Design of User-Cooperation Scheme with Cyclic Coding in Wireless Network

공형윤 | 설동원 | HoVanKhuong
울산대학교

요 약

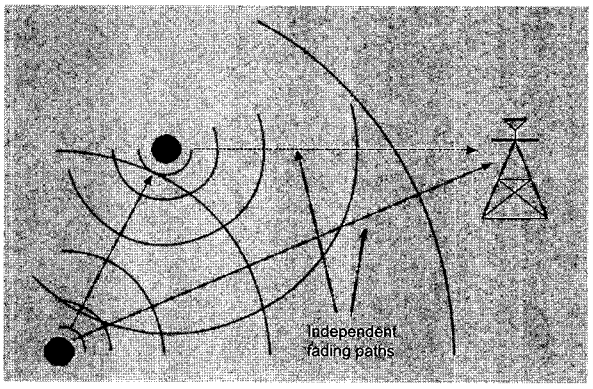
전송다이버시티 는 일반적으로 송신기에서 하나이상의 안테나를 필요로 한다. 그러나 많은 무선기기들은 크기나 하드웨어의 복잡도로 인해 다수의 안테나를 사용하는데 많은 제약을 가지고 있었다. 최근 들어 해외에서 활발히 연구되고 있는 협력통신이라는 전송방식은 단일 안테나를 사용하는 다수의 사용자가 있는 환경에서, 사용자간의 안테나를 공유하여 가상의 다중 안테나를 가진 송, 수신기의 성능을 제공하여 높은 전송 다이버시티를 획득 할 수 있는 기술이다. 이와 관련된 연구로 저전력 무선 센서 네트워크를 위한 순환부호를 이용한 부호화 협력통신을 소개한다.

I. 서 론

MIMO 시스템은 무선 네트워크 환경에서 다이버시티를 증가시키기 위한 방법으로 알려져 있다. 그러나 셀 방식의 기지국에서는 전송 다이버시티가 장점이 되기는 하지만 다른 분야에서는 실질적인 구현에 많은 제약과 어려움이 따른다. 특히 무선 송수화기나 센서 네트워크 등의 무선기기에 다수의 전송 안테나를 사용하는 것은 경제적인 측면에서나 하드웨어의 크기와 전력 등의 측면에서 많은 제약이 따른다.

본 기고문에서는 단일 안테나를 사용하여 MIMO 시스템보다 우수한 성능을 가진 협력통신을 소개하고, 이와 관련된 연구 저전력 무선 센서 네트워크를 위한 순환부호를 이용한 부호화 협력통신에 관해 소개하겠다. 협력통신의 기본적인 개념은 무선 네트워크에서 단일 안테나를 가진 다수의 사용자간의 안테나의 상호 공유를 통한 가상의 미모 시스템 효과를 제공하는 기술이다. 이동하는 무선 채널은 전송 과정 중 채널의 상태가 다양하게 변화하고 신호감쇄를 초래하는 페이딩 현상을 겪게 된다. 이러한 페이딩현상은 독립적인 사본의 신호들을 서로 다른 경로를 통해 전송하여 다이버시티를 획득함으로서 극복 할 수 있다. 특히 공간 다이버시티는 서로 다른 위치(안테나)에서 신호를 전송함으로서 수신기에서 독립적인 서로 다른 채널들을 통과한 신호들을 수신할 수 있다. 협력통신은 이러한 다이버시티를 새로운 방법으로 제공하는 기술이다.

협력통신의 기본적인 개념을 (그림 1)에 나타내었다. 아래 그림은 두 개의 송신기가 동일한 수신기와 통신을 하는 것을 나타낸다. 각각의 송신기는 하나의 안테나를 가지고 있



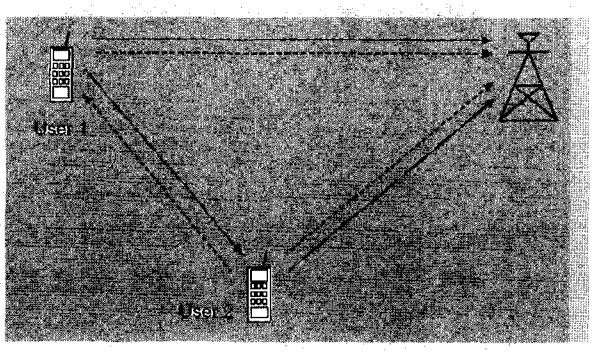
(그림 1)

고, 따라서 독립적인 공간 다이버시티를 생성할 수 없다. 그러나 A 송신기가 B 송신기의 신호를 수신하여 기지국으로 재전송할 경우 공간 다이버시티를 생성 할 수 있고, A 송신기는 자신의 데이터에 다양한 오버헤드 정보를 함께 실어 전송할 수 있다. 이 경우의 공간 다이버시티는 두 송신기의 전송 경로가 서로 독립적이기 때문에 생성 가능하다.

II. 협력통신

협력통신은 휴대전화,Ad-hoc등의 무선기기를 사용하는 무선네트워크의 QoS를 높이는 것을 목표로 한다.

