

## IEEE 802.11 네트워크에서 전력량 소모 감소를 위한 이동 호스트의 가변적인 송신 출력 제어 방법

조성일 · 김동회  
강원대학교 IT대학 전자통신공학부

### The Adaptive Transmit Power Control Scheme of Mobile Host for Reduce Power Consumption in IEEE 802.11 Network

Sung-II Cho · Dong-Hoi Kim

Kangwon National University, IT College, Electronic Communication Engineering

#### [요 약]

IEEE 802.11 무선랜에서는 전력 절약을 위하여 Power Saving Mode(PSM)를 채택하고 있다. 본 논문에서는 기존의 PSM과는 다르게 경쟁기반인 DCF(Distributed Coordination Function)와 무경쟁기반인 PCF(Point Coordination Function) 수행 후에 이동 단말이 정보 전송을 할 때 이동 호스트의 전력 절약을 위한 새로운 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방식은 정보 전송의 권한을 가진 이동 호스트가 액세스 포인트(Access point)와의 거리를 추정하고 그 거리를 고려하면서 이동 호스트의 송신 출력을 능동적으로 제어한다. 모의실험을 통하여 우리는 제안한 방법이 거리와 상관없이 동일한 전송 전력을 사용하는 기존의 방법과 비교할 때 더 작은 전송 전력을 소모하면서도 비슷한 패킷 전송의 성공률을 가짐을 알 수 있다.

#### [Abstract]

IEEE 802.11 Wireless Local Area Network (WLAN) adopts Power Saving Mode(PSM) to save the power. Unlike existing PSM, this paper proposes a new scheme for the power saving of the Mobile Host(MH) when a MH performs the data transmission after the competition-based DCF(Distributed Coordination Function) and competition free-based PCF(Point Coordination Function). In this paper, The proposed scheme estimates the distance between the MH with the authority of data transmission and the Access Point(AP) and then adaptively controls the power of the MH considering the distance. Through the simulation result, we find that the proposed scheme consumes the smaller transmission power and has the similar success rate of packet transmission when it is compared to the existing scheme which uses the same power without the consideration of the distance.

**색인어** : IEEE 802.11, 무선 랜, 전력 절약, 이동 호스트, 송신 출력

**Key word** : IEEE 802.11, Mobile host, Power saving, Transmit power, Wireless lan

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.2.365>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 07 March 2017; Revised 19 April 2017

Accepted 25 April 2017

\*Corresponding Author; Dong-Hoi Kim

Tel: +82-33-250-6349

E-mail: [donghk@kangwon.ac.kr](mailto:donghk@kangwon.ac.kr)

## I. 서론

IEEE 802.11 Wireless Local Area Network (WLAN)은 미국 전기전자학회(IEEE)에서 개발한 규격으로 무선랜, 또는 와이파이(Wi-Fi)라고 부르는 가장 성공한 무선 근거리 네트워크에 사용되는 기술이다. IEEE 802.11 기술은 주로 전송 속도의 향상의 필요성에 의해 함께 발전해 왔다. IEEE 802.11b는 최대 속도가 11 Mbps였으나 IEEE 802.11g에서는 54 Mbps, IEEE 802.11n에서는 150Mbps까지 증가했으며, IEEE 802.11ac에서는 최대 867Mbps 까지 증가하면서 전송 성능 면에서 최대 한계 속도라고 할 수 있는 수준까지 도달하게 되었다[1][2].

이동 호스트라고 할 수 있는 스마트폰의 보급이 증가함에 따라 IEEE 802.11을 이용한 근거리무선통신의 사용률도 증가하고 있다. 이동 호스트를 이용한 근거리 통신은 주로 고정된 액세스 포인트(AP; Access point)에 연결하는 것이다. 고정된 액세스 포인트는 주로 상용전기를 이용해 안정적인 전력을 공급받지만, 이동 호스트는 한정된 배터리를 가지고 있어 오랜 시간 통신하는데 배터리 부족에 따른 제약이 있다. 이동 호스트의 근거리 통신망 연결 특성상 가까운 하나의 액세스 포인트와 연결하게 된다. 가까운 액세스 포인트와 연결함에도 불구하고 고정된 송신출력으로 신호가 닿을 필요가 없는 곳까지 송신하는데 배터리를 낭비하게 된다. 이 때 해당 액세스 포인트의 거리를 기준으로 일정 수준 이상의 송수신 성공률을 만족하는 최소 송신출력으로 통신을 한다면 근거리 통신에 쓰이는 배터리를 효과적으로 절약할 수 있을 것이다.

