

이기종 협력 통신시스템에서 디코딩 전력소모 감소를 위한 인위적인 주파수 오프셋을 이용한 패킷 구별 기법

채 승엽*, 여 규 학*, 임 민 중^o

Packet Discrimination Method Using Artificial Frequency Offsets for Low Decoding Power Consumption in Heterogeneous Cooperative Communication Systems

Seungyeob Chae*, Gyuhak Yeo*, Minjoong Rim^o

요 약

배터리의 제한이 있는 이동통신 단말이 이동통신이 아닌 무선LAN(Local Area Network) 또는 고속 무선 PAN(Personal Area Network) 등의 근거리 무선통신 시스템을 이용하여 주변에 위치한 전력이 풍부한 디바이스의 릴레이 동작을 통해 데이터를 송수신 한다고 가정할 때 단말은 송신거리 감소에 의해서 전력소모를 줄일 수 있다. 하지만 단말 주변에 매우 많은 무선LAN 및 고속 무선PAN 시스템이 존재할 경우 자신과 상관없는 패킷을 수신함으로써 또다른 전력소모 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 물리계층에 주파수 오프셋을 이용한 ID를 넣으므로써 불필요한 패킷 수신을 회피하여 전력소모를 줄일 수 있는 방법을 제안하며 이 방법을 이용하였을 때 최적의 물리계층 ID 개수를 찾는다.

Key Words : Frequency Offset, Power Consumption, Heterogeneous Cooperative Communication, WLAN, WPAN, Relay

ABSTRACT

When a hand-held device with limited battery transmits and receives data using short-range wireless communication systems, such as WLAN(Wireless Local Area Network) or high speed WPAN(Wireless Personal Area Network), instead of mobile communication systems, the device is able to reduce the power consumption due to the reduced transmission distance. However, if there are many WLAN or high speed WPAN systems around the device, non-negligible power may be consumed by receiving and decoding the packets which have nothing to do with the device. In this paper, we propose a scheme reducing the power consumption by including physical-layer ID in WLAN or WPAN packets and avoiding unnecessary packet receptions. Also, we describe a method to determine the optimum number of physical-layer IDs.

* 본 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2010-0021429)

• First Author : Dongguk University Department of Information Communication Engineering, ment158@paran.com, 학생회원

o Corresponding Author : Dongguk University Department of Information Communication Engineering, minjoong@dongguk.edu, 종신회원

* Dongguk University Department of Information Communication Engineering, aprilaries@gmail.com, 학생회원

논문번호 : KICS2014-04-126, Received April 8, 2014; Revised July 11, 2014; Accepted July 11, 2014

I. 서 론

통신 기기의 다양화 및 스마트폰의 보급은 데이터 트래픽의 폭증을 불러왔고 2020년까지 현재의 1000 배 규모로 트래픽이 폭증할 것으로 예상되고 있다^[1-3]. 주파수 효율이 기술적인 한계점에 가까이 도달한 상황에서, 이러한 트래픽 폭증을 해결하기 위해 셀룰러 기지국의 밀도를 높이려면 설치 및 유지 비용이 매우 커지는 문제가 발생한다. 이에 설치가 간단하고 유지 비용이 적게 드는 페토(Femto) 기지국 등의 소형 기지국이나 중계기를 이용하는 이기종 셀룰러 네트워크(Heterogeneous Cellular Network)가 자연스럽게 보급되고 관련 기술들이 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 등의 표준화 기구 및 연구 단체에서 연구되고 있다^[4]. 현재의 이기종 네트워크는 사업자의 계획에 의해 설치된 셀룰러 네트워크에 무선랜이 혼재하는 형태로 이루어져 있으며 이기종 네트워크를 효과적인 이용 방안에 대한 표준화를 제시하고 있다^[5].

이동통신 단말이 배터리의 제한으로 데이터 전송이 제한되는 에너지 트랩 문제를 극복하기 위해서 이기종 무선접속 기술을 이용하여 이동통신 단말의 전력소모를 최소화하는 기술에 대해서 연구되고 있다. 특히 기지국에서 원거리에 있는 단말은 기지국으로 데이터를 전송하기 위하여 큰 전송전력이 필요하며 전력소모를 줄이기 위한 한 방법으로 근거리 무선통신 시스템의 도움을 받는 방법을 고려하고 있다^[6,7].