협력통신 시스템에서는 각 무선 사용자가 자신의 협력적 파트너인 무선 사용자에게 정확하게 자신의 정보를 전송 할 수 있다고 가정한다.



(그림 2)

협력통신에서 부호율 과 전송전력의 trade-off 관계에 대해 살펴보겠다.

먼저 전력적인 측면에서, 일반적으로 각각의 사용자는 기지국외에도 자신과 협력관계를 구성하는 다른 사용자에게도 전송을 필요로 하기 때문에 더 많은 전력을 사용할 것이라고 지적할 수도 것이다.

그러나 반대로 두 사용자가 각각 독립적인 경로를 통해 기지국으로 전송하는데 필요한 전력은 다이버시티효과로 인해 감소하게 된다. 즉 협력통신을 사용하지 않은 두 사용자가 자신의 정보를 각자 기지국으로 전송하는데 필요한 전력보다 협력통신을 이용하여 기지국으로 전송하는 것이 다이버시티 효과로 인해 보다 적은 전력을 필요로 한다. 이러한 전력적인 측면의 trade-off 관계로 인해 전체적인 전송전력의 감소를 기대 할 수 있다.

이와 마찬가지로 부호율에 관한 의문도 제기할 수 있을 것이다. 협력통신에서는 각각의 사용자가 자신과 파트너의 정보를 함께 전송하기 때문에 부호율의 손실을 증가시키게 될 것이라고 지적할 수도 있을 것이다. 그러나 협력 다이버시티에 의해 채널 부호율이 증가되기 때문에 각 사용자는 상호간의 스펙트럼 효과로 인해 부호율의 손실을 개선시킬 수 있다.

또한 협력통신의 경제성에 관한 의문들은 다양한 연구를 통해 긍정적인 결과를 확인 할 수 있다.

III. DETECT AND FORWARD

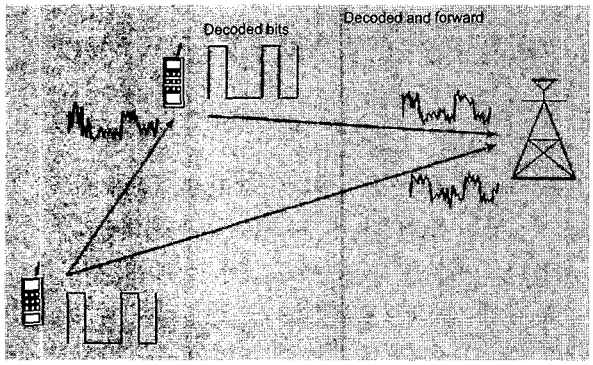
Detect and forward는 기존의 릴레이의 개념과 유사한 방법을 사용하는 기술이다. 사용자가 자신과 협력관계를 형성한 파트너의 비트를 수신하여 수신한 파트너의 비트를 (그림 3)과 같이 기지국으로 재전송하는 방법이다. 파트너는 기지국에 의해 결정되거나 다른 알고리즘 등을 통해서 결정한다. 즉 사용자간의 상호 파트너 관계를 형성함으로서 다이버시티를 제공할 수 있다.

협력통신에서 파트너 선정 방법에 대해서는 다양한 기술들이 연구되어지고 있다. 이 글에서는 파트너 선정 기술과 관련한 부분은 제외하고 설명 하겠다. Detect and forward는 두 사용자가 파트너 관계를 맺음으로서 시작된다. 각각의 사용자는 자신의 고유한 확산부호 $c_1(t)$와 $c_2(t)$를 가지고 있고 데이터 비트를 $b_i^{(n)}$이라고 하자.(i는 사용자 1,2를 나타내고, n은 시간에 따른 정보 비트를 나타낸다). $a_{i,j}$는 신호의 진폭을 나타내고 각 신호의 주기는 3비트 간격으로 구성되어져 있다고 가정한다. 사용자 1의 신호를 $X_1(t)$, 사용자 2의 신호를 $X_2(t)$라고 하면 각 사용자의 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_1(t) = [a_{11}b_1^{(1)}c_1(t), a_{12}b_1^{(2)}c_1(t), a_{13}b_1^{(2)}c_1(t) + a_{14}\overline{b_2^{(2)}}c_2(t)]$$

$$X_2(t) = [a_{21}b_2^{(1)}c_2(t), a_{22}b_2^{(2)}c_2(t), a_{23}b_1^{(2)}c_1(t) + a_{24}\overline{b_2^{(2)}}c_2(t)]$$

