

# スペクトラム拡散通信による分散型無線LANの メディア・アクセス方式<sup>1</sup>

大西 祥浩<sup>\*</sup> 陳 建和<sup>\*\*</sup> 重野 寛<sup>\*\*\*</sup>  
横山 光男<sup>\*\*\*\*</sup> 松下 温<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
慶應大学理工学部<sup>2</sup>

## 概要

SS(Spread Spectrum)通信を利用した分散型無線LANのメディアアクセスプロトコル(CCA(Common Code with Acknowledge)方式及びCCRD(Common Control-Code Random Data-code)方式)を提案する。無線LANに限らず、LANの備えるべき性能の一つに分散制御が上げられるが、SS通信技術自体の特徴を利用して、無線LANのシステムにその性能を持たせることができる。

我々が提案する2方式(CCA方式,CCRD方式)について計算機シミュレーションにより評価、考察を行った。その結果、両方式とも単純なプロトコルにもかかわらず、種々の興味深い性能を示すことがわかった。

## 1.はじめに

無線LANに限らず、移動性、携帯性を持つ無線データ通信は、自動車電話や携帯電話にみられるように、無線基地局を設ける集中制御型のものが主である。このことは、無線LANの世界でもいえることであり、集中制御型のシステムを構成する場合が多い。

集中制御型の無線LANでは、その無線基地局に与える負荷が大きくなり、万一、基地局が故障した場合には、システム全体がダウンする可能性がある。また、集中型のシステムでは、端末間の通信をす

るのに、いちいち基地局を通して行わなければならない。これらの欠点を取り除くところに、分散制御型の無線LANを考える必要がある。分散制御型の無線LANでは、端末間の通信は、その端末間の通信可能範囲内に存在する端末とならば、基地局をかえす必要がなく、直接できる。さらに、端末にかかる負荷を分散することができる。

分散制御型無線LANのシステムに従来のチャンネルアクセス方式であるCSMA方式やALOHA方式等々を適用することも一つの方法である。が、チャンネルアクセス方

---

<sup>1</sup>Spreading Code MAC Protocols for Distributed Wireless LAN  
by Yoshihiro ONISHI \*\*Chien-ho CHEN \*\*\*Hiroshi SHIGENO  
\*\*\*\*Teruo YOKOYAMA \*\*\*\*\*Yutaka MATSUSHITA

<sup>2</sup>Faculty of Science and Technology, Keio University

式にSS通信技術の特徴を利用することにより、よりよい性能を得ることが期待できる。SS通信技術そのものの持っている特徴に次のものを上げることができる。

- 1) 捕捉効果の向上
- 2) 符号分割多元接続(CDMA)が可能
- 3) マルチパスに強い
- 4) 狭帯域妨害波排除能力
- 5) 盗聴困難
- 6) 既存のFMやSSBシステムに妨害を与えない

特に、無線LANは、オフィスや工場などのマルチパスによる影響が大きい環境で利用されることから、SS通信はこの対策にもなる。また、従来の狭帯域のチャンネルアクセス方式(CSMA方式,ALOHA方式)では、パケットが他のパケットと時間的にわずかでも重なると、これらのパケットはつぶれてしまうが、SS通信を利用すると、パケットの重なりによるパケットの送信失敗を減らすことができる。つまり、同時通信が可能となる。以上のような特徴により、従来の狭帯域のチャンネルアクセス方式に比較して、スループットやパケット遅延に関して、その性能の向上が期待できる。本研究では、先に示した一番目と二番目の特徴について考察する。

## 2. SS通信を利用したチャンネル・アクセス・プロトコル

SS通信を利用したチャンネル・アクセス・プロトコルには、拡散符号の割り

当て方によって種々のものが考案されているが、大きく分けて次の特徴を持つ。

- ・ 各端末に固有の受信拡散符号を与えておき、パケットを送信しようとする端末は、相手端末の受信拡散符号でパケットを拡散して送信する方式
- ・ 各端末に固有の送信拡散符号を与えておき、パケットを送信しようとする端末は、自分の送信拡散符号でパケットを拡散して送信する方式

その他にこれらを複合させる方式がある。しかし、拡散符号は限られた資源であるからこれを有効に割り当てることも一つのポイントとなる。この観点から、我々は次に示すCCRD方式を提案する。また、全端末に共通の拡散符号を割り当てた場合にどの程度の性能が得られるかを検討するためにCCA方式についても考えてみる。

### 2.1 CCA方式のプロトコル

CCA(Common Code with Acknowledge)方式は、すべての端末に共通の拡散符号を割り当てる。つまり、一つの拡散符号を全端末で共有する。この方式におけるパケットの構成は、図1に示すように、同期獲得所要時間に相当する長さのプリアンプル、その次に目的受信端末のアドレス、及び、送信端末のアドレスの情報を含むヘッダーとデータからなる。