하지만 이 방법을 이용할 경우 또다른 전력소비 문제가 발생할 수 있다. 이동통신 패킷의 경우 물리계층 ID에 의하여 자신과 상관있는 패킷만을 수신하고 디코딩할 수 있지만^[8] 무선 LAN(Local Area Network) 또는 고속 무선 PAN(Personal Area Network) 패킷의 경우 디코딩을 수행하고 MAC(Media Access Control) 주소를 확인해야지만 자신의 패킷인지를 알 수 있다^[9]. 단말 주변에 매우 많은 무선LAN 및 고속 무선PAN시스템이 존재할 경우 수신되는 대부분의 패킷이 자신과 상관없는 패킷이지만 수신되는 모든 패킷을 디코딩하고 MAC 주소를 확인하기 전까지는 자신의 것인지 구별되지 않아 불필요한 전력소모가 많아질 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 주파수 오프셋을 물리계층ID로 사용하는 방법을 이용한다^[10]. 이 때 물리계층 ID의 수가 적으면 디바이스들을 효과적으로 구별하기 어렵고 물리계층ID의 수가 너무 많으면 ID를 검출하기 위한 전력소모가 크므로 적절한 수의 ID가 결정되어야 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이기종 협력통신 시스템에서 배터리의 제한이 있는 단말이 주변에 위치한 단말 또는 AP(Access Point)의 릴레이를 통해 데이터 송수신에 도움을 받는 시스템의 구조를 설명하고, 3장에서는 약속된 특정 주파수 오프셋을 물리계층 ID로 사용하여 패킷을 수신하는 방법을 설명한다. 4장에서는 주파수 오프셋을 추정하는 방법을 설명하고, 3장에서 제안하는 방법을 효율적으로 사용하기 위한 물리계층 ID 개수를 결정하는 방법에 대해 설명한다. 5장에서는 모의실험을 통해 제안하는 방법의 성능을 비교 분석하고, 6장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 그림1, 2의 시스템 모델과 같이 배터리의 제한이 있는 단말이, 이동통신이 아닌 무선 LAN 또는 고속 무선 PAN 등의 근거리 무선통신 시스템을 이용하여 전력이 풍부한 단말 또는 AP의 릴레이를 통해 데이터를 송수신하는 시나리오를 고려하고, 이 때 배터리의 제한이 있는 단말은 이동통신 기지국과의 거리에 비해 충분히 가까이 있는 무선LAN 또는 무선PAN을 이용하며, 이 둘 사이에는 우수한 채널상

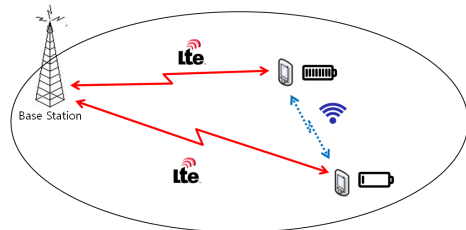


그림 1. 근거리 통신 시스템을 이용한 이동통신 단말의 전력 감소 (릴레이의 사용)
Fig. 1. Reducing the power consumption of mobile devices using short-range wireless communication systems (using the relay)

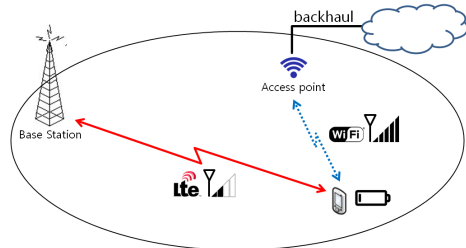


그림 2. 근거리 통신 시스템을 이용한 이동통신 단말의 전력 감소 (수직적 핸드오버)
Fig. 2. Reducing the power consumption of mobile device using short-range wireless communication systems (vertical handover)

태를 가정한다. 그림1은 전력소모에 제약을 받지 않는 단말이 배터리 제한이 있는 단말의 데이터를 근거리 무선통신 시스템을 이용하여 전송받고 이동통신을 이용하여 기지국에게 릴레이해주는 것을 보여준다. 그림 2는 배터리 제한이 있는 단말이 무선LAN AP 등의 근거리 무선통신 시스템으로 수직적 핸드오버를 수행함으로써 전송전력 소모를 줄이는 것을 보여준다.