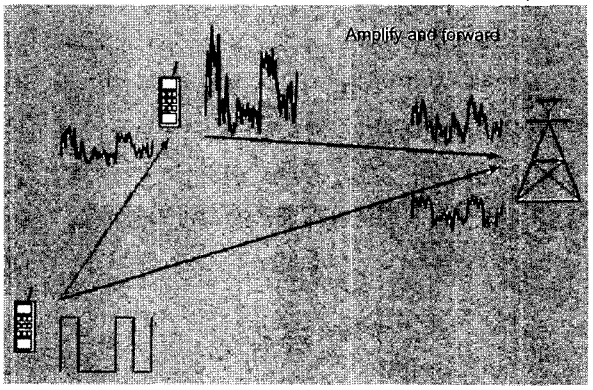
처음과 두 번째 구간에서 각 사용자는 자신의 비트들을 파트너에게 전송한다. 세 번째 구간에서는 사용자의 두 번째 구간의 비트와 파트너의 두 번째 구간의 비트를 선형 조합하게 되고, 사용자는 선형 조합되어진 신호를 확산 코드를 이용하여 확산한다. 3구간 동안 전송 전력은 up-link채널과 사용자 간의 채널 상황에 따라 가변적으로 변화하고, 이로 인해 채널 상황에 따라 전송전력을 효율적으로 가변 할 수 있다. 전송전력은 $a_{i,j}$ (신호의 진폭)에 따라 분배되기 때문에 평균 제한 전력을 유지 할 수 있다. 즉 사용자간의 채널 환경이 적합한 조건일 경우 보다 많은 전력을 협력관계를 위해 사용할 수 있고, 반면에 채널 환경이 적절치 않을 경우 협력관계를 소멸시킬 수도 있다.



(그림 3)

IV. AMPLIFY AND FORWARD

다른 협력통신 방법으로는 AMPLIFY AND FORWARD 기술이 있다. 이 기술은 각각의 사용자가 파트너로부터 잡음이 섞인 신호를 수신하여 이를 증폭하여 재전송하는 기술이다. 기지국은 사용자와 파트너로부터 수신되어진 신호를 조합하여 최종적으로 전송된 신호를 판단한다. 비록 잡음 또한 증폭되어 전달되지만, 기지국은 두 개의 독립적인 채널을 통과한 신호들을 수신하기 때문에 보다 정확하게 송신된 정보를 찾을 수 있다. Laneman에 의해 제안되어진 이 기술은 사용자가 두 명일 경우 다이버시티 계수가 2가 되고, 이것은 높은 SNR 환경에서 가장 우수한 성능을 나타낸다 [1].

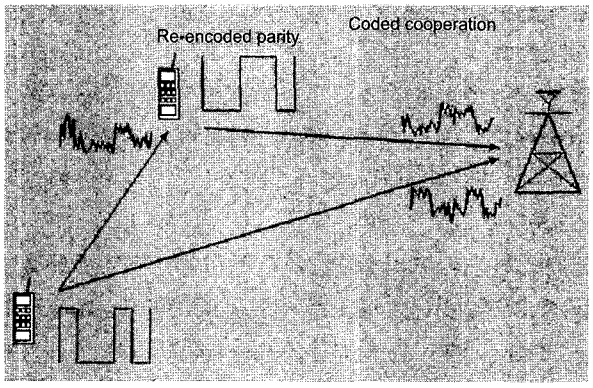


(그림 4)

V. CODED COOPERATION

부호화 협력통신은 채널코딩과 협력통신을 결합한 기술이다. 부호화 협력통신은 각 사용자의 부호어를 서로 다른 비율로 분할하여 두 개의 독립적인 페이딩 경로를 통해 전달하는 기술이다.

기본적인 원리는 각 사용자는 파트너에게 부가적인 여분의 비트를 전송하는 것이다. 이것이 불가능한 조건일 경우 두 사용자간의 협력관계는 언제든 소멸될 수 있다. 부호화 협력통신의 가장 큰 장점은 위의 모든 과정이 부호를 결정함에 따라 사용자간의 피드백 없이 자동적으로 결정되어진다는 것이다.



(그림 5)

사용자는 자신의 데이터를 CRC(cyclic redundancy check) 부호가 더해진 블록으로 나눈다. 부호화 협력통신에서는 각 사용자의 데이터를 부호어로 인코딩하고 이것을 N_1, N_2 두 개의 프레임으로 분할한다.

예를 들어 원래의 부호어가 N_1+N_2 비트를 가지고 있다고 가정한다면, puncturing을 통해 첫 번째 프레임 N_1 을 생성할 수 있고, 두 번째 프레임 N_2 또한 생성 할 수 있다 [2]. 물론 분할은 다른 방법을 통해서도 가능하지만, 위의 예는 부호화 협력통신을 설명하기 위해 직접적인 예를 사용한 것이다.

