

CDMA 패킷 무선망에서 버스트 트래픽 서비스를 위한 MAC 프로토콜

임인택
부산외국어대학교 컴퓨터공학부

MAC Protocol for Bursty Traffic Services in CDMA Packet Radio Networks

In-Taek Lim
Dept. of Computer Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

요 약

본 논문에서는 패킷 CDMA 망에서 버스트 트래픽 서비스를 위한 MAC 프로토콜을 제안한다. 제안한 프로토콜은 임의의 접속에 의한 패킷 충돌을 줄이기 위하여 코드 상태 감지 및 예약 기법을 사용한다. 이를 위하여 기지국에서는 매 프레임마다 예약된 코드의 상태를 방송하고, 단말기는 이를 기반으로 임의의 예약되지 않은 코드를 선택하여 프리엠블을 전송한다. 기지국으로부터 코드 예약에 대한 응답을 수신한 단말기는 남은 프레임 동안 패킷을 전송한다. 한편 전송할 패킷이 단말기 버퍼에 남아있는 경우, 기지국에서는 코드의 상태를 예약상태로 방송하고, 단말기에서는 다음 프레임에서 예약한 코드를 통하여 남은 패킷을 전송한다.

1. 서론

패킷 CDMA 망에서는 단말기들이 패킷을 전송할 때 사용할 확산코드를 선택하는 규칙인 확산코드 프로토콜이 중요하며 이에 대한 많은 연구가 있어왔다 [1][2]. 확산코드 프로토콜은 크게 공통코드 방식과 전용코드 방식으로 구분된다. 공통코드 방식인 경우, 패킷을 전송하고자하는 단말기는 시스템 내의 여러 단말기들이 공유하는 코드 중에서 하나를 선택하여 패킷을 전송한다. 따라서 둘 이상의 단말기들이 동일한 코드를 선택하여 동일한 슬롯에 패킷을 전송하면 패킷 충돌로 인하여 전송에 실패한다[3]. 반면, 전용코드 방식인 경우, 단말기들은 자신에게 할당된 고유의 코드를 이용하여 패킷을 전송한다[4].

본 논문에서는 공통코드 방식의 패킷 CDMA 망에서 전송하고자 하는 메시지가 여러 패킷으로 구성되는 트래픽을 효율적으로 지원하기 위한 MAC 프로토콜인 CSSMA/AI (Code Status Sensing Multiple Access with Acquisition Indication) 프로토콜을 제안

하고, 이에 대한 성능을 분석한다. 제안한 프로토콜에서는 매 패킷을 전송할 때마다 발생하는 패킷 충돌 확률을 줄이기 위하여 코드 상태 감지 및 예약 기법을 사용한다. 이를 위하여 기지국에서는 매 프레임마다 예약된 코드의 상태를 방송하고, 단말기에서는 수신한 코드의 상태를 기반으로 코드 예약을 위한 프리엠블을 전송한다. 한편 프리엠블을 성공적으로 수신한 경우, 기지국에서는 이에 대한 응답을 해당 단말기로 방송한다. 코드 예약에 성공한 단말기는 버퍼에 있는 모든 패킷을 전송 완료할 때까지 예약한 코드를 통하여 매 프레임마다 남은 패킷을 전송한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 프로토콜이 적용되는 프레임 구조와 프로토콜의 동작을 기술한다. 3장에서는 제안한 프로토콜에 대한 시뮬레이션 결과를 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. CSSMA/AI 프로토콜

2.1 프레임 구조

본 논문에서 제안하는 프로토콜이 적용되는 시스템

* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-041 D00502)

은 하나의 기지국과 단말기들로 구성된 중앙 집중형 패킷 CDMA 망으로 가정한다. 하나의 셀 내에는 N 개의 단말기가 있고, 모든 단말기들과 기지국간의 동기는 항상 유지되는 것으로 가정한다. 또한 셀 내의 모든 단말기들은 K 개의 공유하는 확산코드를 이용하여 기지국으로 패킷을 전송한다.