배터리의 제한이 있는 단말은 멀리있는 기지국과 직접통신을 하지 않고 무선LAN 및 고속 무선PAN 시스템을 이용하여 상대적으로 가까이에 위치하고 전력의 제한이 없는 단말 또는 AP의 도움을 받아 전력소모를 줄일 수 있다. 하지만 이 경우 또다른 전력소모의 문제가 생긴다. 셀룰러 시스템에서는 물리계층에 셀ID가 있어서 자신과 상관없는 패킷은 수신하지 않지만 무선LAN 및 고속 무선PAN 시스템에서는 물리계층에 셀ID나 단말ID 등이 존재하지 않으며 주소 정보는 MAC 계층에 있으므로 패킷을 모두 수신하고 MAC 계층에서 주소를 확인하여야만 그 패킷이 자신과 상관이 없는 패킷인 것을 확인할 수 있다. 특히 주변에 매우 많은 무선LAN 및 고속 무선PAN 시스템이 존재할 경우 대부분의 수신되는 패킷이 자신과 상관없는 패킷이지만 수신되는 모든 패킷을 디코딩하고 주소를 확인하기 전까지는 자신의 것인지 구별되지 않아 불필요한 전력소모가 많아진다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 시간 자원을 이용한 물리계층 ID를 사용하는 방법이 연구되었고^[14], 본 논문에서는 주파수 오프셋을 이용한 물리계층 ID를 이용하는 방법을 제안한다.

III. 주파수 오프셋을 이용한 패킷 수신

그림 1, 2에서 배터리 제한으로 전력 소모를 줄여야 하는 단말을 노드(Node)라고 하고 그림 1의 릴레이 이동통신 단말과 그림 2의 WLAN AP(Access Point) 및 무선PAN을 파트너라고 하자. 파트너들은 기지국으로부터 오는 신호를 이용하여 정확한 반송파 주파수를 맞추고 패킷을 전송할 때 주파수 오프셋을 이용한 물리계층 ID를 넣음으로써 자신의 패킷을 다른 사용자의 패킷과 구별한다. 그림 3은 기지국의 도움을 받는 파트너들의 시스템을 보여준다. 모든 이동통신 단말은 기지국으로부터 오는 이동통신 시스템의 반송파 주파수를 이용하여 무선LAN의 반송파 주파수를 정확히 동기화시킬 수 있으며 이동통신 단말이 아닌 무선LAN시스템의 경우 간단화된 셀룰러 모델을 포함시킴으로써 근거리 통신 시스템에게 정확한 반송

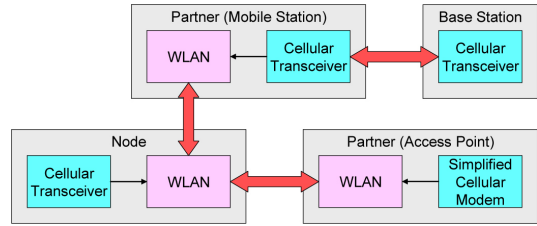


그림 3. 셀룰러 네트워크의 도움을 받는 근거리 무선통신 시스템
 Fig. 3. Short-range wireless communication systems with assistance of cellular networks

파 주파수를 제공할 수 있다. 간단화된 셀룰러 모델은 기지국으로부터 오는 반송파로부터 정확한 주파수를 추출하기 위한 최소한으로 구성된다.

각 노드들은 서로 다르게, 혹은 랜덤하게 주파수 오프셋을 결정하여 자신의 물리계층 ID로 사용한다. 패킷 수신 시 약속된 물리계층 ID의 패킷만 수신하며 다른 물리계층 ID의 패킷은 다른 무선LAN 디바이스에서 온 패킷으로 간주하여 더 이상 패킷을 수신하지 않는다. 물론 다른 무선LAN 디바이스에서도 우연히 동일한 물리계층 ID(주파수 오프셋)를 가지는 패킷을 전송할 수 있다. 그러나 그 확률은 충분히 작을 것이므로 이로 인한 전력소모 증가는 무시할 수 있다.

