

전력선 통신에서 전송률 조절을 통한 수율 향상 기법

윤성국, 박세웅

서울대학교 전기컴퓨터공학부 뉴미디어통신공동연구소

sgyoon@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

Enhanced Throughput using Rate Adaptation for Power Line Communications

Sung-Guk Yoon and Saewoong Bahk

INMC, School of EECS, Seoul National University

요약

본 논문에서는 전력선에 존재하는 임펄스 잡음의 독특한 특징을 고려한 전송률 조절 기법을 제시한다. 제안하는 기법은 송신 노드가 전송률을 적절히 조정하기 위해 수신 노드에서 잡음의 이유를 담아주는 방식을 통하여 동작한다. 전력선 채널을 모델링한 모의 실험으로 검증한 결과 제안하는 기법의 성능 향상을 확인할 수 있었다.

I. 서론

최근 디지털 가전 및 통신기술의 발달로 인해 홈 네트워크에 대한 관심이 증가하고 있다. 전력선 통신은 이미 설치된 전력선을 매질로 통신하는 기법으로 홈 네트워크에 대한 관심이 증가함에 따라 그 활용도가 넓어질 것으로 기대한다. HomePlug Alliance에서 표준화한 HomePlug AV (HPAV) 기술[1]은 2005년에 표준화가 완료된 전력선 기반 통신 표준이다. 이는 기존의 최대 200 Mbps의 물리계층 수율(코딩 후 수율)을 얻을 수 있으므로 홈 네트워크의 요구사항을 충족시킬 수 있다. 최근의 전력선 통신 표준은 통신 기술의 변화에 따라 orthogonal frequency division multiplexing(OFDM)이 적용되었다.

전력선은 유선 채널이지만 통신을 목적으로 설치한 선이 아니기 때문에 매우 열악한 채널이다. 전력선 채널은 브로드캐스트 특성을 가지고 있어 random access 시 carrier sense multiple access with collision avoidance(CSMA/CA)를 사용해야만 한다. 전력선 채널에서 주요 잡음은 배경 잡음과 임펄스 잡음으로 나눌 수 있다.

임펄스 잡음은 가전 기기의 스위치 On/Off 전이 시에 발생하게 되며 짧은 시간 동안이지만 강력한 방해 신호를 만들어 내어 고속 통신을 방해하게 된다. 임펄스 잡음에 대한 기초 연구는 Zimmermann 등이 [2]에서 수행하였다. 임펄스 잡음은 배경 잡음에 비해 평균적으로 약 50 dB 큰 power spectral density (PSD)를 가지고 지속 시간은 수 msec 단위로 매우 짧다. 임펄스 잡음은 PSD가 매우 높으므로 임의의 OFDM 심볼이 전송 중에 임펄스 잡음을 만나면 그 OFDM 심볼은 정상적인 해석이 불가능하다.

전력선 통신에 대한 medium access control (MAC) 계층 연구로 정민영의 논문[3]은 Markov 체인을 기반으

로 HomePlug CSMA/CA의 성능을 분석하였다. 윤성국 등[4]은 네트워크 전체의 정보를 알지 않은 상태에서 경쟁하는 노드 수에 상관없이 고속의 수율을 얻을 수 있는 기법을 제안하였다. 위에서 언급한 논문들에서는 충돌만을 허용하고 채널 열화에 의한 에러가 존재하지 않는 이상적인 채널을 가정하였다는 단점이 있다. 본 논문에서는 전력선 채널에 존재하는 임펄스 잡음의 특징을 활용한 수율 조절 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 핵심 아이디어는 송신 노드에서 에러의 이유(배경 잡음에 의한 것인지 임펄스 잡음에 의한 것인지)를 판단하여 ACK에 한 bit 정보로 피드백 해줌으로써 송신 노드의 적절한 전송률 조절을 도와주는 것이다.

이후 본 논문은 다음과 같은 구성을 따른다. II장에서 제안하는 기법에 대한 설명을 하고 III장에서는 모의 실험 결과를 도시한다. IV장에서는 본 논문을 정리한다.

II. 전송률 조절 기법

가. HPAV 표준에서의 전송률 조절 기법

송신 노드가 Negative ACK(NACK)을 수신한 경우 Max_NACK_Retries에 도달할 때까지 수율을 변경하지 않고 재전송을 시도한다. Max_NACK_Retries까지 계속 전송이 실패한 경우 수율을 ROBO 변조로 낮추어서 해당 프레임의 전송을 마무리 한다. 그 후에 초기화 과정을 거쳐 채널을 추정하여 새롭게 설정한 modulation and coding scheme (MCS) 수준으로 프레임을 전송한다. 충돌의 경우도 Max_Collision_Retries에 도달할 때까지 수율을 변경시키지 않다가 그 값까지 도달하면 ROBO로 전송한다.

나. 제안하는 수율 조절 기법

제안하는 기법은 수신 노드가 ACK 또는 NACK에 이유를 넣어 전송하여 송신 노드가 기민한 대처를 할 수 있게 도와주는 기법이다. 즉, 기존의 NACK을 NACK_I

