

협력 ARQ 프로토콜에서 최적의 선택적 릴레이

*최대규, 공형윤

울산대학교 전기전자정보시스템공학부

e-mail : {cjcdk, hkong}@mail.ulsan.ac.kr

Optimal selection Relaying for cooperative ARQ protocol

*Dae-Kyu Choi, Hyung-Yun Kong
School of Electronics Engineering
University of Ulsan

Abstract

본 논문은 협력 ARQ 프로토콜에서 기존의 SNR 또는 채널 계수를 고려하는 선택적 릴레이 방식 대신에 LLR를 고려한 최적의 선택적 릴레이를 제안하였다. 협력통신에 ARQ를 적용함으로써 주파수 효율을 향상시킬 수 있으며, LLR를 적용함으로써 성능을 보다 향상시킬 수 있었다. 레일리 페이딩과 AWGN를 고려한 Monte-Carlo 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다.

I. 서론

최근 무선 통신 분야에서 협력 통신은 많은 연구가 되어지고 있는 전송 방식이다. 기본적인 프로토콜은 릴레이 방식에 따라 증폭 후 재전송, 복호 후 재전송, 선택적 릴레이, 부호화 협력 전송으로 분류할 수 있다. 위에 기술한 전송 방식은 항상 릴레이를 사용하기 때문에 직접전송에 비해 주파수 효율이 감소하는 단점을 가지고 있다. 따라서 [1]에서는 협력 통신에 ARQ 개념을 도입하여 주파수 효율을 향상시킨 incremental 릴레이 방식을 제안하였다. [2]에서는 협력 ARQ로 명명하였고 릴레이에서 목적지로부터 NACK 메시지를 수신할 경우 3가지 시나리오에 따라 전송하는 방식을 제안하였다.

본 논문에서는 협력 ARQ 프로토콜에서 릴레이 방식으로 선택적 릴레이를 고려하였다. 이때, 일반적으로

소스와 릴레이 사이의 채널 상태 $|h_{s,r}|^2$ 또는 SNR를 기반으로 하였다. 그러나 이 방법은 오직 수신신호의 페이딩만을 고려하기 때문에 큰 노이즈가 발생할 경우엔 이를 고려하지 못한다 [1]. 따라서 본 논문에서는 페이딩과 노이즈를 모두 고려할 수 있는 log-likelihood ratio (LLR) 기반의 선택적 릴레이를 사용하여 협력 ARQ 프로토콜에 적용함으로써 주파수 효율과 성능 향상을 기대한다.

II. 본론

2.1 협력 ARQ 프로토콜

본 논문에서 고려한 협력 ARQ 프로토콜은 다음과 같다. 첫 번째 시간슬롯에서 소스는 목적지와 릴레이로 데이터 $a[n]$ 을 전송한다. 목적지는 수신한 데이터를 복구하고 CRC를 통해 오류를 검출한다. 만약 오류가 발생했을 경우 목적지는 데이터를 지우고 NACK 메시지를 소스와 릴레이로 피드백한다. 오류가 발생하지 않았을 경우에는 ACK 메시지를 전송하여 소스가 데이터 $a[n+1]$ 를 전송할 수 있게 한다. 이러한 방식은 소스와 목적지 사이의 SNR이 클 경우, 오류 발생이 감소하면 릴레이의 사용도 감소하므로 기존의 프로토콜에 비해 주파수 효율을 향상시킬 수 있다. 두 번째 시간 슬롯에서 릴레이는 소스로부터 수신한 데이터를 LLR 계산하고 임의의 문턱 값(T)과 비교하여 목적지로의 전송을 결정한다. 만약, 이를 만족하지 않을 경우, 릴레이는 소스로 NACK 메시지를 전송하고 소스

는 데이터 $a[n]$ 을 재전송한다. 제안한 프로토콜에서 목적지는 결합 기법을 사용하지 않는다고 가정한다.

2.2 최적의 선택적 릴레이

릴레이는 소스로부터 $y_{s,r}$ 를 수신하고 다음의 과정에 따라 전송을 결정한다 [3]. 문턱 값은 T 로 가정한다.