파트너와 노드가 약속한 주파수 오프셋을 f_{ID} 라고 하자. 노드의 수신기는 패킷이 검출되면 프리앰블을 이용하여 주파수 오프셋을 추정한다. 이 때 주파수 오프셋이 미리 약속된 주파수 오프셋 f_{ID} 를 기준으로 특정 범위에 들어간다면, 즉 f_R 을 임계값이라고 했을 때 $[f_{ID} - f_R, f_{ID} + f_R]$ 의 구간에 있으면 자신의 패킷일 수 있으므로 계속 수신하고 그렇지 않다면 수신을 중단한다.

노드 주변에 파트너를 포함 N개의 무선LAN 디바이스가 있고 동일한 수의 패킷을 전송한다고 가정해보자. 무선 LAN에서 허용하는 주파수 오프셋이 정확한 반송파 주파수 대비 최대 G라고 하면 $[-G, G]$ 의 2G만큼의 구간이 있으며 $2f_R$ 단위로 구간을 나눌 경우 $K(=2G/2f_R)$ 개의 물리계층 ID가 존재한다. 물리계층 ID는 수식(1)과 같이 정리 할 수 있다.

$$f_{ID}(k) = -G + (2k - 1)G / K \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (1)$$

주파수 오프셋이 약속된 주파수 오프셋 f_{ID} 대비

f_R 이상으로 추정될 경우 자신의 패킷 임에도 수신하지 못하는 미스확률이 발생한다. L 개의 OFDM 심볼을 이용하여 추정된 주파수 오프셋을 $\theta(L)$ 이라고 했을 때 미스확률 P_{miss} 는 수식(2)와 같이 정의한다.

$$P_{miss}(K, L) = \Pr \left\{ \left| \frac{\theta(L)}{2\pi T} \right| \geq \frac{G}{K} \right\} \quad (2)$$

수식(2)에서 T 는 심볼 간 간격이다. 무선LAN 디바이스의 물리계층 ID 는 랜덤하게 결정된다고 할 때, 다른 디바이스가 노드를 도와주는 파트너의 주파수 오프셋과 동일한 주파수 오프셋을 사용할 확률은 $1/K$ 이므로 디코딩을 모두 해보아야 하는 패킷의 수는 평균적으로 전체 패킷 대비 수식(3)과 같이 표현된다.

$$P_{dec}(K) = \frac{1}{N} + \frac{(N-1)}{N \cdot K} \quad (3)$$

수신되는 패킷의 물리계층 ID 를 추출하기 위해서는 주파수 오프셋 추정에 필요한 최소한의 심볼을 수신해야 한다. 한 패킷이 D 개의 심볼로 이루어져 있고 K 개의 물리계층 ID 를 사용하였으며 목표로 하는 미스확률 \tilde{P}_{miss} 를 만족하는 최소 심볼 개수 $L_{opt}(K)$ 를 수식(4)와 같이 정의하고 수신해야 하는 심볼의 총 개수는 수식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$L_{opt}(K) = \min_{L \in \{1, 2, \dots, D\}} L \quad \text{subject to } P_{miss}(K, L) < \tilde{P}_{miss} \quad (4)$$

$$S(K) = P_{dec}(K)D + \{1 - P_{dec}(K)\}L_{opt}(K) \quad (5)$$

물리계층 ID 의 개수가 너무 적으면 디바이스들이 선택한 물리계층 ID 들이 중복되는 경우가 많아지고 개수가 너무 많으면 물리계층 ID 의 주파수축 구간이 좁아져 주파수 오프셋을 추정하는데 필요한 심볼이 많아지므로 수신해야 하는 심볼의 총 개수가 증가한다. 본 논문에서는 수신해야 하는 심볼의 총 개수 $S(K)$ 를 최소화하는 물리계층 ID 개수 K_{opt} 를 찾는다^[12].

$$K_{opt} = \arg \min_{0 < K} S(K) \quad (6)$$

수식(4)에서 정의한 L_{opt} 를 이용하여 수식(5)에서 정의한 수신해야 하는 심볼의 총 개수 S 를 계산하고, 이를 최소화하는 수식(6)의 K_{opt} 를 찾아 사용하면 본 논문에서 제안하는 기법을 가장 효율적으로 사용할 수 있다.