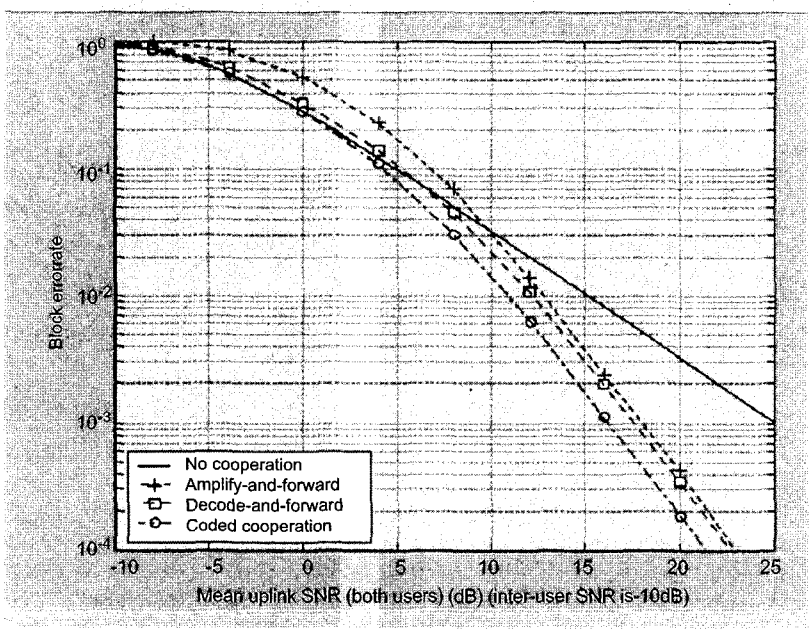
마찬가지로 각 사용자는 데이터 전송 시간을 두 N_1, N_2 비트 간격에 따라 두 개의 프레임으로 분할 할 수 있다. 첫 프레임에는 각 사용자는 자신의 N_1 비트를 전송하고, 파트너의 N_1를 수신하여 전송하기 위해 파트너의 N_1을 디코딩한다. 만약 CRC 부호에 오류가 없다면 사용자는 두 번째 프레임에 자신의 파트너의 N_2를 전송한다. CRC 부호에 오류가 있다면 사용자는 파트너의 N_2를 전송하지 않고 자신의 N_2를 전송한다. 그러므로 각 사용자는 항상 두 프레임에 총 $N = N_1+N_2$의 비트를 실어서 전송 할 수 있다.

VI. 성능 비교

위에서 언급한 협력통신을 이용한 전송기술들과 비협력통신을 이용한 전송방법의 성능을 비교해 보았다. 본 실험에서는 기존의 Detect and forward를 변형한 Hybrid Detect and forward 기술을 사용하였고, BPSK변조 방식과 수신기에서는 coherent detection 이용하였다. 또한 amplify-and-forward 와 detect-and-forward와는 달리 coded cooperation 은 자체적으로 채널 코딩 과정을 포함하고 있기 때문에 동등한 성능 비교를 위해 비교대상의 모든 부호율을 $\frac{1}{4}$로 설정하였다.

Hybrid Detect and forward와 amplify-and-forward에서 사용자는 초기에 $\frac{1}{2}$로 puncturing 한 RCPC 부호어를 전송한다 [2]. 이 부호어는 릴레이에서 계속적인 반복과정으로 인해 $\frac{1}{4}$로 바뀌게 된다. ($\frac{1}{2}$의 부호가 반복되기 때문)

Coded cooperation에서는 협력레벨을 $\frac{1}{4}$로 적용하였다. 두 사용자가 전송하고자 하는 전체 비트수가 4비트라고 가정했을 때 두 사용자는 첫 프레임에는 puncturing을 통해 3비트의 정보를 파트너에게 전송하고, 두 번째 프레임에는



(그림 6)

puncturing을 후 상대방에게 전송하지 않고 남은 1비트와 상대방으로부터 받은 3비트를 더하여 각 사용자가 4비트의 정보를 기지국으로 전송하는 것이다.

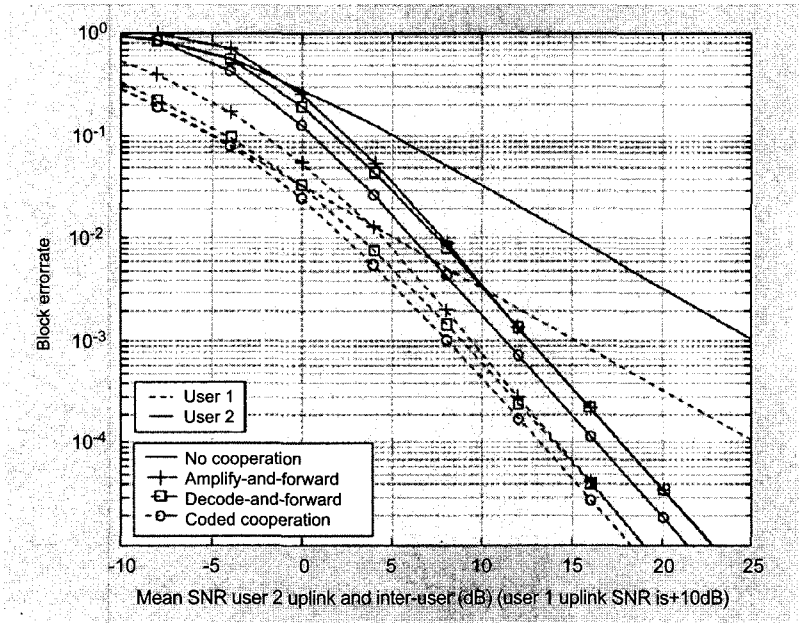
아래 그래프는 up-link채널에서는 두 사용자가 동일하거나 근사한 평균 SNR값을 가질 때 전송방법에 따른 성능을 나타낸다. 사용자간의 채널의 평균SNR은 up-link채널의 평균 SNR보다 10dB 낮게 설정하였다. 실험 결과로부터 협력통신을 이용한 전송 기술들이 협력통신을 사용하지 않은 경우보다 다이버시티가 비교적 개선되어졌음을 확인할 수 있다. 위 결과에서 다이버시티 계수는 2이며, 이것은 2개의 안테나로 전송 또는 수신한 것과 동일한 성능을 의미한다. 위 그래프 결과를 통해서 협력통신이 사용자간 채널 환경이 up-link채널보다 열악한 경우에도 우수한 성능을 확인 할 수 있었다.