무선통신기술이 보편화되면서 제한된 배터리를 가진 무선 단말에서의 전력 소모를 최대한 효율적으로 사용하기 위한 연구도 많이 진행되었다. 그 중 대부분은 PSM(power save mechanism)에 관한 연구로, 이동 호스트를 sleep 모드로 전환하여 전력 소모를 줄이는 방법이다[3][4]. 하지만 본 논문에서는 PSM상태가 아닌 DCF(distributed coordination function)와 PCF(point coordination function) 방식을 이용해 전송권한을 획득한[5]-[7] 뒤, 이동 호스트가 AP와 실제 데이터를 전송할 때 사용할 수 있는 전력 절약 기법을 제안한다.

본 논문의 II장과 III장에서는 기존의 고정적인 이동 호스트 송신출력 방법과 제안하는 가변적인 단말기 송신출력 방법을 설명하였고 IV장에서 제안한 방식과 기존 방식과의 성능 분석을 위하여 수행한 시뮬레이션 환경을, V장에서는 수행된 실험 결과들에 대한 고찰을 보여 주고 있다. 마지막으로 VI장에서는 본 논문의 결과를 분석하고 결론을 제시한다.

## II. 기존의 고정적인 이동 호스트 송신출력 방법

무선 통신이 보편화되면서 제한된 배터리를 가진 이동 호스트에서의 전력 소모를 최대한 효율적으로 사용하기 위한 연구가 많이 진행되었다. 근거리 통신 연결의 표준인 IEEE 802.11에서 대표적인 전력 소모 절약 방법으로 대표적인 방법이 PSM

이다[4]. PSM 상태가 아닌 경우엔 다른 이동 호스트와 DCF 또는 PCF 방식을 이용해 충돌을 막으며 통신을 한다. DCF는 액세스 포인트로 전송할 데이터가 있는 이동 호스트들 사이 매체를 감지해 서로 전송할 순서를 정해 충돌을 회피하는 경쟁방식의 매체 액세스 제어(MAC; Media Access Control)이고[5] PCF는 액세스 포인트가 연결된 이동 호스트들을 관리하며 전송할 데이터가 있는 이동 호스트에게 전송권한을 부여하는 비경쟁방식의 매체 액세스 제어이다[6]. 이동 호스트들 사이의 통신 순서가 정해진 뒤 AP와 실제 데이터를 주고받기 시작한다. 이 때 기존 이동 호스트의 고정적인 단말기 송신출력 방법[8]은 이동 호스트가 AP와 데이터를 주고받을 때 연결된 AP와의 거리에 상관없이 미리 설정된 고정 출력만을 사용해 AP와 통신한다. 이는 작은 출력을 사용해도 될 가까운 거리에서도 고정된 큰 출력을 사용하여 불필요하게 많은 전력을 소모하게 된다. 본 논문에서는 상기의 문제점을 해결하기 위하여 이동 호스트가 액세스 포인트와의 거리에 따라 이동 호스트의 송신출력을 조절하여 이동 호스트의 적은 전력 소모로도 높은 패킷의 성공률 가지는 방법을 제안한다.

## III. 제안하는 가변적인 단말기 송신출력 방법

IEEE 802.11 WLAN에서는 많은 이동 호스트들이 데이터 전송할 경우에 매체의 동시 사용에 의한 충돌을 방지하기 위해 DCF와 PCF와 같은 매체 접근 제어를 사용한다. 본 논문에서는 DCF 또는 PCF를 이용해 데이터를 전송할 기회를 획득한 이동 호스트가 데이터를 전송시 사용하는 전력 절약 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방식을 자세히 설명하면 다음과 같다. 이동 호스트가 DCF 또는 PCF를 통해서 데이터 전송권을 획득한 후에 액세스 포인트 사이의 거리에 따라 송신출력을 가변적으로 조절해 일정 수준의 패킷 송수신 성공률을 만족하는 최소 출력을 사용하도록 한다. 액세스 포인트는 일정한 전력으로 패킷을 송신한 반면 이동 호스트는 수신하는 신호의 세기를 측정해 미리 정해진 문턱값에 따라 송신출력을 조절한다. 문턱값을 정하기 위한 수신세기는 송수신 전력관계를 표현하는 프리스 방정식인 식 (1)을 이용해 구할 수 있다.

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \quad (1)$$

여기서  $P_t$ 와  $P_r$ 는 각각 송신전력과 수신전력이고,  $G_t$ 와  $G_r$ 은 각각 송신 안테나 이득과 수신 안테나 이득,  $\lambda$ 는 파장,  $d$ 는 거리를 의미한다. 본 논문에서는 액세스 포인트가 최대 송신출력인 100 mW로 송신했을 때, 50 m의 송신권역을 가진다고 가정하고 수신 문턱값을  $4.10861e^{-9}$ 로 설정한 뒤 진행하였다. 본 논문에서는 이동 호스트와 액세스 포인트 사이의 거리에 따라 이동 호스트의 송신출력을 조절한다. 거리가 10, 30, 50 m일 때

성공적인 송신을 위해 송신출력을 각기 다르게 변경하여 송신한다. 이동 호스트는 액세스 포인트와의 거리가 각각 0 m부터 10 m 사이, 10 m부터 30 m 사이, 30 m 이상일 때 송신출력을 각각 6 mW, 41 mW, 100 mW로 조절한다. 송신출력은 NS-2의 문턱값 기능을 이용해 구할 수 있다[9]. 그림 1은 제안하는 방법으로 단말기의 송신출력을 조절했을 때의 순서도를 보여 주고 있다.