IV. 주파수 오프셋 추정 방법

본 논문에서 제안하는 기법의 이해를 돕기 위해 사용 예를 들어 설명한다. 배터리 제한이 있는 노드가 전력소모를 줄이기 위해 기지국에 비해 상대적으로 가까이 있는 파트너를 이용하므로 SNR이 높은 환경의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템을 가정하여, 패킷에 포함된 프리앰블 또는 파일럿을 이용하여 주파수 오프셋을 추정하고 자신과 상관이 없는 패킷인지의 여부를 결정한다. 한 OFDM 심볼에 M 개의 파일럿이 있고, L 개의 OFDM 심볼을 이용하여 주파수 오프셋을 추정한다고 가정할 때 오프셋 추정을 위한 신호는 M 행 L 열로 이루어진 $x(M, L)$ 행렬로 표현할 수 있다. L 개의 OFDM 심볼을 이용하고 인위적인 주파수 오프셋 $f_{id}(k)$ 를 보정한 자기상관도 $R(L, \tau, k)$ 는 τ 개의 심볼간격으로 한 파일럿들의 복소수 전치 곱을 이용하여 구하며, 수식(7)과 같이 표현할 수 있다.

$$R(L, \tau, k) = \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^{L-\tau} x^*(m, l) x(m, l + \tau) e^{-j2\pi f_{id}(k)\tau} \quad (7)$$

주파수 오프셋은 수식(7)의 자기상관도를 이용하여 추정한다. τ 개의 심볼간격으로 오프셋을 추정하기 때문에 τ 만큼 나눠주며 한 심볼 당 주파수 오프셋은 수식(8)과 같이 표현된다.

$$\Theta(L, \tau) = \frac{\tan^{-1} \left(\frac{\text{Im} [R(L, \tau)]}{\text{Re} [R(L, \tau)]} \right)}{\tau} \quad (8)$$

수식(8)에서 Im 은 허수이며 Re 는 실수이다. SNR 이득을 얻기 위해 τ 는 1부터 $L-1$ 까지 사용하고, SNR 가중치를 적용한 위상을 추정한다. τ 배 만큼 위상이 커지게 되면 SNR 측면에서는 자승만큼의 이득이 생기며, 이러한 이득이 $L-1$ 개가 있으므로 정규화

된 SNR가중치는 수식(9)와 같이 표현된다.

$$\theta(L) = \frac{\sum_{\tau=1}^{L-1} (L-\tau)\tau^2 \Theta(L, \tau)}{\sum_{\tau=1}^{L-1} (L-\tau)\tau^2} \quad (9)$$

수식(9)에서 추정된 주파수 오프셋이 $[-f_R, f_R]$ 구간 밖에 있다면 자신과 상관없는 패킷으로 간주하고 수신을 멈추며 그렇지 않다면 계속 수신한다. 이 절에서 설명한 방법은 주파수 오프셋 추정을 위한 한 예이며 이와 같은 주파수 오프셋 추정 방법을 이용하여 본 논문에서 제안하는 기법을 사용할 수 있다.

V. 모의실험

실험에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 이용하였을 때 얻을 수 있는 이득을 확인하고 물리계층 ID의 수가 성능에 어떠한 영향을 미치는지 살펴본다. 노드는 특정한 주파수 오프셋에 의한 ID를 무작위로 결정하고 같은 ID를 선택한 파트너에게서 수신되는 패킷만을 디코딩한다. 그림 4에서는 노드 주변에 존재하는 무선 LAN 시스템이 발생시키는 전체 패킷에 대해 사용자가 수신 해야 하는 패킷의 비율을 실험하였다. 제안하는 기법을 사용하지 않았을 때의 비율이 1인 것을 감안한다면 노드 주변에 파트너가 없는 상황 이외에는 항상 디코딩 전력 소비를 줄일 수 있다.

노드 주변에 존재하는 파트너의 수가 많아질수록 노드 주변에서 발생하는 모든 패킷을 디코딩하지 않고 전체 패킷 중 일정 비율만 디코딩 함으로써 전력 소비를 줄일 수 있다. 사용하는 ID의 개수가 많을수록

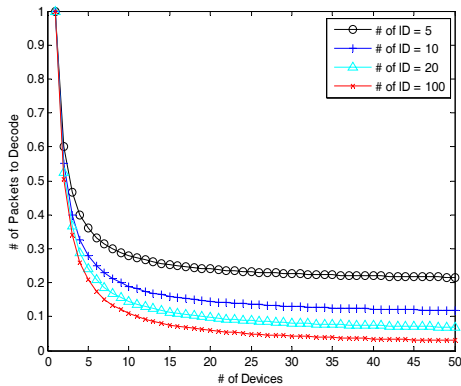


그림 4. 디코딩을 해야 하는 패킷의 비율
Fig. 4. Ratio of the packets that need to be decoded

디코딩 패킷 비율이 작아지는 것을 볼 수 있다.