본 논문에서 제안하는 CSSMA/AI 프로토콜을 위한 상·하향 링크의 각 코드 채널에 대한 프레임 구조와 코드의 상태를 방송하기 위한 방송용 채널의 프레임 구조는 그림 1과 같다. 그림에서 나타낸 바와 같이 하나의 프레임은 N_s 개의 타임 슬롯으로 구성되며, 프레임 길이는 T_f ms이다. 상향링크 코드 C_i 의 두 번째 슬롯(P)은 전송하고자 하는 메시지를 갖고 있는 단말기들이 하향 방송용 채널의 코드 상태 정보를 기반으로 임의로 선택한 예약되지 않은 코드 C_j 를 예약하기 위하여 프리엠블을 전송하는데 사용된다. 따라서 둘 이상의 단말기들이 동일한 코드를 선택하여 프리엠블을 전송하면 프리엠블 충돌로 인하여 코드 예약에 실패하게 된다. 하향링크 코드 C_i 의 두 번째 슬롯(R)은 현재 프레임에서 코드 C_i 를 성공적으로 예약한 단말기에게 AI(Acquisition Indication) 응답을 전송하는데 사용되고, 첫 번째 슬롯(A)은 코드 C_i 를 예약한 단말기가 이전 프레임에서 전송한 패킷의 응답을 전송하는데 사용된다. 한편 방송용 채널의 첫 번째 슬롯(S)은 기지국에서 매 프레임마다 코드의 상태를 방송하는데 사용된다.

2.2 프로토콜 동작

본 논문에서 제안하는 CSSMA/AI 프로토콜을 위한 단말기의 동작 모델은 그림 2와 같다. 전송할 패킷이 없는 단말기는 휴지 상태(IDLE)에 있게된다. 휴지 상

태에 있는 단말기에서 새로운 메시지가 발생하면 경쟁 상태(CON)로 천이하고, 다음 프레임에서 코드 예약을 시도한다. 새로 발생된 메시지는 L 비트의 고정 길이를 갖는 여러 개의 패킷으로 분할되어 단말기의 버퍼에 저장된다.

경쟁 상태로 천이한 단말기는 현재 프레임에서 예약되지 않은 임의의 코드를 선택하여 두 번째 슬롯을 통하여 코드를 예약하기 위한 프리엠블을 전송한다. 한편 현재 프레임에서 예약되지 않은 코드에 대한 정보는 그림 1에 나타낸 바와 같이 하향 링크 방송용 채널의 첫 번째 슬롯을 통하여 기지국에서 방송한다. 둘 이상의 단말기들이 동일한 코드를 선택하여 프리엠블을 전송하면 프리엠블의 충돌이 발생한다. 프리엠블을 성공적으로 전송하여 기지국으로부터 AI 응답을 수신한 단말기는 전송 상태(TX)로 천이하여 현재 프레임의 나머지 기간 동안 예약한 코드를 통하여 첫 번째 패킷을 전송한다. 프리엠블의 충돌 또는 다원접속간섭에 의한 오류로 인하여 코드 예약에 실패한 단말기는 재시도 상태(BACKLOG)로 천이하여, 다음 프레임에서 P_b 의 확률로 코드 예약을 위한 프리엠블 전송을 다시 시도한다.

전송한 패킷에 대한 응답을 수신한 단말기의 버퍼에 남은 패킷이 있으면 전송 상태를 유지하고, 남은 패킷이 없으면 휴지 상태로 천이한다. 전송한 패킷이 다원접속간섭으로 인하여 전송에 실패하면 해당 단말기는 예약한 코드를 유지하면서 재전송 상태(RETX)로 천이한다. 재전송 상태에 있는 단말기는 예약한 코드를 통하여 다음 프레임에서 P_r 의 확률로 패킷을 전송한다. 한편 전송한 패킷이 메시지의 마지막 패킷인 경우, 단말기에서는 이를 패킷에 피기백하여 기지국에 알린다. 마지막 패킷을 성공적으로 수신한 기지국에서는 다음 프레임에서 해당 코드 채널의 첫 번째 슬롯을 통하여 응답을 전송함과 동시에 방송용 채널의 첫 번째 슬롯을 통하여 해당 코드가 예약되지 않음을 방

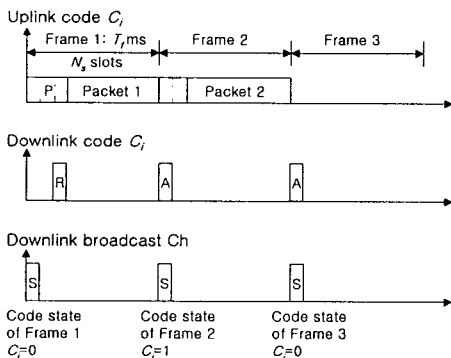


그림 1. 프레임 구조

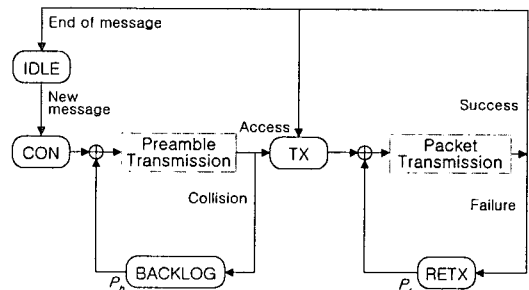


그림 2. 프로토콜 동작

송한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 논문에서 제안한 프로토콜은 전송 상태 또는 재전송 상태의 단말기는 예약한 코드를 통하여 패킷을 전송하므로 패킷 충돌은 전혀 발생하지 않는다. 한편 공통코드 방식을 사용하더라도 동일한 코드를 선택하여 전송함으로써 발생하는 충돌은 코드를 예약하기 위한 프리엠블 전송 시에만 발생한다.