아래 그래프는 두 사용자의 up-link채널의 평균 SNR이 서로 다른 경우 이다. 사용자 1은 사용자2 보다 평균 SNR값이 10dB 높고, 두 사용자간의 평균 SNR은 사용자 2의 up-link 채널의 평균 SNR 값과 같은 조건으로 설정하였다. 이 실험 결과로부터 두 가지 중요한 협력통신의 장점을 확인 할 수 있다. 첫 번째는 사용자 2가 자신보다 높은 up-link 채널 SNR값을 가지는 파트너와 협력관계를 형성할 경우, 사용자 2의 성능이 향상된다는 것을 확인 할 수 있다는 것이다. 뿐만 아니라, 사용자 1이 자신보다 낮은 평균 SNR값을 가지는 사용자와 협력할 경우에도 상당한 성능향상을 확인 할 수 있다.

위의 결과를 통해서 좋은 up-link 채널 환경을 가진 사용자도 협력관계를 형성하여 더욱 우수한 성능을 기대 할 수 있으므로, 협력관계를 형성하는데 참여할 충분한 동기를 제공한다. 두 번째로 사용자1과 사용자2의 현저한 성능차이를 협력통신을 이용할 경우 현저히 줄일 수 있다. 이것은 다시 말해 협력관계를 맺음으로서 시스템의 자원을 보다 효율적으로 재분배 할 수 있다는 것이다.

3가지 협력통신의 전송 기술들을 살펴보았을 때 amplify-and- forward 와 hybrid detect-and-forward는 낮은 SNR에서 매우 비효율적이다. 그 이유는 두 기술 모두 낮은 SNR에서 비효율적인 반복적인 코딩을 하는 것과 같은 과정을 가지기 때문이다. 그러나 coded cooperation은 모든 SNR값에서 비협력통신보다 월등히 우수한 성능과 전력소비를 감소시킬 수 있음을 확인 할 수 있다. 뿐만 아니라 coded cooperation 높은 SNR에서도 다른 협력통신 전송 기술보다 우수한 성능을 확인할 수 있었다 [3].

위의 결과에서 확인한 바와 같이 협력 통신이 가지는 다이



(그림 7)

버시티 와 전력적인 측면의 다양한 장점들로 인해 초소형화, 저 전력, 고 신뢰성을 요구하는 차세대 무선 네트워크위한 기술로 주목받고 있다. 이와 관련하여 최근에 주목받는 연구로는 순환부호를 적용한 협력통신 기술이 있다.

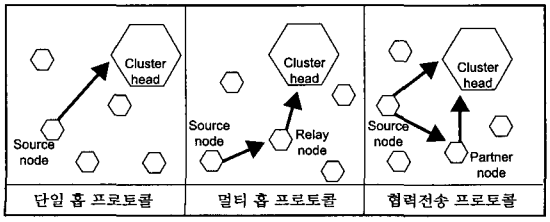
이 기술은 송, 수신기에서 CSI(channel state information)을 필요로 하지 않고, 단순한 encoding과 decoding과정을 통해서 복잡도를 크게 증가시키지 않고 BER성능을 향상시킬 수 있는 기술이다 [4].

VII. 무선 센서네트워크를 위한 부호화 협력통신

무선 센서 네트워크에서는 무선 네트워크의 특성상, 다양한 페이딩, 전파 감쇠, 잡음 및 간섭이 존재한다. 특히 수많은 노드들의 구성으로 이루어진 네트워크에서 다중 경로에 의한 페이딩 현상은 서로 다른 신호들의 영향으로 심각한 신호 왜곡을 초래하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 부호화 방법과 다이버시티 기술이 연구되고 있다 [3]. 그 중에서도 MIMO시스템은 동일한 데이터를 다수의 안테나를 이용하여 전송함으로써 다이버시티 효과를 획득할 수 있는 기술이다.