사용할 수 있는 ID의 개수는 얼마나 정확하게 주파수 오프셋을 추정하는가에 따라 달라진다. 주파수 오프셋 추정을 위해 수신하는 심볼의 개수가 적을 경우 추정된 주파수 오프셋 값이 부정확하여 자신의 패킷을 놓치거나 자신과 상관없는 패킷을 수신할 확률이 높아지고, 심볼의 개수가 많을 경우 수신하는 동안의 전력소모가 커질 수 있다.

그림 5는 M 의 개수에 따른 주파수 오프셋의 분포도이다. 주파수 오프셋을 추정할 때 많은 OFDM 심볼을 사용할수록 분포도의 분산이 낮아지는 것을 볼 수 있다. 주파수 오프셋을 임계치 이상으로 추정할 경우 자신의 패킷이 아닌 것으로 결정하여 패킷을 받지 못하는 미스확률이 발생한다. ID의 개수는 8개로 가정하였으며 자세한 실험변수는 표 1과 같다.

그림 6과 7에서는 주파수 오프셋 추정을 위해 수신해야 하는 최소한의 심볼 개수에 따라 사용할 수 있는

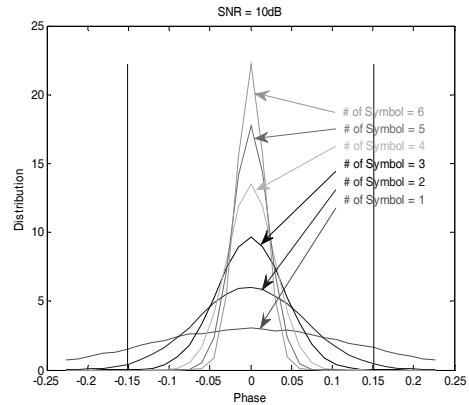


그림 5. 주파수 오프셋 분포도
Fig. 5. Frequency offset distribution

표1. 실험변수
Table 1. Simulation Parameters

Parameters	Values
SNR	10dB
M (#of Pilot per OFDM symbol)	6
L (# of Symbol for frequency offset estimation)	1, 2, ..., 6
T (Symbol interval)	4 μ sec
G (Maximum frequency offset)	40ppm
D (# of OFDM Symbols per packet)	25,50,100, 125
\tilde{P}_{miss} (Target miss probability)	0.001
Target PER	0.01

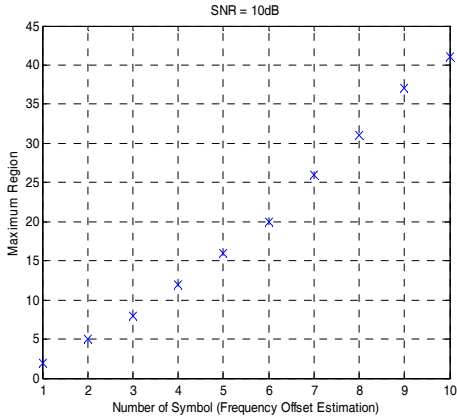


그림 6. 주파수 오프셋 추정에 사용한 OFDM 심볼 개수에 따른 최대 사용 가능한 ID 개수 (SNR=10dB)
 Fig. 6. The number of maximum usable IDs according to the number of OFDM symbols used for frequency offset estimation (SNR=10dB)

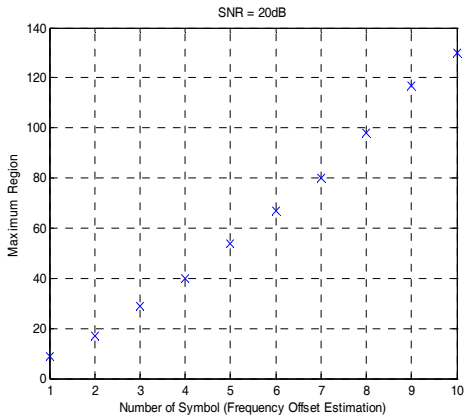


그림 7. 주파수 오프셋 추정에 사용한 OFDM 심볼 개수에 따른 최대 사용 가능한 ID개수 (SNR=20dB)
 Fig. 7. The number of maximum usable IDs according to the number of OFDM symbols used for frequency offset estimation (SNR=20dB)

