

コグニティブ無線における ダイナミックスペクトル制御技術

三 瓶 政 一*

研究ノート

Dynamic Spectrum Control Techniques for Cognitive Radio

Key Words : Ubiquitous Wireless Networks, Cognitive Radio,
Dynamic Spectrum Control, Broadband Wireless Access

1. はじめに

現在のワイヤレス通信需要動向を見ると、更に1 GHz 程度の帯域が必要になると言われている[1]。これは、現在の携帯電話の普及状況に加えて、センサネットワーク、ITS(Intelligent Transport System)さらにはユビキタス社会に向けた様々な無線デバイスが我々の生活空間に順次浸透していくであろうと想定して算出されたものである。

これまでは、無線通信需要の増大に対して、各システムで無線周波数をより効率的な運用を実現するための周波数有効利用技術を開発すると同時に、新たな周波数帯を開拓することで対処してきた。しかしながら、無線周波数が高くなると電波の直進性が増し、1つのアクセスポイントがカバーできる面積は狭くなるので、ユビキタスネットワークを構成する上で使い勝手の良い周波数としては5 GHz 以下であると言える。しかしながら5 GHz 以下の無線周波数の開拓はすでに終わっていることから、新たな無線周波数の開拓で急増する無線通信需要に応えるという手段は、今後、取り得ない状況となっている。

一方、5 GHz 以下の既利用スペクトルの運用状況を見ると、一部のスペクトルは非常に混雑しているものの、多くのスペクトルではその平均的利用率はそれほど高くないという事実がある[2]。この特徴を利用し、スペクトルセンシングに基づいて運用

状況を監視のもとで、1つの周波数帯をインテリジェントに共用しようというのが、現在注目されている「コグニティブ無線」である[3]。

コグニティブ無線は、一言で言うならば、自律分散制御に基づいてシステム間の相互干渉は発生させないという、無線ノード同士が相互に「気を使いあう」仕組みを導入し、双方にとって、通信を行いたい時にはいつでも無線リソースが確保できるという「実利」が享受できる環境を構築することである。

このようなコグニティブ無線を実際に運用するためには、

- 1) 無線周波数の利用状況を、そこで運用されているシステムの特長、並びにそのシステムが一時利用者であるか否かも含めて実時間で把握する技術
- 2) 利用可能な周波数を伝送に活用するための技術が必要となる。我々は、この中で、2)の部分から取り組んでおり、その中核技術がダイナミックスペクトル制御(DSC: Dynamic Spectrum Control)技術である[4]。本稿では、その取り組みの一部を紹介する。

2. ユビキタス空間における電波環境



図1. ユビキタス空間における電波環境の例



*Seiichi SAMPEI

1957年5月生
東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻 修士課程修了(1982年)
現在、大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授 工学博士
通信工学
TEL: 06-6879-7736
FAX: 06-6879-7602
E-mail: sampei@comm.eng.osaka-u.ac.jp

図1にユビキタス電波環境の例を示す。屋内閉空間で無線通信を行う場合、一般的には、互いに干渉し、通信が不能になると考えがちであるが、実際には、電波は、屋内の什器類に加えて、壁、床、天井などによって反射・回折・散乱され、それらが合成されて受信されることになるため、周波数によって相互干渉の厳しい周波数帯とあまり厳しくない周波数帯が存在することになる。この度合いは、通常、受信信号のSINR (Signal to Interference plus Noise power Ratio) の周波数特性で表わされる。図1では白はSINRが高く、干渉が厳しくない状況、黒はSINRが低く、干渉が厳しい状況を示している。ここで観測帯域をある程度十分広くとると、所要帯域より干渉の厳しくない帯域 (図1の白の帯域) の総和の方が広がる状況を作ることができる。ただし、白の帯域はスポット的に散在しており、かつ、その場所は時間とともに変動することになる。したがって、送信信号を分割することができ、かつ、分割された送信信号を、利用可能な帯域にマッピングできる技術があれば、図1の状況で、各ユーザが安定した通信回線を維持することが可能になると考えられる。これを実現する技術がダイナミックスペクトル制御技術である。

3. ダイナミックスペクトル制御

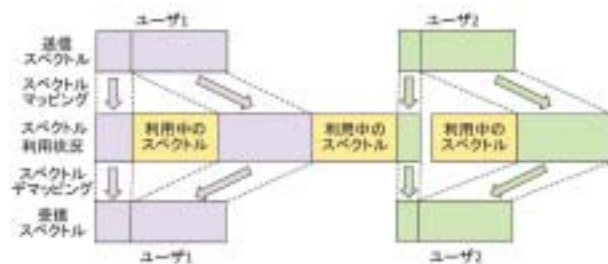


図2．ダイナミックスペクトル制御の概念図

一般的に、信号のスペクトルは、そこに含まれる情報がランダムデータの場合、連続スペクトルとなる。それに対して、信号をフレーム化し、フレーム信号が時間軸で繰り返されていると仮定してフーリエ変換すると、周期関数のフーリエ変換ということからそのスペクトルは離散スペクトルとなる。DFT (Discrete Fourier Transform) は、まさに、このような仮定のもとで、ブロック化された信号の

