2014年前期
無線通信システム

第12回　アクセス制御

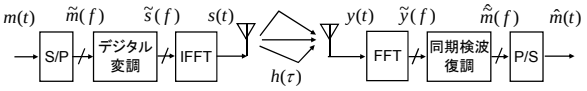
荒木　純道 <araki@mobile.ee.>
2014年7月9日

講義スケジュール（後半）

	日付	教科書	内容
第8回	6月11日	4.4	フェージングとダイバーシチ
第9回	6月18日	4.6	誤り訂正符号
第10回	6月25日	3.6、4.5	スペクトル拡散とRAKE受信
第11回	7月　2日	3.7	直交周波数分割多重（OFDM）
第12回	7月　9日	6	アクセス制御
第13回	7月16日	7	IEEE802.11a WLAN
第14回	7月23日		予備日
第15回	7月30日		期末試験

復習

■ 直交周波数分割多重（OFDM）



OFDM変調

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

OFDM復調（FDE）

$$\tilde{y}(n)=\frac{1}{\sqrt{N}}\sum_{k=0}^{N-1}y(k)\exp\left(-j2\pi m\frac{k}{N}\right)$$
$$=\tilde{h}(n)\tilde{s}(n)+\tilde{n}(n)$$
$$\hat{\tilde{s}}(n)=\tilde{y}(n)\Big/\tilde{h}(n)$$

■ 周波数軸符号化適応変調

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

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

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,..) 回発生する確率　時間 (0,t] の間に1回も発生しない確率

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

$$\int_t^\infty g(\Delta t)\,\mathrm{d}\Delta t=f_0(t)$$
⇩
$$g(\Delta t)=-\frac{\partial f_0(\Delta t)}{\partial \Delta t}=\lambda e^{-\lambda\Delta t}$$

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

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

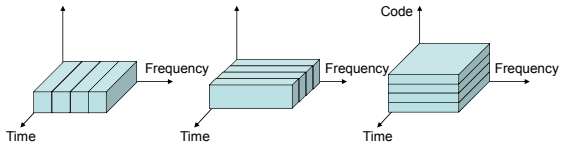
多重アクセス（多元接続）

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



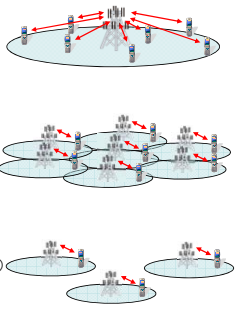
端末データレート ＝ 基地局データレート／端末数

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 = $1/K$

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 = $1/N$

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



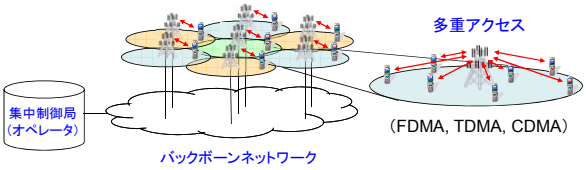
問題点
- 距離損失
- 帯域分割損

問題点
- 基地局コスト

問題点
- カバレッジ
- セル間干渉

携帯電話のアクセス制御

3セル周波数繰返し



	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

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

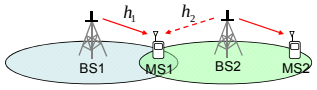
$$C = B\log_2\left(1+\frac{|h_1|^2 P_1}{\sigma^2}\right)$$

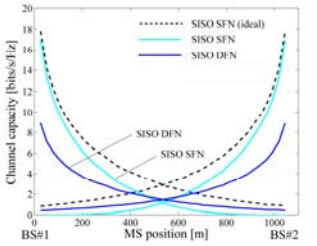
1セル繰返し

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

2セル繰返し

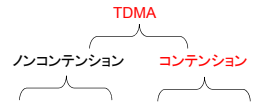
$$C = \frac{B}{2}\log_2\left(1+\frac{|h_1|^2 P_1}{\sigma^2}\right)$$



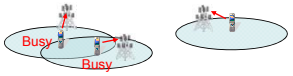


無線LANのアクセス制御

TDMAの分類

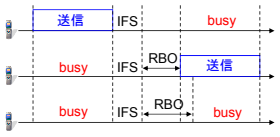


分散型アクセス制御



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

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

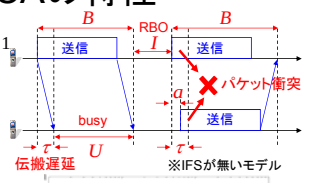
送信成功期間：U

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

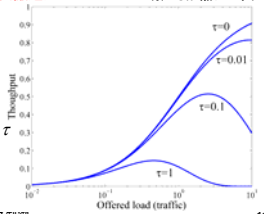
$\overline{U} = 1\times e^{-\lambda\tau}$　$\overline{I} = 1/\lambda$

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

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



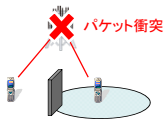
※IFSが無いモデル



隠れ端末問題とRTS/CTS

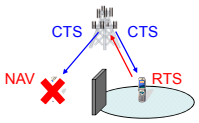
隠れ端末問題

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

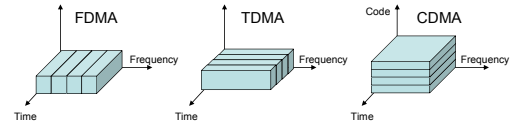
端末1がRTSを送信
⇩
基地局がCTSを送信
⇩
端末2はNAVを設定し送信を止める



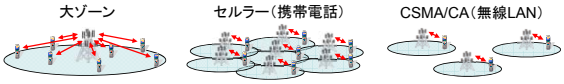
RTS: Request To Send
CTS: Clear To Send
NAV: Network Allocation Vector

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