최대 ID개수를 확인한다. 자세한 실험변수는 표 1과 같으며 미스확률을 0.001 이하로 유지할 수 있도록 주파수 간격이 정해지고 이에 따라 ID 개수가 결정되었다. 노드가 파트너를 이용하여 통신을 하는 경우는 이동통신망을 이용하는 것 보다 채널상태가 좋을 경우 이므로 수신 SNR(Signal-to-Noise Ratio)를 10dB (그림6) 및 20dB(그림7)로 가정하여 실험하였다.

주파수 오프셋 추정에 사용되는 심볼의 개수가 많아질수록 주파수 오프셋 추정이 정확해지므로 일정한 미스확률을 유지할 때 사용 가능한 최대 ID개수는 많아진다. 하지만 수신하는 패킷의 길이에 비해 주파수 오프셋 추정을 위해 사용하는 심볼이 많아질 경우 본

논문에서 제안하는 기법의 효과가 줄어들 수 있다. 그림8과 9에서는 주변에 50개의 무선LAN 디바이스가 있다고 가정하고 ID개수에 따른 한 패킷 당 수신해야 되는 OFDM 심볼의 평균 비율을 실험하였다.

그림8의 실험 결과를 보면 25개의 심볼로 이루어진 짧은 패킷이 주로 발생하는 경우 8개의 ID를 사용하는 것이 한 패킷 당 수신해야 하는 심볼의 수가 가장 작으며, 125개의 심볼로 이루어진 긴 패킷이 주로 발생하는 경우 31개의 ID를 사용하는 것이 가장 효율적이라는 것을 알 수 있다.

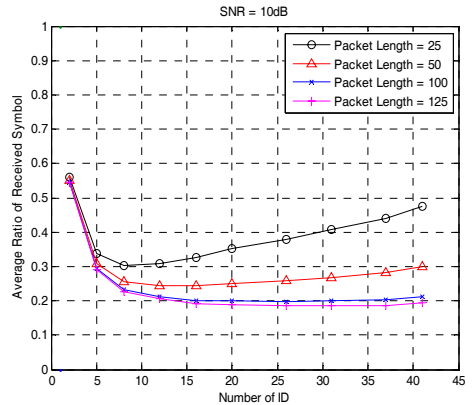


그림 8. ID개수에 따른 한 패킷 당 수신해야 되는 OFDM 심볼의 평균 비율 (SNR=10dB)
 Fig. 8. Average ratio of received OFDM symbols per packet according to the number of IDs (SNR=10dB)

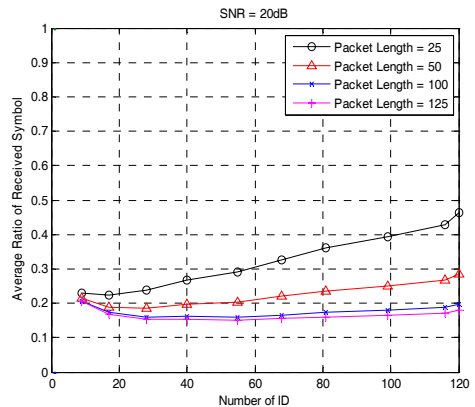


그림 9. ID개수에 따른 한 패킷 당 수신해야 되는 OFDM 심볼의 평균 비율 (SNR=20dB)
 Fig. 9. Average ratio of received OFDM symbols per packet according to the number of IDs (SNR=20dB)

