

CSMA方式に基づく無線LANの構成方法

5T-1

松野浩嗣\*

内村俊二\*

桜本逸男\*\*

\*大島商船高等専門学校

\*\*徳山工業高等専門学校

1. まえがき

高性能のコンピュータが小型化されるにつれて、コンピュータの利用形態もバッチ处理的なものから分散处理的なものに変わってきている。このためのコンピュータ間通信には同軸ケーブルなどを用いた有線のローカルエリアネットワーク(LAN)が用いられているが、これを無線を使って構成できれば非常に有用である。<sup>(1)</sup>しかしこの場合、無線通信の特性から、通信プロトコル、ルーティング、トポロジーなどが有線の場合とかなり異なったものになってくることが考えられる。

本稿では、無線によるLANのデータリンク層のプロトコルとしてCSMA方式を使うことを前提にした場合のネットワークの構成方法のアルゴリズムを提案し、このアルゴリズムに従って計算機による無線ネットワークの設計を行う。

2. CSMA方式による無線LANとその問題点

無線を使ったコンピュータ通信は、現在アマチュア無線家の間で広く行われており<sup>(2)</sup>、これには無線機とコンピュータの間にTNC(Terminal Node Controller)と呼ばれるものを入れて行う。このTNCはAX.25と呼ばれるデータリンク層のプロトコルをサポートしており、メディア制御としてCSMA方式を採用している。さらに有線のLANでよく用いられているTCP/IPも一部の間で運用されているが<sup>(3)</sup>、伝送速度が高々9600bpsと貧弱なため、主としてSMTPによるニュース配送が行われている。

CSMA方式は図1のようなバス型ネットワークで用いられる方式の代表的なものである。明かにバス型ネットワークではどの2つのノードをとってきても、お互いにリンクがとれており、リンク関係は図2のようなクリークとなる。つまり、CSMA方式の前提は『すべてのノードがお互いに見える位置にある』ことであると言える。

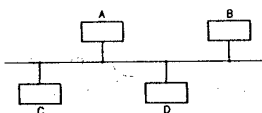


図1. バスネットワーク

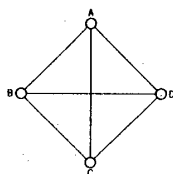


図2. リンク関係図

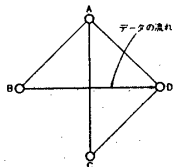


図3. クリークと なっていない場合

無線ではリンク関係がいつもクリークになるとは限らない。図3のようなリンク関係をもつ4つのノードA, B, C, Dについて考えてみよう。この図ではBとCの間にリンクがない。いま、BからDにデータが送られているとする。AとBはリンクがあるので、Bが送信している間はAはCSMAの動作により送信を差し控える。ところが、CはBとリンクがないので、CはBの送信中に他の局に送信を始めてしまう可能性がある。この場合DでBとCからの信号が衝突し、伝送効率が低下する。

3. 無線LANの構成方法

前章で述べたように、ノードのリンク関係がクリークとなっていない場合にはどこかのノードでデータが衝突し伝送効率が低下してしまう可能性がある。この問題を解決するために、無線では周波数を複数使えることに注目する。すなわち、『各無線ノードのリンク関係を書いたグラフをクリークにわけ(ここではこれをクリーク分割という)、各クリークに別の周波数を割り当てる』といった方法を考える。クリーク分割のおおまかなアルゴリズムをリスト1に示す。

入力: リンク関係グラフ  $G=(V, E)$   
出力:  $G$ をクリーク分割したグラフ  $G_0=(V, E_0)$

```

begin
  CLQ ← ∅ ;
  ∀ v ∈ V, B(v) ← 0 ;
  Gの最大のクリークを1つ抽出し Gnとする ;
  CLQ ← CLQ ∪ {Gn} ;
  Vn ∈ Vnに対応する v ∈ Vを黒に着色する (B(v) ← 1) ;
  E ← E - {(vi, vj) | vi, vj ∈ V, B(vi)=1, B(vj)=1} ;
  V ← V - {vi | ∀ vj ∈ V, {(vi, vj)} = ∅} ;
  while V ≠ ∅ do
    begin
      黒に着色されたノードを含むGの最大のクリークを1つ抽出し、Gn=(Vn, En)とする ;
      CLQ ← CLQ ∪ {Gn} ;
      Vn ∈ Vnに対応する v ∈ Vを黒に着色する (B(v) ← 1) ;
      E ← E - {(vi, vj) | vi, vj ∈ V, B(vi)=1, B(vj)=1} ;
      V ← V - {vi | ∀ vj ∈ V, {(vi, vj)} = ∅} ;
    end ;
  ∀ Gi=(Vi, Ei) ∈ CLQ, E0 ← ∪ Ei ;
  G0=(V, E0)を出力する ;
end
    
```

リスト1. クリーク分割のアルゴリズム

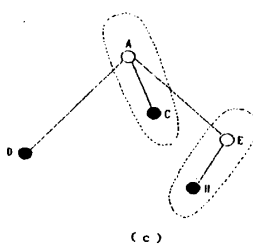
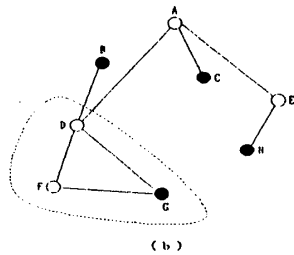
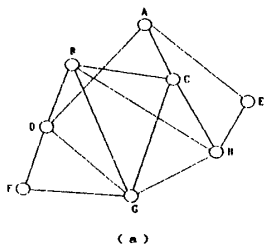