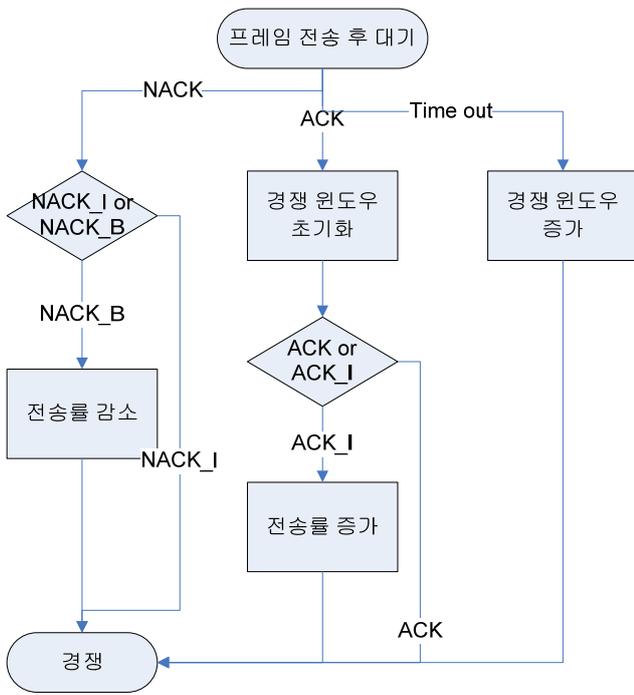


그림 1 송신 측에서 본 제안하는 기법의 알고리즘

(임펄스 잡음에 의한 NACK)와 NACK_B(배경 잡음에 의한 NACK)로 구분하여 보내는 것이다. 제안하는 기법에서 송신 노드는 NACK_I를 받은 경우에 전송률을 변경하지 않고 재전송하고 NACK_B를 받은 경우엔 바로 전송률을 낮춰 재전송을 한다. 임펄스 잡음은 배경 잡음 대비 평균 50 dB 정도 높으므로 수신 모델에서 프레임 수신하는 중에도 감지할 수 있을 것으로 보인다.

수신 노드는 프레임 수신 후 신호대잡음비(SNR)이 지금 전송률보다 높은 전송률을 감당할 수 있다고 판단하면 ACK_I(전송률 증가 ACK)를 보내고 적절한 수준이라면 기본 ACK을 보낸다. 송신 노드는 수신한 ACK이 기본 ACK이라면 전송률을 유지하고 ACK_I를 받으면 다음 프레임 전송부터 전송률을 증가시켜 전송한다. 그림 1은 송신 노드 측에서 본 제안하는 기법의 순서도이다.

III. 모의 실험 결과

HPAV 표준과 무선에서의 전송률 조절 기법인 ARF 그리고 제안하는 방식의 모의실험 결과를 기술한다. 모의 실험은 C++로 작성한 event-driven 프로그램을 사용하였다. 모든 노드들은 같은 우선순위의 데이터를 전송한다고 가정하였다. MCS 단계의 개수는 HPAV 표준에서 정의한 것과 같이 14개로 실험하였다. 이 MCS 단계의 최대 전송률은 150.19 Mbps 이고 최소 전송률은 9.856 Mbps 이다.

그림 2는 임펄스 잡음 하에서의 수율을 비교한 것이다. ARF는 가장 낮은 성능을 보이고 제안하는 기법이 가장 높은 성능을 보임을 확인할 수 있다. 제안하는 기법이 HPAV 표준보다 높은 성능이 나오는 이유는 제안하는 기법은 수신 노드의 도움으로 한번의 에러만으로도 그 에러의 이유가 배경 잡음에 의한 것인지 임펄스 잡음에 의한 것인지를 송신 노드가 분별하여 빠르게 대응할 수 있기 때문이다.

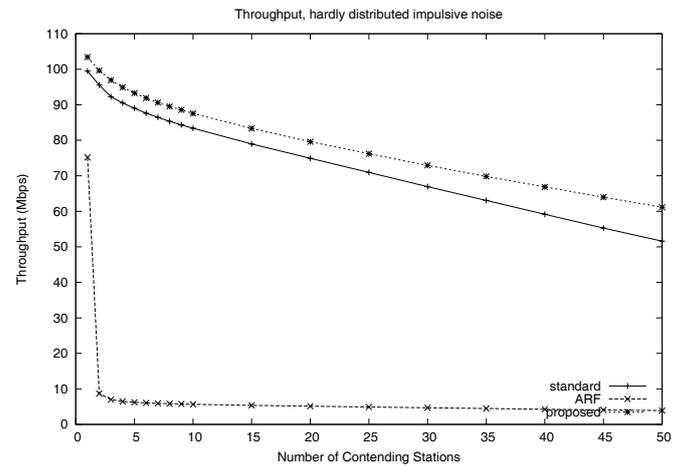


그림 2 임펄스 잡음 하에서의 수율 비교

III. 결론

본 논문에서는 전력선 통신을 위한 전송률 조절 기법을 제안하였고 모의실험을 통해 이를 검증하였다. 전력선 채널은 무선 채널과는 달리 페스트 페이딩이 없고 임펄스 잡음이 존재하므로 기존의 무선 통신 기반의 전송률 조절과는 다른 방식이 필요하다. 제안하는 방식은 프레임 에러의 이유를 NACK에 담는 것과 ACK에 전송률을 높일지 여부의 데이터를 넣는 방식으로 구성되어 있다. 모의 실험 결과를 통해 제안하는 방식이 전력선 채널의 변화를 기민하게 쫓아갈 수 있음을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2011-(C1090-1111-0004))

참고 문헌

- [1] HomePlug AV Specification, HomePlug Powerline Alliance, Dec. 2005.
- [2] M. Zimmermann and K. Dostert, "Analysis and modeling of impulsive noise in broad-band powerline communications," *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. 44, no. 1, pp. 249-258, Feb. 2002.
- [3] M. Y. Chung, M.-H. Jung, T.-J. Lee, and Y. Lee, "Performance Analysis of HomePlug 1.0 MAC with CSMA/CA," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 24, no. 7, pp. 1411- 1420, Jul. 2006.
- [4] S.-G. Yoon, J. Yun, and S. Bahk, "Adaptive Contention Window Mechanism for Enhancing Throughput in HomePlug AV Networks," in Proc. *CCNC 2008*, Las Vegas, USA, Jan. 2008.