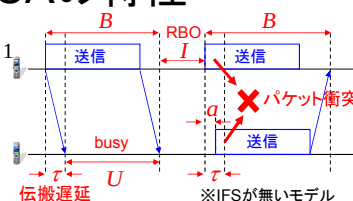
送信成功期間: U

スループット: $S = \frac{\bar{U}}{\bar{B} + \bar{I}}$

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

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

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



2013年7月10日

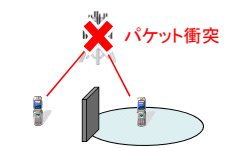
アクセス制御

11

隠れ端末問題とRTS/CTS

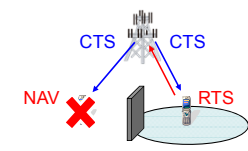
隠れ端末問題

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

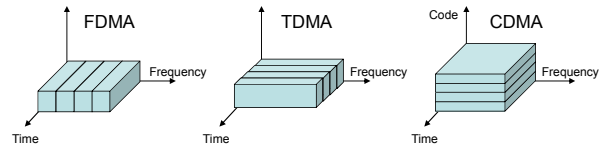
2013年7月10日

アクセス制御

12

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

2013年7月10日

アクセス制御

13