

다중 도약 무선망의 간섭 환경에서 다이버시티 수신을 이용한 증폭 전달 중계기의 성능 분석

*임성묵, 김동규, 왕한호, 김영주, 남상호, 홍대식
연세대학교 전기전자 공학과
e-mail : always@itl.yonsei.ac.kr

Performance Analysis of Interference due to Concurrent Transmission in Amplifying and Forward Relay with Diversity Reception

*Sungmook Lim, Dongkyu Kim, Hanho Wang, Hyungjoon Song,
Sangho Nam, and Daesik Hong
Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

Abstract

In this paper, when concurrent transmission and diversity reception at each relay are assumed to increase bandwidth efficiency in linear multihop system, we analyze interference due to concurrent transmission and verify it. In the interference-free environment, more diversity sources at each relay result in better performance [1][2]. However, interference degrades BER performance because accumulated and propagated interference power surpasses original data power. Therefore, if we use the result of this paper, we can make bandwidth efficiency increase as well as BER performance good in linear multihop system by considering concurrent transmission with reuse factor and developing the algorithm which determines the number of diversity source.

I. 서론

최근 중계기를 이용한 다중 도약 무선망에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 간섭이 없는 환경에서 증폭 전달 (Amplify & Forward) 중계기의 성능 분석에 대해 다수의 연구가 진행되었다 [1][2][3]. 다이버시티 수신을 이용한 증폭 전달 중계기의 경우 잡음 전파 현상이 발생할 수 있지만 중계기 수의 증가에 따라 본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수 실험실 지원사업의 연구결과입니다.

특정 중계기에서 이용할 수 있는 다이버시티 원천이 증가하기 때문에 BER 성능이 향상된다 [1][2]. 그러나 자원의 효율적인 사용을 위해 시간과 주파수 자원을 공유하면서 중계기들이 동시에 전송하는 경우 간섭 신호가 발생하여 BER 성능이 열화 되기 때문에 이에 대한 분석이 필요하다.

본 논문에서는 선형 다중 도약 무선망 환경에서 다이버시티 수신을 이용한 증폭 전달 중계기를 사용할 때 발생하는 간섭을 모델링하고, 간섭에 따른 성능 열화를 분석한다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 선형 다중 도약 무선망 시스템을 기반으로 한다. 이 구조 안에는 소스와 목적지가 각각 한 개씩 존재하고, 그 안에 N-1개의 증폭 전달 중계기가 존재한다. 중계기 사이의 거리는 모두 동일하며, 중계기를 통해 전송되는 신호는 도약마다 독립적인 채널을 겪게 된다고 가정한다. 이 때 각 중계기는 다이버시티 수신을 이용한 증폭 전달 방식을 사용한다. 즉, k 번째 중계기인 R_k 에서는 이전 (k-1)개의 중계기들로부터 신호를 수신하고 이를 MRC (Maximal Ratio Combining) 기법으로 결합한 뒤 증폭하여 이를 R_{k+1} 로 전달하게 된다. 기존 연구에서는 각 도약마다 시간이나 주파수 상으로 직교하는 자원을 할당하여 간섭이 없는 환경을 가정하고 있다. 그러나 본 논문에서는 중

계기의 전송률을 향상시키고, 자원 이용의 효율성을 높이기 위해서 각 도약이 시간이나 주파수 자원을 공유하고 모든 중계기가 동시에 전송하고 있다고 가정한다. 도약 간 자원 공유와 동시 전송이라는 가정으로 인해 R_k 에 들어오는 신호는 중계하고자 하는 데이터 신호와 피드백 간섭, 그리고 피드포워드 간섭으로 이루어진다. 이 때 피드포워드 간섭은 R_k 이전 중계기에서부터 들어오는 간섭을 말하고, 피드백 간섭은 R_k 이후 중계기에서부터 들어오는 간섭을 말한다[1].

III. 간섭 모델 - 간섭 신호의 전달/누적

k번째 중계기 R_k 의 수신 신호 r_k 는

$$r_k = d_k + I_k + z_k \quad (1)$$

이다. 여기서 d_k 는 정보 신호, I_k 는 간섭 신호, z_k 는 잡음 신호이다. 이 중에서 간섭 신호 I_k 는 다음과 같이 표현된다.

$$I_k = I_k^c + I_k^a \quad (2)$$

I_k^c = 동시 전송에 의한 피드백, 피드포워드 간섭신호

I_k^a = 다이버시티 경로로 누적, 전달되는 간섭신호

여기서 I_k^c 와 I_k^a 는 각각 다음과 같다.