3. 시뮬레이션 결과 분석

본 논문에서는 제안한 CSSMA/AI 프로토콜의 처리율 및 지연 성능을 ISMA-CDMA 프로토콜[5]과 각각 비교하였다. 성능 분석은 시뮬레이션을 통하여 이루어졌으며, 시뮬레이션을 위한 매개변수들은 표 1과 같이 가정하였다. 시스템에 있는 단말기 수는 200개로 가정하였고, 휴지 상태에 있는 단말기들은 평균 메시지 발생률이 λ 인 포아송 분포로 메시지를 발생시키는 것으로 가정하였다.

ISMA-CDMA 프로토콜인 경우, 모든 단말기들은 첫 번째 슬롯을 통하여 코드 예약을 위한 프리엠블을 전송한다. 한편 기지국에서는 한 메시지의 마지막 패킷을 수신한 후에 코드의 상태를 가용 상태로 하고, 수신한 패킷에 대한 응답과 함께 다음 프레임의 코드 상태를 방송한다. 따라서 마지막 패킷을 전송한 경우, 다음 프레임은 항상 사용되지 않는 문제점이 있다. 또한 데이터 패킷은 첫 번째 슬롯으로 전송되는 프리엠블의 다원접속간섭으로 작용하므로 프리엠블의 오류율이 증가되는 문제점이 있다.

그림 3과 4는 CSSMA/AI 프로토콜의 처리율과 지연을 ISMA-CDMA 프로토콜과 비교한 것이다. ISMA-CDMA 프로토콜인 경우, 마지막 패킷을 전송한 이후의 한 프레임은 항상 사용되지 않는다. 따라서 그림에서 나타낸 바와 같이 본 논문에서 제안한 프로토콜의 성능이 ISMA-CDMA 프로토콜에 비하여 우수함을 알 수 있다. 특히 메시지 발생률이 증가할수

표 1. 시뮬레이션 매개변수

Number of mobile stations (N)	200
Packet length (L)	320 bits
Mean message length (L_p)	10 packets
Number of codes (K)	70
Spreading factor (S)	128
Frame length (T_f)	10ms
Number of slots (N_s)	8

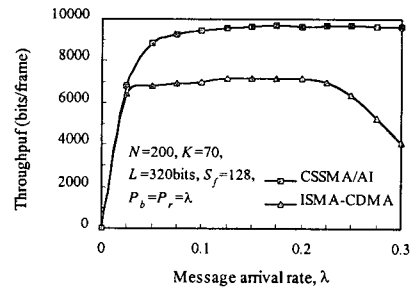


그림 3. 처리율 비교

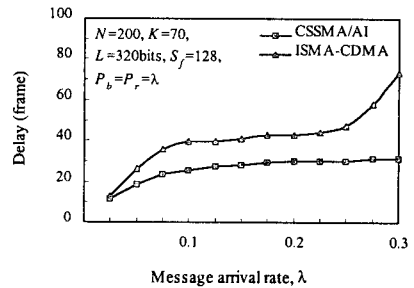


그림 4. 지연 비교

록, 즉 시스템의 부하가 증가할수록 ISMA-CDMA 프로토콜인 경우 프리엠블의 다원접속간섭 증가로 인하여 성능이 급격히 저하되지만, CSSMA/AI 프로토콜은 비교적 안정적인 성능을 나타낸다.

그림 5는 단말기의 메시지 발생률이 0.3일 때, 본 논문에서 제안한 CSSMA/AI 프로토콜과 ISMA-CDMA 프로토콜의 코드 수에 따른 처리율을 비교한 것이다. ISMA-CDMA 프로토콜인 경우, 마지막 패킷을 전송한 바로 다음의 프레임의 낭비와 프리엠블의 높은 오류율로 인하여 CSSMA/AI 프로토콜에 비하여 성능이 월등히 저하된다. CSSMA/AI 프로토콜인 경우, 코드의 수가 많으면 코드를 예약한 단말기의 수가 증가하므로 많은 패킷들이 동시에 전송되게 된다. 코드를 예약한 단말기들은 예약한 코드를 통하여 패킷을 전송하므로 패킷 충돌은 발생하지 않지만, 높은 다원접속간섭으로 인하여 패킷 오류율이 높아진다. 그림에서 나타낸 바와 같이 코드의 수가 70이상에서는 다원접속간섭에 의한 패킷 오류로 인하여 오히려 처리율이 감소함을 알 수 있다. 따라서 CSSMA/AI 프로토콜의 처리율은 코드의 수가 70이하에서는 코드 예약을 위한 프리엠블의 충돌확률에 많은 영향을 받고, 코드의 수가 70이상에서는 다원접속간섭에 많은 영향

