



研究ノート

パケット無線網における 時変出力制御形アクセス方式

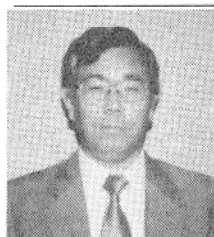
岡田 博美*

Access Control Scheme with Power Control Transmission in Packet Radio Networks

Key words : パケット無線, アロハチャンネル, CSMA, 時変出力制御

1. はじめに

情報通信ネットワークの進展と多様化に伴い、地上無線や通信衛星などの多元放送伝送路を用いて、多数の通信端末がパケット単位にランダムアクセスを行い、 $n:1$ 型および $n:n$ 型通信を実現するパケット無線通信網が注目されている。この通信形式は、多数の通信端末と計算機、データベースなどの中で、データ通信を行う場合、有効に機能することが知られており、 p -ALOHA, s -ALOHA, CSMA方式などが実現されている。しかしランダムアクセスを基本としているため、複数の通信端末が同時にパケット伝送を行うと、パケット衝突と呼ばれる相互信号干渉によりパケットが損なわれる結果となる。特に通信網に比較的重いトラヒック負荷がかけられた場合、パケット衝突が頻繁に生じ、伝送効率の低下、伝送遅延時間の増大、伝送動作の不安定性など通信性能の大幅な低下を招く可能性がある。この通信形式をさらに効率的で有効なものとするために、その主要な欠点であるパケット衝突を軽減あるいは回避するための数多くの研究がなされている。本稿は、上記の通信環境において比較的簡単な制御でこのパケット衝突の緩和と通信網の有効利用を図



*Hiromi OKADA
1947年5月31日生
昭和50年大阪大学大学院工学研究科(通信工学専攻)修了
現在、大阪大学工学部通信工学、助教授、工学博士、通信網工学
TEL 06-877-5111(内線4757)

る、時変出力制御形アクセス方式を示し、その有効性を論じるものである。

2. 時変出力制御方式

(PCT; Power Control Transmission)

時変出力制御方式は、周波数変調(FM)並びに位相変調(PM)の変調形通信方式の受信時利得特性である捕捉効果を制御の基本原理として用いる。捕捉効果とは、「伝送路の同一周波数チャンネル上に複数個の信号が混在して伝送されるとき、一つの信号が他の信号に比べてある一定以上の電力差を有するならば、受信局は他の弱い信号に干渉されることなく強い信号のみを受信できる」という現象をいう。本方式は、パケット送出時における送出信号電力に時間的な制御を施し、通信端末間に信号送出開始時刻に起因する送信信号電力差を生じさせることにより、受信局における信号の捕捉を実現し、パケット衝突の大幅な軽減と伝送性能の向上を可能とするものである。

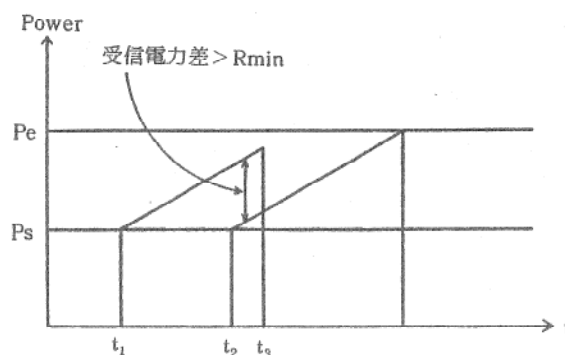


図1 時変出力制御方式の原理

本方式の基本概念を図1に示す。横軸は時間、縦軸は送信(受信)電力を示す。送信局はパケット送信時に時間の進行に従って送信電力を増加させる。このため図1のように伝送路上でパケット衝突が生じて、パケット送信開始時刻差(t_1-t_2)によって生じる、受信局におけるパケット受信電力比 P_d が所要値(R_{min})以上であれば、捕捉効果により最初のパケットが支障なく受信されることになる。

表1 所要ダイナミックレンジ(bB)

曲線の形	捕捉比(bB)	直線		指数関数		
		2	3	2	3	4
β	0.05	—	—	40.00	60.00	80.00
	0.10	—	—	20.00	30.00	40.00
	0.15	—	—	13.33	20.00	26.67
	0.20	—	—	10.00	15.00	20.00
	0.25	—	—	8.00	12.00	16.00
	0.30	—	—	6.67	10.00	13.33
	0.35	—	—	5.71	8.57	11.43
	0.40	11.11	—	5.00	7.50	10.00
	0.45	7.45	—	4.44	6.67	8.89
	0.50	5.82	26.25	4.00	6.00	8.00

