

コグニティブ無線における基地局電力制御によるユーザ効用の最大化

森川 貴康[†]

東京大学大学院工学系研究科[†]

相田 仁[‡]

東京大学大学院工学系研究科[‡]

1 はじめに

近年における周波数資源の深刻な枯渇問題を解決する技術として、コグニティブ無線技術の実現が期待されている。コグニティブ無線技術は、特定の周波数帯域に対する利用許可を与えられた一次利用システムに対して干渉を与えないことを拘束条件として、未使用の周波数資源を利用許可の無い二次利用システムが、空間軸・周波数軸・時間軸の観点から有効利用する技術である。

特定の周波数帯域を複数システムで共有する周波数共用技術は数多く存在するが、無線 LAN においては CSMA/CA や周波数ホッピング等、時間軸と周波数軸に重きを置いた多くの技術が古くから利用されている。対して、主に放送システムを対象に研究が進められているコグニティブ無線技術では、二次利用システムが展開するサービスが広域であることが想定されており、与干渉の低減が必須条件に挙げられる為、空間軸の観点からみた周波数共用技術についても広く研究が進められている。

本稿では、ユーザの利便性を定量化したユーザ効用に着目し、適応変調を用いた無線通信における、ユーザの数や位置に応じた基地局の最適な出力電力を明らかにした。

2 関連研究

2.1 協調センシング

他システムへの与干渉の低減と、出力電力の拡大を両立する手法の一つに協調センシングが挙げられる。

同技術では、主に他システムを利用しているユーザのサービスの利用状況に影響を及ぼさない範囲で自システムのユーザに最大限サービスを提供することを目的に、複数の無線機間でセンシング結果を共有するなどして他システムの存在の有無の検出精度の向上させ、その結果から与干渉の度合いを低減させるべく出力電力を調整する。

3 検討手法

本研究では、ユーザと基地局間の位置関係を把握した上で、以下の 2 点に着目し、ユーザにとって最も理想な出力電力を導く。

- 基地局とユーザの利用する無線端末間の通信には適応変調を用いる
- ユーザの通信品質に対する満足度としてユーザ効用の値を用いる

それぞれについて、以下に詳細を述べる。

3.1 適応変調を用いた通信

ユーザと基地局間の通信には、指定したビット誤り率を満足させた上で最もシンボルレートの高い変調方式を用いるものとする。本稿で利用する変調方式 (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM) の各 BER は以下の式で求めることができる [1]。

$$BER_{bpsk} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{C}{N}} \right) \quad (1)$$

$$BER_{qpsk} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{C/N}{2}} \right) \quad (2)$$

$$BER_{16QAM} = \frac{3}{8} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{C/N}{10}} \right) \quad (3)$$

$$BER_{64QAM} = \frac{7}{24} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{C/N}{42}} \right) \quad (4)$$

ビット誤り率は CNR に大きく依存することから、指定したビット誤り率を満足させる通信範囲は伝搬損失の関係から図 1 の様に表すことが出来る。

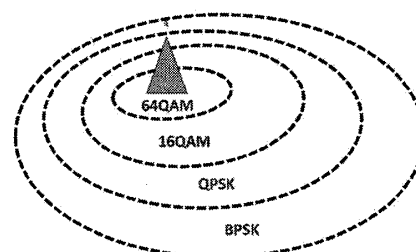


図 1 適応変調について

3.2 ユーザ効用の測度関数

ユーザ効用は矢守氏らの研究 [2] で述べられた次の測度関数で与えられる。

$$U = DX^{-k} \quad (5)$$

Utility Maximization by the Power Control in Cognitive Radio

[†] Takayasu Morikawa [‡]Hitoshi Aida

^{†‡} Department of Electrical Engineering and Information Systems, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

ここで、 D は定数であり、 X は待ち時間、 k ($0 < k < 1$) は待ち時間への依存度合を示すパラメータである。前述の通り、本研究では適応変調を用いる為、変調方式が切り替わる度に待ち時間 X は変化する。また、出力電力を増大させる度にカバレッジが拡大し、サービスを提供するユーザ数の増加に伴い、待ち時間 X の値も増加する。