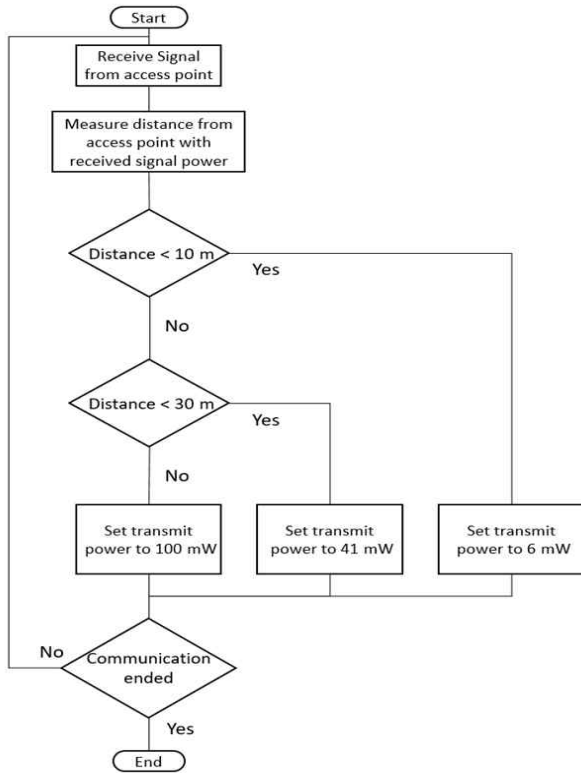


그림 1. 제안하는 방법에서 이동 호스트 송신출력 조절 순서도  
 Fig. 1. The flow-chat for transmission power adjust of mobile Host in proposed scheme

표 1. 사용된 시뮬레이션 파라미터들

Table 1. The used simulation parameters

simulation parameters	
Simulation Tool	NS-2
Propagation Model	Shadowing Model
MAC	802.11
Routing Protocol	DSDV
Interface Queue	Drop Tail/PriQueue
Maximum Packet Size	1,500byte
AP Transmit Power	0.1W
Buffer Size	2000 byte
Node	Fixed Access Point, Mobile host

표 2. 손실지수의 예시

Table 2. The example of path loss exponent

Environment		$\beta$
Outdoor	Free Space	2
	Shadowed urban area	2.7 to 5
In building	Line-of-sight	1.6 to 1.8
	Obstructed	4 to 6

표 3. 쉐도잉 편차의 예시

Table 3. The example of shadowing deviation

Environment	$\sigma_{dB}$
Outdoor	4 to 12
Office, hard partition	7
Office, soft partition	9.6
Factory, line-of-sight	3 to 6
Factory, obstructed	6.8

IV. 시뮬레이션 환경

표 1은 시뮬레이션을 위하여 사용한 파라미터 값들을 보여 주고 있다. 일반적인 근거리 통신을 사용하는 장애물이 많은 실내 환경에 가장 가깝게 시뮬레이션 환경을 구현하기 위해서 전 파모델로 쉐도잉 모델(Shadowing Model)을 사용한다. 본 논문에서는 손실지수(Path Loss Exponent)와 쉐도잉 편차(Shadowing Deviation)를 이용해 실내, 가시선상의 이동 호스트에 가깝게 시뮬레이션 환경을 만든다. 손실지수  $\beta$ 는 식 (2)에서 구할 수 있다.

$$\frac{P_r(d_0)}{P_r(d)} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^\beta \tag{2}$$

여기서  $P_r(d_0)$ 는 송신단말에서 어느 특정한 거리  $d_0$ 만큼 떨어진 곳에서 측정한 수신 세기이고,  $P_r(d)$ 는 손실지수를 구하기 위해 송신단말에서 거리  $d$ 만큼 떨어진 곳에서 측정한 수신 세기이다. 표 2. 는 환경에 따른 손실지수의 예시이다 [10]. 쉐도잉 편차는 특정 구간의 수신전력 결정하는 영평균 로그 정규 확률 변수이다. 표 3은 상황에 따른 쉐도잉 편차  $\sigma_{dB}$ 의 예시이다[10]. 본 논문에서는 실내의 가시선상 안의 이동 호스트를 가정하고 시뮬레이션을 수행하기 위해 손실지수의 값은 1.7으로 설정하고 쉐도잉 편차는 3으로 설정했다. 쉐도잉 모델은 다음 식 (3)으로 표현할 수 있다[10].