$$y_{s,r} = h_{s,r} \sqrt{P_s} a + n_{s,r} \quad (1)$$

$$y_r = \text{Re}(h_{s,r}^* y_{s,r}) = |h_{s,r}|^2 \sqrt{P_s} a + \text{Re}(h_{s,r}^* n_{s,r}) \quad (2)$$

$$A = \ln \frac{P(a=1|y_r, |h_{s,r}|^2 \sqrt{P_s})}{P(a=-1|y_r, |h_{s,r}|^2 \sqrt{P_s})} = 4y_r \sqrt{P_s} \quad (3)$$

$$P_r^e = \frac{1}{1 + e^{|A|}} \leq P_T^e \quad (P_T^e = Q(\sqrt{2P_s T}))$$

$$\text{또는 } |A| \geq \ln\left(\frac{1}{P_T^e} - 1\right) = A_0 \quad (4)$$

식(4)을 만족할 경우 릴레이는 목적지로 데이터를 전송한다. 식(3)과 같이 페이딩과 노이즈를 함께 고려하므로 페이딩만을 고려하는 기존의 방식보다 정확한 비교를 하여, 결론적으로 목적지에서의 성능이 향상된다.

III. 시뮬레이션 결과

소스와 목적지 사이에 릴레이가 일직선상에 위치하는 일반적인 경우로 가정을 하여 소스와 목적지 사이의 거리($d-SR$)를 1로 일반화 하였다. 또한, 경로 손실 η 은 3으로 가정하였다. 직접 전송의 전송전력이 P_T 일 때, 협력 전송의 총 전송전력이 이를 초과하지 않도록 소스와 릴레이에 각각 $P_T/2$ 의 전력을 할당하였다. 본 논문에서는 주파수 효율성은 고려하지 않았다.

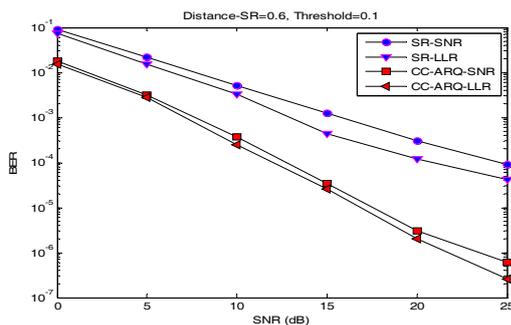


그림 1. $d-SR=0.6, T=10^{-1}$ 에서 여러 프로토콜의 성능 비교

그림 1에서 제안하는 협력 ARQ 프로토콜(CC-ARQ-LLR)이 ARQ를 사용하지 않은 경우() 보다는 약 2배, SNR를 고려한 ARQ 보다는 약 1dB의 전송전력 이득이 있음을 알 수 있다. 그림 2에서는 소스와 릴레이의 거리에 따른 성능을 나타내었다. 릴레이의 위치에 관계없이 최적의 선택적 릴레이를 사용한

경우의 ARQ 프로토콜이 기존의 프로토콜보다 성능이 우수함을 알 수 있다.

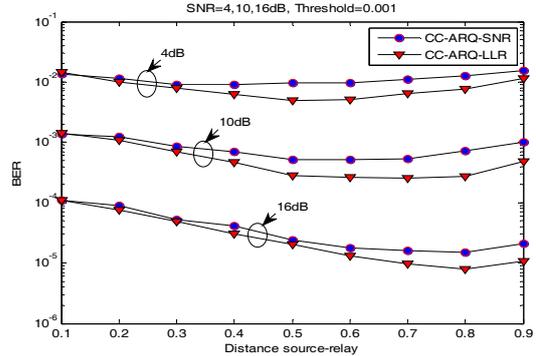


그림 2. 최적의 선택적 릴레이를 적용한 협력 ARQ 프로토콜의 성능

IV. 결론

기존의 협력 ARQ 프로토콜에서 선택적 릴레이를 사용할 경우에 SNR를 고려하는 방식 대신에 본 논문에서는 최적의 선택적 릴레이를 위해 LLR를 고려하였다. 시뮬레이션 결과에서와 같이 보다 우수한 성능을 얻었으며, 이는 향후 수식적 접근(BER, PER, Outage Probability)과 전력 할당의 연구로 진행될 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20400-0)

참고문헌

- [1] Laneman, J. N., Tse, D. N. C., Wornell, and G. W, "Cooperative diversity in wireless networks: Efficient protocols and outage behavior," Information Theory, IEEE Transactions on, Vol. 50, Issue 12, pp. 3062-3080, Dec. 2004.
- [2] J. N. Laneman, David N. C. Tse, and Gregory W. Wornell, "Cooperative Diversity in Wireless Networks: Efficient Protocols and Outage Behavior," Comm., 2006 ICC '06., Vol. 8, pp. 3608-3614, Jun., 2006.
- [3] Ho Van Khuong and Hyung-Yun Kong, "LLR-based Decode-and-Forward Protocol for Relay Networks and Closed-form BER Expressions," IEICE, Vol. E89-A No. 6 pp. 1832-1841. Jun. 2006.