図1. CCA方式の packets 構成

送信要求端末は、packetsを拡散符号で拡散して送出する。他の端末(送信状態でない)は、常に、この拡散符号でチャンネルをモニターし、packetsが存在すれば受信する。そして、そのヘッダーの目的地アドレスが自分宛のものであれば、そのまま受信し続け、そうでなければ、packetsを破棄する。この方式は、ある意味でアロハ方式に似ている。packetsがうまく受信された場合には、その受信端末は、ACK信号を返す。このACK信号は、使用可能な複数の拡散符号の中からランダムに選ばれた符号により拡散され送出される。この符号選択は、データ送信端末が行い、送信packetsの一部にその選択された符号に関する情報をのせる。

## 2.2 CCRD方式の protocols

CCRD(Common Control-code Random Data-code)方式では、2種類のpacketsを使用する。その構成は、図2.に示す。

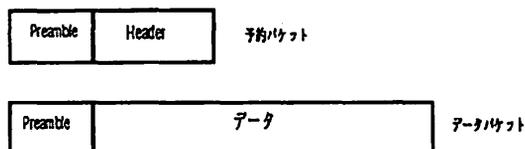


図2. CCRD方式の packets 構成

予約packetsは、同期獲得所要時間に相当するプリアンブル及び、目的受信端末のアドレス、データpacketsを

拡散する符号に関する情報、並びに、送信アドレスを含むヘッダーから構成される。そして、データpacketsは、データ専用のpacketsである。

送信要求端末は、まず、予約packetsを全端末が共有する共通の制御拡散符号で拡散して送信し、その後、乱数で決めたデータ拡散符号でデータpacketsを拡散して送出する。受信側の端末は、常に、共通制御拡散符号でチャンネルをモニターしており、自分宛の予約packetsを受信したときは、そのpacketsに含まれているデータ拡散用の拡散符号に関する情報を調べ、そのデータ拡散コードに切り替えることによりデータpacketsの受信をする。(図3.)

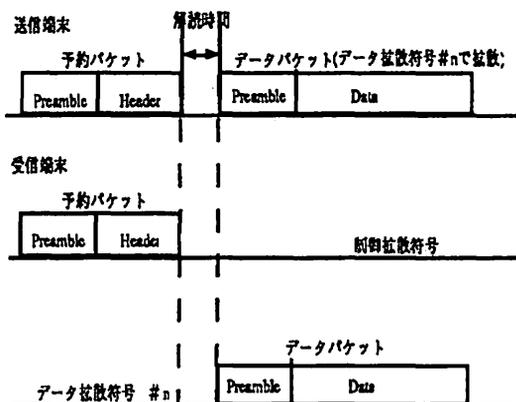


図3. CCRD方式の protocols

この方式は、データpacketsを拡散するための拡散符号を複数用意しており、送信端末は、送信要求がある度に、これら複数の符号の中から一つを選んで、その情報を予約packetsにのせて受信端末に伝える。このために、固定的に各端末にユニークな送信拡散符号

や受信拡散符号を割り当てる符号分割多元接続に比べて、それと同じ性能を維持する一方で、符号資源の有効利用ができると期待される。また、無線LANの性質から、移動に伴う新規にそのシステムに加入する端末を扱う必要があるが、その際、新たにその端末に符号を割り当てる手間がなく、その点で自由度が増すと考えられる。

CCRD方式におけるパケット送信失敗の場合を大きく分けて2つ考えることができる。一つは、予約パケットの伝送期間中に、他の予約パケットの送信があった場合、もう一つは、ある端末の使用するデータパケットを拡散する符号をたまたま、他のデータパケットも使用した場合。しかし、このような場合でも、受信端末側で、それら拡散符号の位相がずれていれば、うまく受信できることもある。

予約パケットは短いので、衝突の起こる割合も小さく、また、データパケットに関しては、使用できるデータ拡散符号の数がある程度多くなれば、衝突の割合はかなり小さくなるであろう。

### 3. 計算機シミュレーションによる評価

CCA方式及びCCRD方式について計算機シミュレーションを行い、その性能を評価する。

#### 3.1 シミュレーションモデル

本シミュレーションに使用するパラメータを表1.に示す。

表1.シミュレーションパラメータ

伝送速度	可変 (25.6kbps, 256kbps, 2.56Mbps)
パケット長	CCA方式;3200bits CCRD方式; 予約パケット:32bits データパケット :3200bits
同期獲得所要時間	5 bits/伝送速度
帯域幅	51.2 MHz