図4. クリーク分割の過程

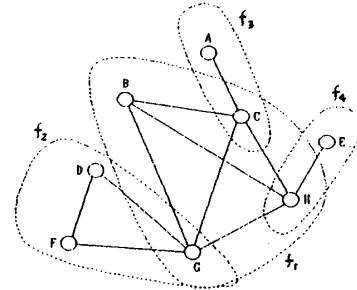


図5. 構成されたネットワーク

図4(a)のグラフについてクリーク分割し、周波数を割り当ててみる。この図の最大のクリークはB,C,G,Hであり、これを取り除くと図4(b)のようになる。図4(b)で最大のクリークはD,F,Gであり、これを除くと図4(c)のようになる。この図からはノード数2のクリークしか取り出せないが、ここではA,CとE,Hを選ぶ。

これらのクリークを合わせたものが図5であり、それぞれのクリークに異なる周波数を割り当てる。このように構成すれば、同一周波数内ではCSMAの動作が保障され、伝送効率の低下をおこさない。また複数のクリークに含まれているノードは、周波数の橋渡しの役割をする。

4. 計算機による無線ネットワーク設計

リスト1で示したクリーク分割のアルゴリズムを用いて無線LANのネットワークの設計を計算機を用いて行った。使用した計算機は日本電気のPC9801VX、言語はFORTRANである。

プログラムの手順としては、リスト1のアルゴリズムに基づいて、与えられたグラフに対してクリーク分割を行い、その後で周波数の割り当てを行う。リスト1のアルゴリズム中の最大クリークを求める手順には、深さ優先探索法を用いた。同じ大きさのクリークが複数個存在するときは、設計者がそれらの中から1個を選択する。

図6の設計前のリンク関係図と本プログラムによって作成された無線ネットワークを示す。この図では同一に周波数が割り当てられるクリークのノードに  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の記号を付けているが、実際の実行結果の画面ではこれらのクリークがそれぞれ色分けされて区別される。

図6の例では分割されたクリークの数には5であるが、もとのリンク関係図と照らし合わせると実際に必要な周波数は4つで十分である。これは、この図のクリーク  $C_a$  に含まれているノードとクリーク  $C_b$  に含まれているノードとの間は元のリンク関係図にエッジがないので、クリーク  $C_a$  とクリーク  $C_b$  で同じ周波数を使用してもこのクリーク間のノードで衝突は起きず、伝送

効率が低下しないからである。このように、「クリーク分割されたグラフに対して最低いくつの周波数が必要か」も考慮する必要があるが、このアルゴリズムについては現在検討中である。

5. むすび

本稿では、無線でLANを構成するためのメディア制御プロトコルとしてCSMA方式を採用する場合、衝突による伝送効率の低下が起こる可能性があることを指摘し、それを周波数を複数使うこと回避する方法について述べ、これを実際に行うプログラムを作成した。

リスト1のアルゴリズム中の最大クリークを求める部分については今回は独自に考案したアルゴリズムを用いたが、グラフの最大クリークを1つ抽出するアルゴリズムについては、ノード数  $n$  に対して、最大時間計算量  $O(2^{n-2})$  のアルゴリズムが存在することが示されている<sup>(4)</sup>。

CSMA方式をさらに進めた方式としてCSMA/CD方式があるが、これには「送信しながら受信する」という動作が必要のため、各ノードは2つの周波数を使って送信/受信を同時に行う必要がある。さらにこれを実現するには、全ての局が見える位置に送信/受信周波数を変換する中継器も必要となり、システムが大きなものになってくる。

無線LANに適したメディア制御プロトコルとしてBTMA方式が提案されている<sup>(5)</sup>。これは、全ての局からの信号を聞くことができる中央局を設け、この中央局が周波数の使用状況をモニターし、使用中であれば別の周波数で使用中であることを示すビジートーンを送信する、という方式である。この方式だと、CSMA方式による無線LANシステムに簡易な装置を付加することで、今回提案したものよりも有用な無線LANを実現することができる。今後は、このBTMA方式を使った場合についてその有用性を実験的に調べたいと考えている。

文献

(1) 橋本・松本; "パケット無線によるLAN", 1989年電子情報通信学会秋季全国大会 B-307 (神奈川大学工学部)。  
 (2) 秦; "アマチュアパケット無線ネットワーク化技術の動向", 電子情報通信学会誌 Vol.72 No.3 284-286 (1989年3月)。  
 (3) B.Garbee; "The KA9Q Internet Software Package", Updated for 890421.1 Revision, May 8, 1989。  
 (4) E.Tomita, A.Tanaka and H.Takahashi; "An Optimal Algorithm for Finding All the Cliques", Proceeding of the International Workshop on Discrete Algorithms and Complexity 91-98, Nov. 20-22, 1989, Fukuoka Japan。  
 (5) L.Kleinrock; "Packet Switching in Radio Channels: Part - II The Hidden Terminal Problem in Carrier Sense Multiple-Access and the Busy-Tone Solution", IEEE Trans. Commun. Vol. COM-23, No.12, 1417-1433, (1975)。

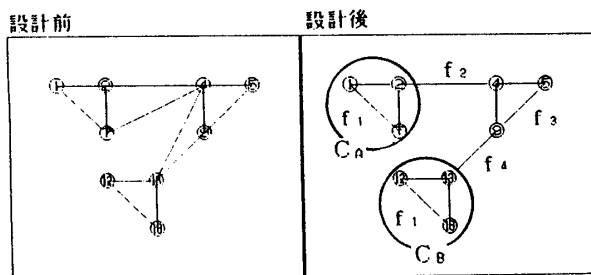


図6 設計プログラムによる出力例