—:適用不能

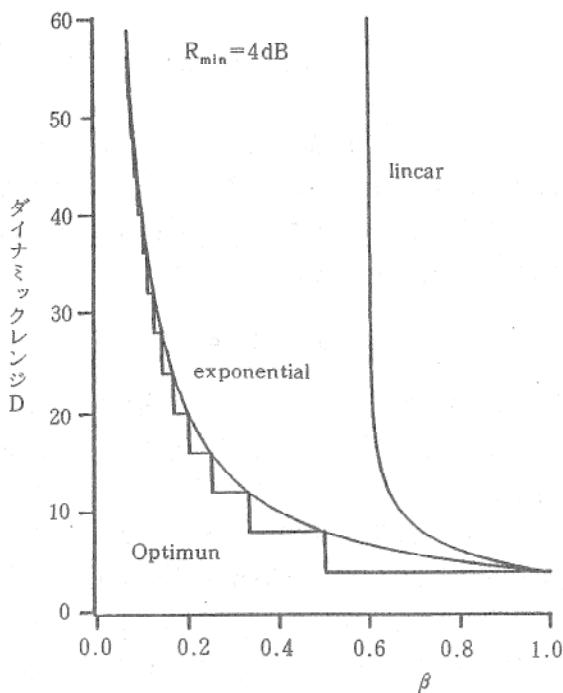


図2 各種出力制御関数とダイナミックレンジ

表1に、送信電力制御形式としてまず線形関数型と指数関数型に対し送信電力のダイナミックレンジを示す。ここで β はパケット伝送時間に対する捕捉に必要な送信開始時差の比である。 $\beta=0.1$ (パケット送信時間の10%程度の時差があれば捕捉が生じる)の場合、2dBの受信電力比(捕捉電力比 R_{min})を得るためには各送信機は20.0dBの送信出力ダイナミックレンジを有していれば十分である。さらに送信電力のダイナミックレンジを最小とする送信電力制御関数として、図2の関数を得ている。

3. 時変出力制御付き ALOHA 方式 (v-ALOHA)

衛星通信路のように信号伝搬遅延が長い場合に用いられる ALOHA 方式には、任意の時刻に送出できる pure ALOHA (以下 p-ALOHA) および、一定の時間枠に同期して送出する slotted ALOHA (以下 s-ALOHA) の2種のプロトコルが存在する。p-ALOHA は、頻繁なパケット衝突による伝送性能(スループット)の低さという課題を残している。s-ALOHA はパケット送出時のスロット同期制御により、p-ALOHA に比べて2倍のスループットを有している。しかし p-ALOHA は s-ALOHA に比較して、同期およびスロット化が不要で実現が容易、スロット化を行わないため可変長データに対して有効などの利点がある。本 v-ALOHA 方式は、従来の p-ALOHA 方式にパケット送出において上記の時変出力制御機能を付加することによりスループットの改善をはか

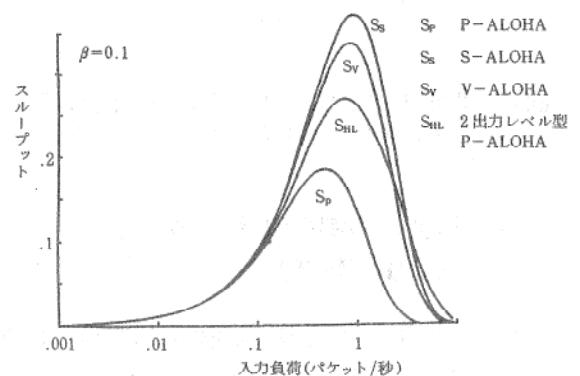


図3 各種アロハ形式の性能比較 (固定長パケットり場合)

る方式である。

図3に固定長パケットに対するv-ALOHAと従来のs-ALOHA, p-ALOHAのスループット性能の比較を示す。ここで横軸はネットワークへ印加された全トラヒック負荷であり、縦軸はスループット特性である。提案する時変出力制御を用いたv-ALOHAは、基本となるp-ALOHAよりも大幅な改善を得ている。また本方式は、通信網に存在する全ての通信端末のパケット伝送同期という複雑な制御を行ったs-ALOHA方式に極めて近い性能を得ていることもわかる。 $\beta=0.0$ の場合、本方式はs-ALOHAと一致することが理論的に示されている。

計算機通信等の場合、通信データは一般に可変長であり、s-ALOHAで想定しているようにパケット長が常に一定のスロット長に等しいとは限らない。可変長パケットの場合、s-ALOHAは大きなオーバーヘッドを生じることになる。この可変長パケットの場合の特性を図4に示す。図より可変長パケットの場合、s-ALOHAの性能が大幅に低下し、むしろ提案するv-ALOHAの方が60%程度優れていることが示される。

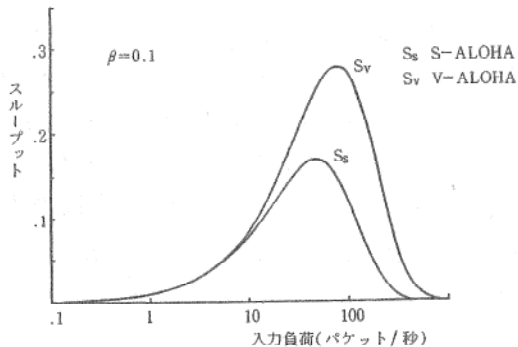


図4 提案方式とS-ALOHAとの性能比較 (可変長パケット形式)