また、シミュレーションを行う上で次の仮定を設けた。

- ・ 端末は、同時に送信、受信をすることはできない。
- ・ 信号の伝搬遅延は、きわめて小さいため考慮しない。

SS通信で使用可能な帯域幅は、一次変調の帯域幅と拡散率の積で表す。ところで、SS通信では、同じ帯域を全端末が共有するため、他の端末が送信する信号は雑音となる。したがって、同時通信数の増加に伴って、誤り率は劣化する。誤り率と同時通信数との関係を、本シミュレーションの簡略化のため、平均的特性を示す次の関係式で示すことにする。[1]

情報速度を $R_b[\text{bit/s}]$ とすると、PSK変調の同期検波における1情報ビットあたりのSN比( $E_b/N_0$ )は、

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \left(\frac{C}{N}\right)_s \left(\frac{B}{R_b}\right)$$

ここで、 $(C/N)_s$ は、一次復調器入力  
のCN比であり、

$$\left(\frac{C}{N}\right)_s = \frac{P_0}{B \left\{ \sum_{i=1}^{M-1} P_i / f_{PN} + N_0 \right\}}$$

M:同時通信数,  $f_{PN}$ :PN波形のクロック  
周波数,  $P_0$ :希望信号の受信電力,  $P_i$ :他の  
ユーザの信号電力,  $N_0$ :熱雑音(本シミュ  
レーションでは考慮しない)

とすると、誤り率 $P_e$ は、

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$$

で与えられる。

### 3.2 シミュレーション結果

以下に示す結果は、すべて誤り率  
 $10^{-7}$ を確保することを前提にしたもの  
である。

#### a) CCA方式

図4.に、CCA方式における無線ゾー  
ン内の端末数とone-pair当たりの最大ス  
ループット(システム全体のスループ  
ットを全ペア数で割ったもの)の関係を、  
拡散率をパラメータにとり示す。また、  
図5.に、拡散率とone-pair当たりの  
最大スループットの関係を端末数を  
パラメータにとり示す。

これらのグラフから次のことがわか  
る。

- ・ どの拡散率をとっても、端末数の  
増加につれ、そのスループット特  
性は劣化する。
- ・ 端末数の増加に伴う最大スループ  
ットの減少の割合は、拡散率の大き  
い方が顕著にあらわれている。

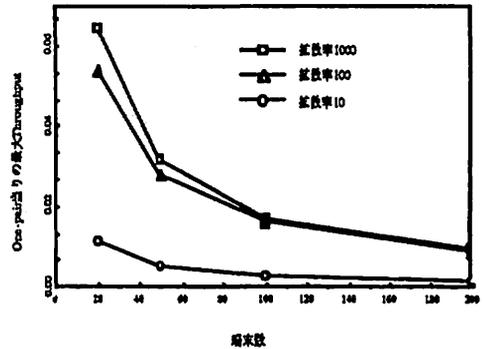


図4. 端末数とone-pair当たりの最大ス  
ループットの関係

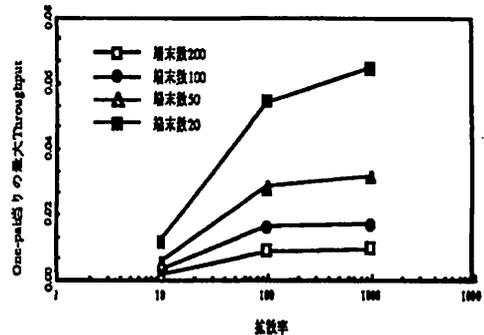


図5. 拡散率とone-pair当たりの最大ス  
ループットの関係

- ・ ある一定の最大スループットを得  
るには、拡散率により、そのゾー  
ン内のサービスを受けることが可能な  
端末数は限られてくる。つまり、拡  
散率が大きいほどゾーン内でサービ

ス可能な端末数は多くなる。

- ・ 拡散率100から1000への増加に伴う one-pair最大スループットの増加の割合は、拡散率10から100への増加に伴う場合のそれと比較して小さい。また、端末数が増えるにしたがって、one-pair最大スループットの増加の割合は小さくなる。

以上の結果が得られた理由を次のように考えることができる。それは、拡散率の増加に伴って、可能な同時ユーザ数の増加が期待できるが、この方式は、全ての端末が1つの拡散符号を用いて、データの送受を行っているため、そのチャンネルにおける同期のタイミングによる衝突がユーザ数の増加に伴って増えるためである。すなわち、拡散率の増加による同時ユーザ数の改善の割合よりも、チャンネルにおけるパケットの衝突による性能の劣化の方が勝るためと考えられる。したがって、この方式は、むやみに拡散率を大きくすることは無駄なことであり、ゾーン内の端末数との兼ね合いで、使用する拡散率を決める必要がある。例えば、ゾーン内の端末数が200の場合には、拡散率を100に選んだ場合と1000に選んだ場合、それらの達成できる最大スループット特性には大した差は、ないのである。