그러나 무선 센서의 특성상 다수의 안테나를 각 센서에 설치하는 것에는 하드웨어적인 크기 및 복잡도 그리고 비용 측면에서 센서 네트워크에 적용하기에는 부적합 하였다. 본 연구에서는 협력통신을 센서 네트워크에 적용하여 단일 안테나를 가진 센서들이 가상의 다이버시티효과를 획득할 수 있도록 하였다.

또한 순환부호를 이용한 전처리 부호기를 사용하여 에러 정정 확률을 개선 시켰다.



(그림 8)

무선 센서 네트워크에서 사용하는 통신 프로토콜 방식으로는 센서 노드에서 바로 클러스터헤드로 전송하는 단일 홉, 중계노드를 거쳐 클러스터로 전송되는 멀티 홉 방식이 있다.

멀티 홉 방식은 가까운 중계 노드를 거치기 때문에 전송 전력을 감소시킬 수 있지만 다이버시티 효과를 얻을 수는 없다 [5]. 다이버시티 효과를 위한 센서 노드간의 협력 통신에서는 파트너 노드를 통해서 자신의 신호를 한번 더 전송하기 때문에 경로 이득과 함께 다이버시티 효과까지 획득할 수 있다.

또한 BER성능이 가장 뛰어난 decoded and forward방법을 사용하였다. 대부분의 무선 통신 시스템에서 전처리 부호로 길쌈부호를 채택하여 사용하고 있다. 하지만 길쌈부호는 수신단에서 Viterbi 알고리즘을 사용하기 때문에 신호처리 따른 복잡성과 많은 전력 소비가 필요하다. 무선 센서 네트워크의 특성을 고려하여 복잡도를 크게 증가 시키지 않는 순환부호를 채택하였고, 그에 따른 전력 소비량도 길쌈 부호에 비하여 감소하였다.

센서 노드를 S, 파트너를 P, 클러스터헤드를 D라고 하였을 때 전체동작은 두 단계로 나누어 이루어진다. 첫 단계에서는 소스 노드에서 파트너 노드와 지연블록이 전송되며, 두 번째 단계에서는 파트너에서 오는 신호와 한 단계 지연된 원래의 신호가 클러스터헤드로 전송된다.

결국 두 경로를 통하여 전송되는 신호들에 의해서 다이버시티 효과를 획득하게 되는 것이다. 센서 노드 S에서 k-비트의 데이터는 (n,k) 순환부호기를 통과하여 n-비트로 부호화된 다음 BPSK 변조기를 통해 1 또는 -1로 변조된다. 변조된 신호는 첫 번째 단계에서 파트너 노드와 클러스터 헤드로 전송된다. 이때 전송되는 신호는

$$S_s(t) = \sqrt{2P_s}\,a[n]\cos(2\pi f_c^t)p(t-nT_c) \qquad (1)$$

이다. 여기서 P_s는 소스 노드의 평균 전송 전력이고, $a[n]$은 BPSK 변조된 신호를 나타낸다. $\cos(2\pi f_c^t)$는 반송파, $P(t-nT_c)$는 칩 주기가 T_c인 사각펄스이다. 이와 동시에 파트너 노드와 클러스터헤드는 각각의 독립적인 채널을 통하

여 감쇄된 신호를 수신한다. 수신한 신호는 다음과 같다.

$$r_j(t) = \sqrt{2P_s}a_{sj}[n]a[n]\cos(2\pi f_c^t + \varnothing_{sj}[n])p(t-nT_c) + \eta_j(t) \quad (2)$$

여기서 $a_{sj}[n]$은 진폭이며, $\varnothing_{ij}[n]$은 송신기 i와 수신기 j 사이 채널의 전파 지연과 위상 페이딩 값이 더해진 것이다. $\eta_j(t)$는 수신기 j에서 AWGN이다. 수신한 신호에 대한 파트너 P와 클러스터헤드 D에서 신호 처리는 다음과 같다. 우선 수신된 신호의 반송파를 제거한 후 사각 펄스 주기 동안 적분한 후, 매 T_c마다 샘플링하여 다음과 같은 신호를 출력한다.

$$r_j(t) = \sqrt{2P_s}a_{sj}[n]a[n] + \eta_j(n) \quad (3)$$

여기서 $\eta_j(n)$는 평균이 0이고 , 같은 분산 값을 가지는 AWGN의 랜덤 변수이다. 다음 과정으로는 복호화 하기 전에 다양한 값을 가지는 수신 데이터를 1또는 0의 2진수로 바꾸어 주는 과정이 필요하다.

$$\hat{a}[n] = sign(r_j[n]) \quad (4)$$

2진수 변환이 끝나면 순환부호의 복호기를 통하여 $k = 1,\cdots\cdots,k$로 이루어진 k열 비트로 복호한다. (n,k) 순환부호로 재 부호화 되어진 아래와 같은 신호를 클러스터헤드로 전송한다.

$$s_s(t) = \sqrt{2P_p}\tilde{a}[n]\cos(2\pi f_c^t)p(t-nT_c) \quad (5)$$

여기서 $\tilde{a}[n]$는 S로부터 수신하여 복구한 n번째 데이터이고, P_P는 평균 전력 P를 나타낸다.