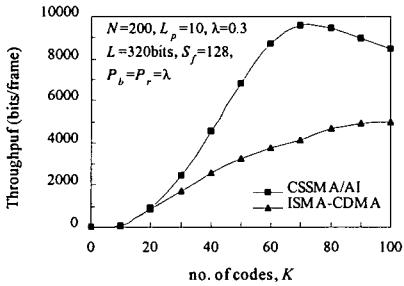


그림 5. 코드 수에 따른 처리율 비교

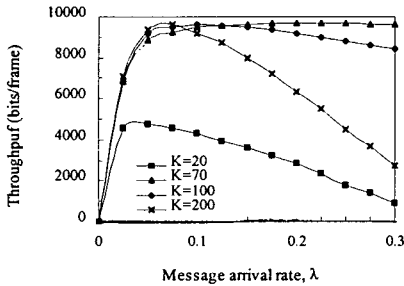


그림 6. 코드 수와 부하에 따른 처리율 비교

을 받음을 알 수 있다.

그림 6은 시스템 부하와 코드의 수가 CSSMA/AI 프로토콜의 처리율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 코드의 수가 적은 경우 ($K=20$), 부하가 증가함에 따라 높은 프리앰블 충돌확률로 인하여 처리율이 급격히 저하된다. 반면, 코드의 수가 많은 경우($K=200$), 부하가 증가함에 따라 코드를 예약한 단말기 수가 증가하고 이에 따라 다원접속 간섭의 수가 증가하여 패킷 오류가 많이 발생하므로 처리율은 급격히 저하된다. 따라서 CSSMA/AI 프로토콜인 경우, 프리앰블 충돌을 최소화할 수 있는 적절한 코드의 수를 선택하고, 코드를 예약한 단말기들이 패킷을 전송하는 단계에서 다원접속간섭을 최소화할 수 있는 패킷 전송확률을 제어하는 알고리즘이 필요할 것으로 예상된다.

4. 결론

본 논문에서는 패킷 CDMA 망에서 하나의 메시지가 여러 개의 패킷으로 구성되는 트래픽의 데이터 서비스를 효율적으로 지원하기 위한 CSSMA/AI MAC 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석하였다.

본 논문에서 제안한 프로토콜인 경우, 코드를 예약하고자 하는 단말기는 기지국으로부터 수신한 코드의 상태 정보를 기반으로 예약되지 않은 코드를 통하여 프리앰블을 전송하므로 데이터 패킷과 충돌이 발생하지 않는다. 이로 인하여 코드 예약을 위한 프리앰블의 충돌확률이 줄어들다. 또한 패킷 전송은 예약한 코드를 통해서만 이루어지므로 데이터 패킷의 충돌은 전혀 발생하지 않는다. 또한 기지국에서는 수신한 패킷에 대한 응답과 코드의 상태정보를 하향 링크의 첫 번째 슬롯을 통하여 방송하고, 단말기에서는 두 번째 슬롯을 통하여 프리앰블을 전송하므로 낭비되는 프레임이 전혀 발생하지 않는다. 따라서 제안한 프로토콜의 처리율 및 지연 성능이 기존의 프로토콜에 비하여 우수함을 알 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] E. Sousa, and J. A. Silvester, "Spreading Code Protocols for Distributed Spread-Spectrum Packet Radio Networks," *IEEE Trans. Commun.*, vol.36, no.3, pp.272-280, Mar. 1988.
- [2] O. Sallent, and R. Agusti, "A Proposal for an Adaptive S-ALOHA Access System for a Mobile CDMA Environment," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol.47, no.3, pp.977-986, Aug. 1998.
- [3] In-Taek Lim, "A Joint Packet Reservation and Status Sensing Multiple Access for Voice/Data Integrated CDMA Networks," *IEICE Trans. Commun.*, vol.E84-B, no.4, pp.975-983, Apr. 2001.
- [4] In-Taek Lim, "Centralized Transmission Probability Control Scheme for Fair Packet Data Services in CDMA S-ALOHA System," *IEE Elec. Letters*, vol.39, no.16, pp.1207-1209, Aug.2003.
- [5] J. Perez-Romero, R. Agusti, and O. Sallent, "An Adaptive ISMA-DS/CDMA MAC Protocol for Third-Generation Mobile Communication Systems," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol.50, no.6, pp.1354-1365, Nov. 2001.