VI. 결 론

본 논문에서는 근거리 무선통신을 이용하는 이동통

신 단말의 전력소모 문제를 해결하기 위해 물리계층에 특정한 ID를 넣음으로써 불필요한 패킷의 수신을 줄이는 방법을 제안하였다. 릴레이를 해주는 이동통신 단말 또는 무선 LAN AP는 셀룰러 네트워크의 도움을 받아 정확한 주파수를 맞추고 정확한 주파수 대비 특정 주파수 오프셋을 이용하여 ID를 생성한다. 노드들은 주변에서 발생하는 모든 패킷을 디코딩할 필요 없이 자신과 관련된 물리계층 ID를 가지는 패킷만 디코딩을 함으로써 불필요한 전력소모를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 또한 제안된 방법을 이용하였을 때 수신해야 하는 심볼의 총 개수를 최소화하는 최적의 물리계층 ID개수를 찾아 보았다. 모의 실험에 의하면 적은 수의 물리계층 ID만으로도 수신해야 하는 심볼의 수를 크게 줄일 수 있으며 물리계층 ID의 수가 적은 경우 패킷의 매우 작은 부분만으로도 주파수 오프셋 구분이 가능하다는 것을 볼 수 있었으며 따라서 제안하는 방법이 실제 시스템에서 효과적으로 사용될 수 있음을 확인할 수 있다.

References

- [1] R. Andrew, H. Horikoshi, and A. Terzoli, "2020: The ubiquitous heterogeneous network Beyond 4G," in *Proc. ITU Kaleidoscope*, pp. 12-14, Cape Town, South Africa, Dec. 2011.
- [2] K. David, S. Dixit, and N. Jefferies, "2020 vision the wireless world research forum looks to the future," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 5, no. 3, pp. 22-29, Sept. 2010.
- [3] K. Doppler, C. B. Riberio, and J. Knecht, "Advances in D2D communications: Energy efficient service and device discovery radio," *IEEE Int. Conf. Wirel. VITAE*, pp. 1-6, Chennai, India, Feb. 2011.
- [4] M. Baker, "From LTE-advanced to the future," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 50, no. 2, pp. 116-120, Feb. 2012.
- [5] A. Khandekar, N. Bhushan, J. Tingfang, and V. Vanghi, "LTE-Advanced: Heterogeneous networks," *Wirel. Commun. (EW) 2010 European*, pp. 978-982, Lucca, Italy, Apr. 2010.
- [6] A. Antonopoulos, J. Bas, M. Katz, H. Lundqvist, T. Moreira, and K. Ntontin, "Green-T: Enabling techniques for energy efficient mobile terminals," *IEEE 17th Int. Workshop on CAMAD*, pp. 206-210, Barcelona, Spain, Sept. 2012.
- [7] LG electronics, "Method of transmitting and receiving data in a multi radio access technology system and apparatus thereof," *US20130208701 A1*, Aug. 2013.
- [8] H. Holma and A. Toskala, *LTE for UMTS: Evolution to LTE-advanced*, second edition, NY: John Wiley & Sons, 2011.
- [9] J. F. Kurose and K. W. Ross, "Computer networking : A TOP-DOWN APPROACH," *PEARSON, Chapter6 Wireless and mobile Networks*, 2010.
- [10] S. Chae, G. Yeo, M. Rim and W. Jung, "Packet D packet discrimination method for low decoding power consumption in heterogeneous cooperative communication," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2013 (KICS ICC 2013)*, pp. 562-563, Yongpyong, Korea, Feb. 2013.
- [11] G. Yeo, S. Chae, M. Rim, and W. Jung, "Method for low power consumption to discover WLAN devices in heterogeneous cooperative communication," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2013 (KICS ICC 2013)*, pp. 525-526, Yongpyong, Korea, Feb. 2013.
- [12] S. Chae, G. Yeo, M. Rim, S. Chung, and C. Kim, "Determination of optimal number of physical layer IDs in heterogeneous cooperative communication systems," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2013 (KICS ICC 2013)*, pp. 141-142, Jeju Island, Korea, Jun. 2013.

채 승 엽 (Seungyeob Chae)



2011년 2월 : 동국대학교 정보통신공학과 학부 졸업
2013년 8월 : 동국대학교 일반대학원 정보통신공학과 석사 졸업
2013년 9월~현재 : 동국대학교 일반대학원 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> 무선통신, 이동통신

임 민 중 (Minjoong Rim)



1987년 : 서울대학교 전자공학과 학사
1993년 : University of Wisconsin-Madison, ECE 박사
1993년~2000년 : 삼성전자 선임연구원
2000년~현재 : 동국대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> 이동통신, 무선통신

여 규 학 (Gyuhak Yeo)



2012년 8월 : 동국대학교 정보통신공학과 졸업
2012년 9월~현재 : 동국대학교 정보통신공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신, 이동통신