$$I_k^c = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^N A_i \sqrt{\left(\frac{1}{d_{i,k}}\right)^p} h_{i,k} r_i \quad (3)$$

$$I_k^a = \sum_{j=1}^{k-1} A_j \sqrt{\left(\frac{1}{d_{j,k}}\right)^p} h_{j,k} I_j$$

$h_{i,j}$ = i번째 중계기와 j번째 중계기 사이의 채널이득
 A_j = j번째 중계기의 증폭계수
 $d_{i,k}$ = i번째 중계기와 j번째 중계기 사이의 거리
 r_i = i번째 중계기의 수신 신호

식 (2)와 (3)을 보면, R_j ($j < k$)에서 발생한 간섭 신호 I_j 는 (k-j)개의 독립적인 다이버시티 경로를 통하여 R_k 의 수신 신호에 영향을 미친다. 중계기에 수신된 신호는 단순히 증폭되어 다음 중계기로 전달된다는 증폭 전달 중계기의 특성 때문에 한 번 발생한 간섭 신호가 다음 중계기에 연속적으로 전달되는 간섭 전파 현상이 발생하기 때문이다. 뿐만 아니라 R_k 의 수신 신호에는 (k-1)개의 서로 다른 종류의 간섭신호가 누적되어 간섭을 일으키는 간섭 누적 현상이 발생한다. 따라서 R_k 에서 정보 신호의 파워는 다이버시티 수신에 의해 선형적으로 증가하는 반면, 간섭 및 잡음 신호의 파워는 전달과 누적 현상으로 인하여 기하급수적으로 증가하게 된다. 따라서 신호 대 간섭 및 잡음비 ($SINR$) $_k$ 는 k가 증가할수록 감소하게 되어 BER 성능의 열화를 가져오게 된다.

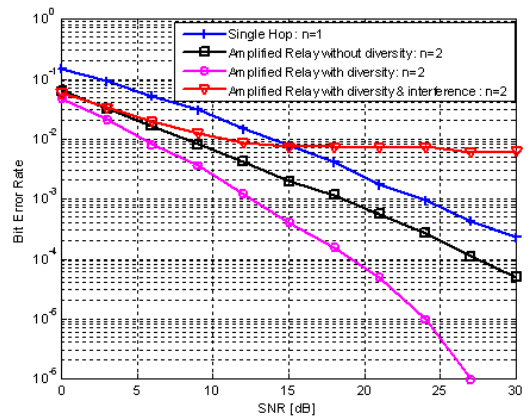
IV. 모의실험 및 결론

그림 1은 N=2인 경우 증폭 전달 중계기를 사용할 때 다이버시티 사용과 간섭 신호의 유무에 따른 BER 곡선을 보여준다. 다이버시티 수신을 하는 경우 다이버시티 이득을 얻기 때문에 BER 성능이 향상되는 것을 알 수 있다. 그러나 동시 전송에 의한 간섭 신호를 고려하게 되면, BER 성능이 향상되지 않고, 오히려 오류 현상이 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 간섭과 잡음 신호의 누적과 전달 현상으로 인해 SINR이 감소하고, BER 성능의 열화를 가져오는 것이다. 중계기 수 N이 커질수록 간섭 신호의 크기가 증가하게 되고, 수렴하는 BER의 값이 더 커지게 된다.

결론적으로 자원의 효율적 이용을 위해 모든 중계기에서 동시 전송을 고려할 경우 간섭 신호가 발생하게 되고, 이로 인한 간섭 신호의 누적과 전달 현상 때문에 다이버시티 수신을 하더라도 다이버시티 이득을 얻지 못하고 BER 성능이 열화되는 결과를 보여준다. 따라서 본 논문을 기반으로 자원의 재사용 계수 (Reuse Factor)를 정의하고, 중계기마다 적절한 다이버시티 소스의 개수를 선택하여 전송하는 알고리즘을 연구한다면 본 논문은 자원의 효율성을 증가시키면서도 적절한 BER 성능을 유지할 수 있다는 측면에서 기여도를 가질 것이다.

참고문헌

- [1] J.Boyer, D.D.Falconer, H.Yanikomeroğlu, "Multihop Diversity in Wireless Relaying Channels", IEEE Trans.on Communications, Oct, 2004
- [2] M.Yuksel, E.Erkip, "Diversity in Relaying Protocols with Amplify and Forward", IEEE GLOBECOM, Dec. 2003
- [3] Pavan Kumar, M.S.; Bhattacharjee, R.; Herhold, P.; Fettweis, G, "Cooperative multi-hop relaying over fading channels", IEEE SPCOM, Dec. 2004



<그림 1> 증폭 전달 중계기의 BER 곡선 (n=2)