두 번째 단계에서는 파트너 P에서 클러스터헤드 D로 식(5)의 신호를 전송한다. 클러스터헤드는 첫 단계와 동일한 과정을 거쳐 다음과 같은 신호를 수신하게 된다.

$$r_{P,2}[n] = \sqrt{2P_P}\alpha_{PD}[n]\tilde{a}[n] + \eta_P[n] \quad (6)$$

여기서 $\alpha_{PD}[n]$은 P-D사이 경로이득이다. 클러스터헤드는 센서 노드 S로부터 수신한 신호(6)과 파트너 P로부터 수신한 신호(3)을 결합하여 각각의 $a[n]$을 판별한다. [6]에서 최적화된 결합기를 제안하였지만, 최적화하기 위해서는 경로이득 $\alpha_{SP},\alpha_{SD},\alpha_{PD}$에 관한 정확한 정보를 필요로 한다. 뿐만 아니라 정확한 경로이득을 측정하기 위해서는 시스템의 복잡도를 증가시키게 되고 결과적으로 센서의 크기와 전력효율을 을 저하시키는 원인을 제공한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 신호(6)과 신호(3)만을 단순하게 결합하는 결합기를 사용하여 다음과 같은 신호를 얻게 된다.

$$r[n] = r_p[n] + r_{P,2}[n] \quad (7)$$

위와 같이 결합함으로써 S-P채널의 상태가 양호할 경우 파트너는 원래의 데이터를 Decode and re-send 과정만을 통해 S-D와 다른 경로를 통해서 전달함으로서 공간 다이버시티를 제공할 수 있다. 뿐만 아니라 파트너 P는 클러스터헤드 D보다 센서 S에 가까운 위치에 존재하기 때문에 D가 수신하는 신호보다 더욱 신뢰성 있는 신호를 수신가능하기 때문에 경로손실을 감소시킬 수 있다.

VIII. 성능 분석

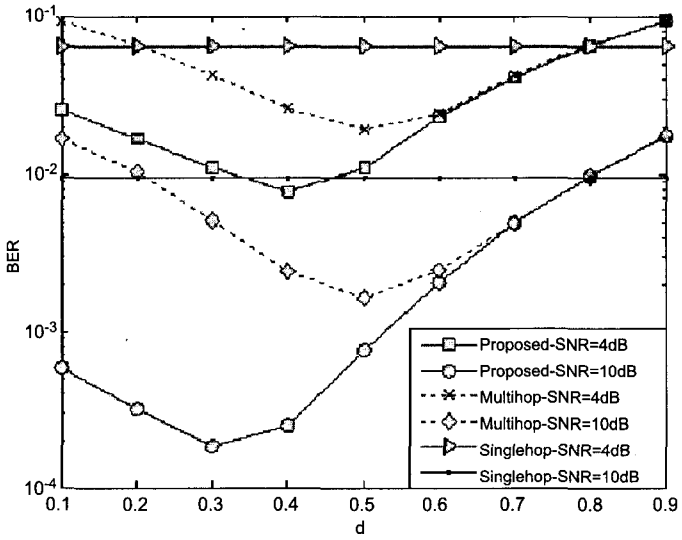
단일 홉과 멀티 홉 그리고 순환 부호를 이용한 부호화 협력통신을 사용하였을 경우의 성능을 비교한 결과를 아래 그림과 같이 확인 할 수 있었다.본 실험에서는 cyclic(23,12) Golay code를 사용하였고 3비트의 오류를 정정할 수 있는 생성 다항식 $g(p) = p^{11} + p^9 + p^7 + p^6 + p^5 + p + 1$을 사용하였다 [7]. 비교 실험에서 주목할 점은 협력통신 시스템은 전체 소비전력이 직접전송 시스템보다 많지 않다는 점이다.

경로 손실이 미치는 영향을 확인하기 위해서 모델([5])을 사용하였고 $\lambda_{ij}^2 = (d_{sd}/d_{ij})^\beta$ 에서 d_{ij} 는 송신기 i와 수신기 j사이의 거리이고 β는 경로 손실 지수이다. 또한, 본 실험에서는 편의상 S와 D가 일직선에 위치하였다고 가정하였다. S-D