4. 時変出力制御付きCSMA方式 (CSMA/PCT)

地上無線のように信号の伝搬時間が短い伝送メディアで用いられるCSMA方式では、パケットを発生した通信端末はまず通信路を観測し、他の局からの送信が観測されないときのみ送信

を行う。この伝送路の観測機能によりALOHA方式に比べて大幅にパケット衝突を軽減し、十分高いスループット性能を可能とする。しかし部分的な電波遮蔽物により通信端末が互いに送信信号を観測できない隠れ端末が存在する場合、その性能はかえってALOHA以下に低下する可能性がある。ここではこの隠れ端末による性能劣化を緩和するため、CSMA方式のパケット送出時に本時変出力制御方式を適用したCSMA/PCT方式を示す。本方式は送信開始時刻の差による捕捉効果によって、隠れ端末により通信路の観測効果が有効に機能しない環境、あるいは伝搬遅延がパケット長に比較して無視できない環境においても相当なスループット性能の改善が期待できる。図5にCSMA/PCT方

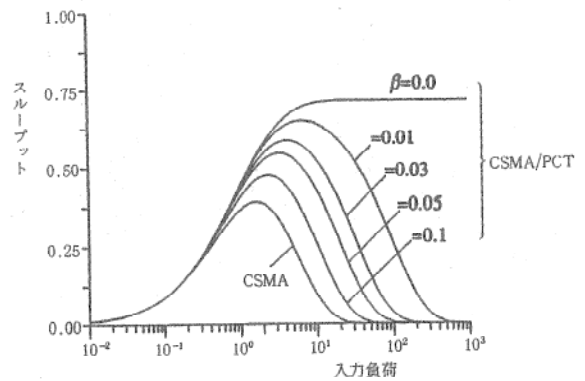


図5 CSMA方式の比較

式のスループット性能を従来のCSMA方式と比較する。 β が小さいほどスループットが改善することがわかる。また、 $\beta=0$ は本方式による性能改善限界として示してある。

5. まとめ

時変出力制御方式は、パケット送出中にその出力パワーを時間の関数として増大し、送信開始時刻差のあるパケット間に受信パワー比を生じさせ、捕捉効果を誘導するものである。本方式を、p-ALOHA, CSMA方式に適用した新しいアクセス方式を提示した。本方式は、多元放送型無線網におけるアクセス制御方式の本質的な問題点である、パケット衝突に起因するスループット性能の大幅な低下ならびに伝送遅延

の増大を，捕捉効果を利用することにより改善する方式である．本方式によるスループット性能の改善を具体的に示し，その有効性を明らかにした．また本方式は，従来の各種のアクセス制御方式とは異なる通信プロトコルレベルに位置付けられるため，従来のアクセス制御方式に簡単に付加することが可能である．このため今後パケット無線形通信網の性能改善をはかる有望な方式となる．またパケット無線網と有線系のLAN/MANを組合せた階層型通信網は，通信の機能性や多様性を高める次世代型通信網として注目されている．このため本研究の進展により，新しい高度マルチメディア指向形通信網の実現が期待される．

参 考 文 献

- 1) H. Okada, Y. Tezuka, "Resolvable - Contention - Ring Access Control Scheme for Fiber Optic Ring Networks", Proc. of IEEE ICCS' 88, Oct. 1988.
- 2) 六浦, 岡田, 大月, 手塚, "時変出力制御による捕そく効果を用いた純アロハのアクセス方式v-ALOHA", 電子情報通信学会論文誌 (B-1), J72-B-1, No.7, 1989.
- 3) K. Mutsuura, H. Okada, K. Ohtsuki, and Y. Tezuka, "A new control scheme with capture effect for random access packet communications", IEEE /ICC' 89, 30. 1.1-7, June 1989.
- 4) H. Okada, S. Saekol, Y. Tezuka, "Performance Considerations on Resolvable-Contention Ring Networks for Fiber Optic LANS", Proc. of IEEE INFOCOM' 89, April 1989.
- 5) 六浦, 岡田, 大月, 手塚, "時変出力制御方式における最適な出力制御関数", 電子情報通信学会論文誌 (B-1), J72-B-1, No.12, 1989.
- 6) 六浦, 岡田, 大月, 手塚, "捕そく効果を用いた時変出力制御付きスロットアロハ方式" 電子情報通信学会論文誌 (B-1), J74-B-1, No.1, 1991.
- 7) 石田, 六浦, 山本, 岡田, 手塚, "隠れ端末を考慮したCSMAパケット無線網における時変出力制御の基本特性" 電子情報通信学会論文誌 (B-1), J74-B-1, No.9, 1991.