スペクトルを算出する技術である。無線LAN, WiMAX など、近年の無線通信システムでは、すべて信号はフレーム化されており、また、フレームの先頭にフレーム最後尾の一部の信号をコピーする (これがCP: Cyclic Prefix と呼ばれる) ことで、遅延波が存在する場合でも信号の周期性を維持する技術が基本技術として適用されている。したがって、CPが付加されてフレーム構成をとる信号形式であれば、すべてフレーム単位では離散スペクトルとみなすことができ、その結果として、スペクトルの分解とマッピング、ならびにこれらの逆操作が自由に実現可能となる。ダイナミックスペクトル制御はこれら一連の操作で構成されており、その概念図は図2の通りである。

送信信号はフレーム単位でDFTにより周波数領域に変換される。この段階でスペクトルは離散スペクトルとなるので、利用可能な帯域に対して、適宜マッピングされる。実際には、マッピングされた後の信号はIDFT (Inverse DFT) によって時間領域の信号に戻され、CPが付加されたものが変調操作を介して送信される。受信機では、分散配置されたスペクトルを元の位置に戻したのち、通常の実験機で行われる受信操作によってデータ系列が復号される。

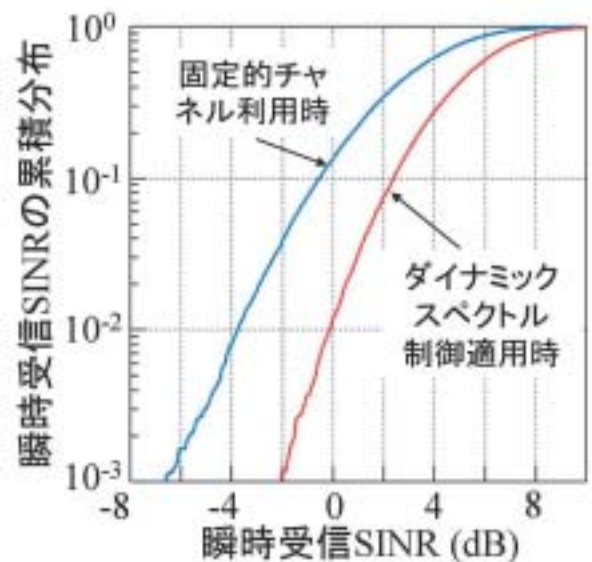


図3．瞬時SINRの累積分布特性

図3に、固定的チャネル割当て時 (ダイナミックスペクトル制御を適用しない場合) とダイナミックスペクトル制御を適用した場合の瞬時受信SINRの累

積分分布特性を示す．ここで SINR の測定点は受信機においてスペクトルをもとの位置に戻し，かつ等化器によって伝搬路で発生したひずみの影響を補償した後の部分で測定した値である．また，同図は，横軸で示される瞬時 SINR の値以下となる確率を累積分布と定義しているので，グラフが右にあるほど，SINR が低くなる確率は小さいという意味で伝送品質が高いことになる．ダイナミックスペクトル制御では，利用可能な帯域にスペクトルをマッピングする際，伝送特性が高くなる可能性の高いスペクトルを積極的に利用しているので，このように伝送品質が良好となる．

4．おわりに

本稿では，コグニティブ無線技術の1つであるダイナミックスペクトル制御技術について紹介した．この技術は，他の人が利用していない周波数を監視しながら，かつ，自らにとって良好な伝送速度が得やすい周波数を選択する技術であり，これを我々の日常生活の出来事に例えるならば，他人との摩擦はできるだけ避け，かつ自らは快適な生活が営めるよう，生活環境を整えることに対応している．この例えにも見られるように，現在の無線通信は，厳格なルールに基づき，決して問題が起きないように集中

管理するしくみから，周囲との協調に基づき，電波利用の共存共栄をめざす仕組みへと変貌しつつある．このように見ていくと，我々の社会システムは，成熟した自律分散システムであり，我々の生活様式の知恵の中に，技術に展開し得るものは多々あると言える．このような考え方に基づく無線通信システム技術の展開を今後も積極的に展開する予定である．

文献

- [1] 総務省，試問第7号答申“中長期における電波利用の展望と行政が果たすべき役割 - 電波ビジョン -”，平成15年7月．
- [2] DARPA XG Working Group, “The XG Vision, Request for Comments Ver. 2.0,” Jan. 2004.
- [3] J. Mitola III; G. Q. Maguire, Jr., “Cognitive radio: making software radios more personal,” IEEE Personal Communications, Vol. 6, No. 4, pp. 13 - 18, Aug. 1999.
- [4] S. Sampei, S. Miyamoto and S. Ibi, “Spectrum Loading Type Dynamic Spectrum Allocation Technique for Cognitive Radio Systems,” IEEE CROWNCOM '07(in CD-ROM), Aug. 2007.