4 計算機シミュレーション

4.1 シミュレーションの内容

基地局が 2 つ、そしてそれぞれの基地局を利用する複数のユーザが存在するという条件下でのユーザ効用の総和を、3.2 節で述べた効用測度関数を用いて求めた。表 1 にシミュレーション諸元を示す。

項目	値
利用周波数	796-800MHz
所望ビット誤り率	10^{-5}
最小所望電力	-82 dBm
最大出力	30 dBm
エリア範囲	10000m × 10000m
基地局 A	4500m, 4500m
基地局 B	5500m, 5500m
リクエスト率	10 秒に 1 回
データ量	500KB
待ち時間感度 k	0.9

表 1 シミュレーション共通パラメータ

色々なパラメータ設定を基にシミュレーションを行っているが、本稿ではそのうち 2 例を示し、それぞれ計算機シミュレーションを行った。ここで、ユーザの座標位置は、平均値が利用する基地局の座標、標準偏差が表 2 に示した通りの正規分布に従う。

	パターン 1	パターン 2
基地局 A のユーザ数	150	150
基地局 B のユーザ数	50	150
A のユーザの位置座標の標準偏差	1000	100
B のユーザの位置座標の標準偏差	1000	2000

表 2 シミュレーションパラメータ設定例

4.2 シミュレーション結果

パターン 1 とパターン 2 について、ユーザ効用の総和を図 2 と図 3 にそれぞれ示す。パターン 1 では、基地局 A を利用するユーザの数が基地局 B を利用するユーザの数に比べて多いため、基地局 A のを利用するユーザの効用の総和が相対的に高くなっている。パターン 2 では、基地局 B のユーザが基地局 A のユーザに比べて広く分布している為、出力電力を増大させた際に効用の総和の増加率が異なっている。また、基地局 A を利用するユーザの効用がある一定の出力電力を超えると増大しなくなっている。これは、基地

局 A を利用するユーザが基地局周辺に密集している為、ある場面で全てのユーザが変調方式を 64QAM に切り替える為、その時点で効用の総和が最大になり、出力電力を増加しても効用の総和が増加しなくなるためである。本稿で示したこれらの例のように、チャンネルが 1 つしかなく両基地局のユーザが重なって存在する環境下では、どちらかの基地局に偏って出力電力を増大させた方が効用が大きくなる事がわかる。

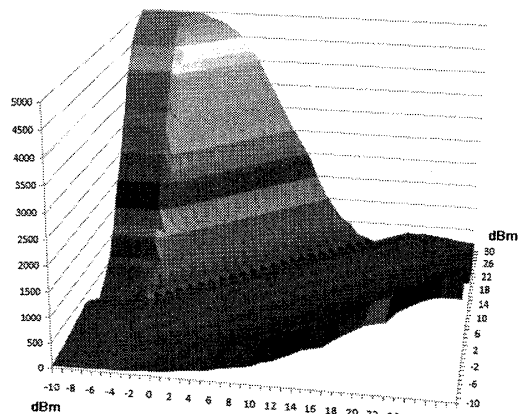


図 2 パターン (1) の結果

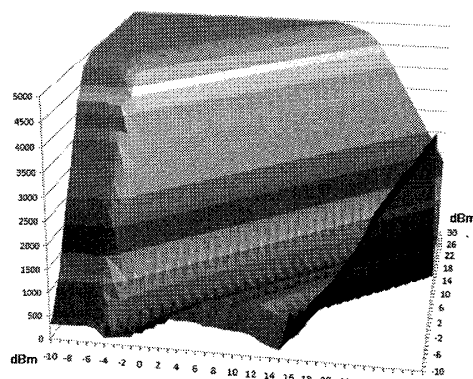


図 3 パターン (2) の結果

5 まとめ

本研究では、ユーザの利便性向上のため、複数の基地局が隣接し、周辺に各基地局を利用したいと望むユーザが存在する状況下において、ユーザ効用が最も大きくなる出力電力について求める方法について検討している。今後は、複数のチャンネルが利用可能な場合におけるユーザ効用の特性について研究を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 生岩 量久, “デジタル通信・放送の変復調技術”, コロナ社, pp.43, 2008.
- [2] 矢守 恭子, 田中 良明, 秋丸 春夫, “優先制御コンテンツ配信方式の料金設定法”, 電子情報通信学会技術研究報告, No.SSE2000-200, pp.13-18, Dec. 2000.