### b) CCRD方式

図6.は、CCRD方式(拡散率100,端末数200)におけるスループットとトラフィックの関係を使用可能なデータ拡散符号の数をパラメータにして示してい

る。また、図7.は、そのパケット遅延とトラフィックの関係を示している。

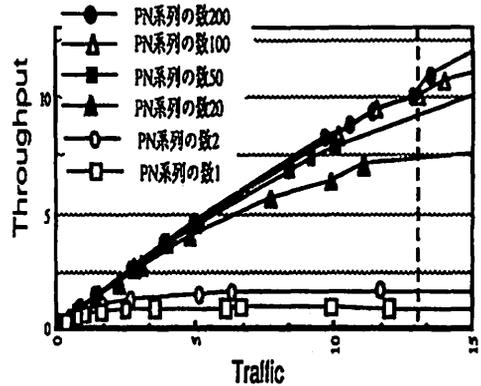


図6.CCRD方式のスループット特性

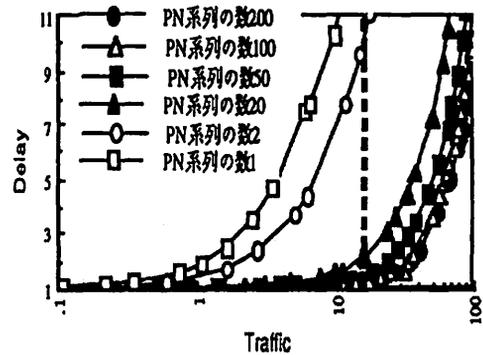


図7.CCRD方式のパケット遅延特性

これらのグラフから次のことがわかる。サービスゾーン内の端末数200(全ペア数100)に固定的に拡散符号を割り当てると200個の符号が必要であるが、CCRD方式では、使用するPN系列(拡散符号)の数を200から50まで減らしても、パケット遅延特性及びスループット特性ともに、その性能に大きな変化はない。つまり、200端末をサポートするシステムでも、その使用するPN

系列の数は、50個で十分なことがわかる。図8.は、端末数200のCCRD方式における最大スループットと使用可能なPN系列の数の関係を拡散率をパラメータに示したものである。

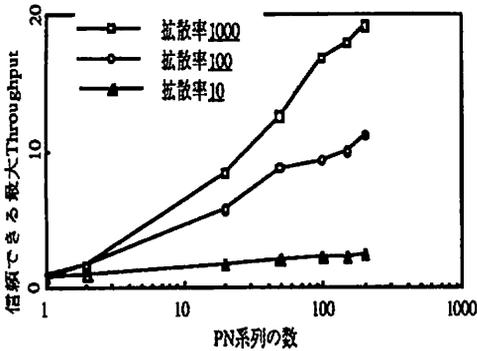


図8.CCRD方式の最大スループットとPN系列数の関係

このグラフから次のことがわかる。ある拡散率を考えた場合に、使用可能なPN系列の数が増加するにつれて、達成できる最大スループットも増大する。その増大の割合は、拡散率が高いほど大きい。この理由は、拡散率が小さいものほど、誤り率 $10^{-7}$ を達成するために同時ユーザ数が限られてくるため、PN系列の数を増しても、その意味がないためであると考えられる。

#### 4. 結論

SS通信技術の特徴を利用したチャネルアクセスプロトコルを2方式提案した。それらを計算機シミュレーションによって評価した結果、全端末に共通に共有される1拡散符号系列を割り当

てるCCA方式は、誤り率 $10^{-7}$ を確保するとき、その最大スループットは、端末数200、拡散率1000の場合において0.92(one-pair当たりの最大スループットは0.0092)に達成し、よい性能を示すことがわかった。また、CCRD方式においては、そのシミュレーションの結果から、誤り率 $10^{-7}$ を確保する場合に、その最大スループットは、端末数200、拡散率1000のとき19(one-pair当たりの最大スループットは、0.19)を得ることができ、また、使用するPN系列の数を50個程度まで減少させてもその性能に大きな影響を与えないことがわかった。

#### 参考文献

- [1]横山 光雄；"スペクトル拡散通信"、科学技術出版社、1988
- [2]E.S.Sousa and J.A.Silvester;"A spreading code protocol for a distributed spread-spectrum packet radio networks",IEEE Trans.Commun Vol.36,No.3 ,March 1988
- [3]大西 祥浩、重野 寛、横山 光男、松下 温,"CTMA:Channel Tone Multiple Access方式による隠れ端末問題の解決"、情報処理学会第44回全国大会、Mar.1992
- [4]Charles L. Weber,Gaylord K.Huth, Bartus H. Batson, "Performance Consideration of Code Division Multiple-Access Systems", IEEE Trans. on Vehicular Tec. ,Vol. VT-30,No.1, Feb.1981