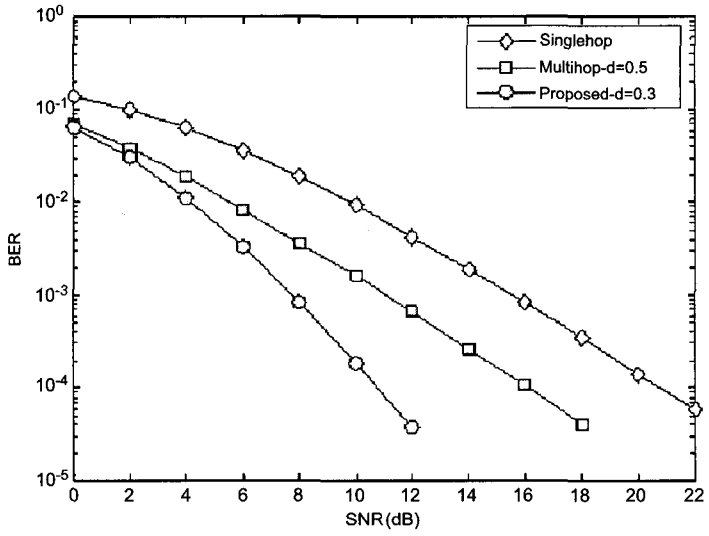
의 직선거리를 1이라고 가정하고 S-P의 거리를 d라고 하였고 협력시스템에서 파트너의 위치에 따른 성능을 확인하기 위하여 전송 전력을 4dB와 10dB로 달리 하였다.

위 결과로부터 멀티 홉을 위한 최적의 파트너 위치는 S-D의 중간지점 임을 확인 할 수 있다. 또한 협력시스템을 이용한 경우에서는 파트너의 위치가 센서 S에 가까울수록 더욱 우수한 성능을 확인 할 수 있었고, d=0.3인 지점에서 가장 우수한 성능을 확인 할 수 있었다.

두 번째 실험에서는 전송 방법에 따른 전송전력을 비교하였다. BER이 10^{-2} 지점에서 협력 시스템은 다른 전송 방법에 비하여 전송 전력을 약 2dB에서 6dB까지 절약할 수 있는 것을 확인할 수 있고 전송전력을 감소시킬 수 있다는 것은 보다 우수한 성능을 가질 수 있도록 한다.



(그림 9) 거리d에 따른 BER성능 비교



(그림 10) 전송방식에 따른 BER성능 비교

VIIII. 결 론

현재까지 협력통신의 주요기술들에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔지만, 아직 많은 부분에서 개선의 가능성을 열어두고 있다. 네트워크상에서 파트너 선정 및 운영의 효율성인 것에 관한 연구가 그 중에 하나이다. 기지국과 송수신하는 이동전화 서비스의 경우 위의 연구가 더욱 진행된다면 이동 전화 서비스의 핵심 기술로 자리 잡을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] J.N.Laneman, G .W.Wornell, and D. N. C Tse," An Efficient Protocol for Realizing Cooperative Diversity in Wireless Networks," Proc. IEEE ISIT ,Washington,DC, June 2001, p.294

[2] J.Hagenauer," Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes(RCPC Codes) and Their Applications," IEEE Trans.commun., vol.36,no.4, April 1988,pp.389-400

[3] Aria Nosratinia, Todd E. Hunter," Cooperative Communication in wireless networks" , IEEE Communication Magazine, Vol.42,pp.74-80,Oct.2004

[4] Ho Van Khuong, Hyoung-Yun Kong, Yun-Kyung Hwang, Gun-Seok Kim," Design of Efficient User-Cooperation Scheme with Cyclic Coding using Leach," IASTED ASIA CSN 2007,Oct,2006

[5] E.Zimmermann, P.Herhold and G. Fettweis, "On the Performance of Cooperative Relaying in Wireless Networks", European Trans. on Telecommunications, Vol, 16, no.1,Jan-Feb 2005

[6] A. Sendonaris, E. Erkip, B. Aazhang, "User cooperation diversity. Part I-II", IEEE Trans on Communications, Vol.51,pp.1927-1948,Nov.2003.

[7] John G. Proakis, "Digital communications", Fourth Edition, McGraw,2001.

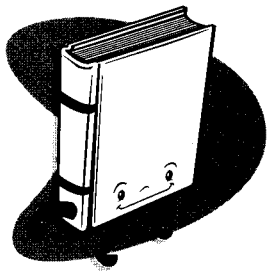
약 력

공 형 윤

1989년 미국 New York Institute of Technology 전자공학과 (공학사)
1991년 미국 Polytechnic University 전자공학과 (공학석사)
1996년 미국 Polytechnic University 전자공학과 (공학박사)
1996년 LG전자 PCS 팀장
1996년 ~ 1998년 LG전자 회장실 전략사업단
1998년 ~ 현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수
관심분야 : Detector & Estimator, Wireless Sensor Network (physical layer), Cooperative Tranasmission techs,...

설 동 원

2000년 ~ 현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 재학
관심분야 : 변복조(CDMA, OFDM, QAM), 멀티코드, Cooperative Communications 등

HoVanKhuong

2001년 the B.E. degrees in Electronics and Telecommunications Engineering from HoChiMinh City University of Technology, Vietnam.
2003년 the M.S. degrees in Electronics and Telecommunications Engineering from HoChiMinh City University of Technology, Vietnam.
2001년 ~ 2004년 lecturer at Telecommunications Department, HoChiMinh City University of Technology.
2004년 ~ 2007년 Ph.D degree in the Department of Electrical Engineering, University of Ulsan, Korea, in 2007.
관심분야 : modulation and coding techniques, MIMO system, digital signal processing, cooperative communications.