$$\left[ \frac{P_r(d)}{P_r(d_0)} \right]_{dB} = -10\beta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \sigma_{dB} \tag{3}$$

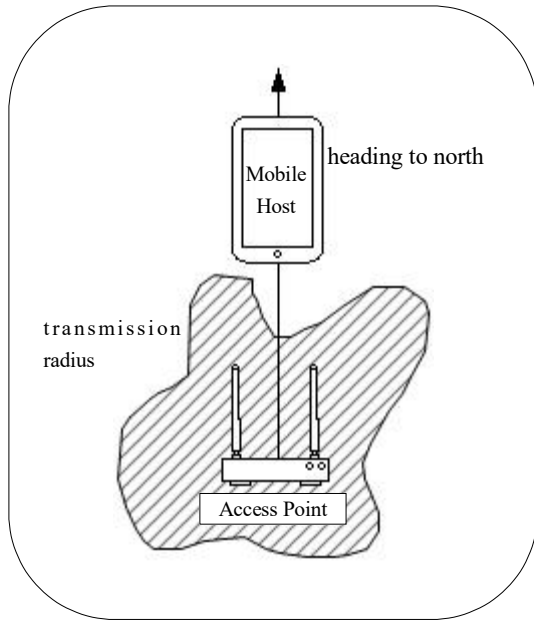


그림 2. 시뮬레이션 토폴로지  
Fig. 2. Simulation topology

그림 2는 본 논문에서 사용한 토폴로지를 보여 주고 있다. 사용한 토폴로지는 한 개의 액세스 포인트와 한 개의 이동 호스트로 이루어져 있다. 이동 호스트는 액세스 포인트와 TCP 방식으로 연결되어 있다. 모의실험에서 전력절약의 성능검증을 손쉽게 하기 위해 DCF와 PCF의 Repetition Interval, Beacon frame, PIFS(PCF Interframe Space), SIFS(Short Interframe Space) 등을 이용해 전송권한을 획득하는 과정은 고려하지 않았다. 이동 호스트가 300초 동안 액세스 포인트와 통신한다고 가정하고 모의실험을 진행하였다. 시뮬레이션 시간 10초부터 액세스 포인트와 이동 호스트가 서로에게 패킷을 전송하기 시작한다. 시뮬레이션 시간 20초에 이동 호스트가 북쪽을 향해 직선으로 1m/s의 속도로 이동하기 시작한다. 시뮬레이션 시간 290초에 액세스 포인트와 이동 호스트는 서로 패킷 전송을 끝낸 뒤 시뮬레이션 시간 300초에 시뮬레이션이 종료된다. 시뮬레이션 후 trace포맷의 파일에 액세스 포인트와 이동 호스트 사이의 패킷 송신, 패킷 수신, 패킷 전송실패 등의 결과가 기록된다. 이동 호스트에서 송신전력을 100 mW로 설정한 뒤 송신할 때, 이동 호스트에서 송신전력을 거리에 따라 바꾸며 송신할 때 두 가지 상황을 시뮬레이션한다. 본 논문의 시뮬레이션에서는 이동호스트가 북쪽을 향해 직선으로 300초까지 이동한다. 시뮬레이션 결과에선 150초 이후에는 액세스 포인트와 이동 호스트 사이에 성공적으로 수신된 패킷이 없었기 때문에 아래의 결과에서는 150초까지의 결과만 표현하였다.

V. 실험결과 고찰

아래의 그림들은 150초 동안 각각 송신전력이 각각 100 mW, 41 mW, 6 mW 일 때의 액세스 포인트에서 성공한 패킷의 개수, 송신전력을 거리에 따라 바꾸었을 때의 성공한 패킷의 개수를 시간에 따라 나타낸 결과들이다.

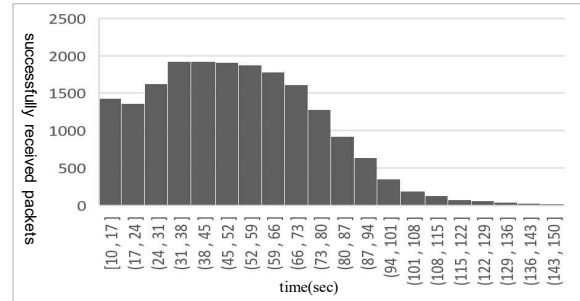


그림 3. 기존 방법에서 이동 호스트의 송신전력이 100 mW로 고정일 때 시간에 따른 성공한 수신패킷 수

Fig. 3. The number of successfully received packets according to time when the transmission power of mobile host is fixed as 100 mW in the existing scheme

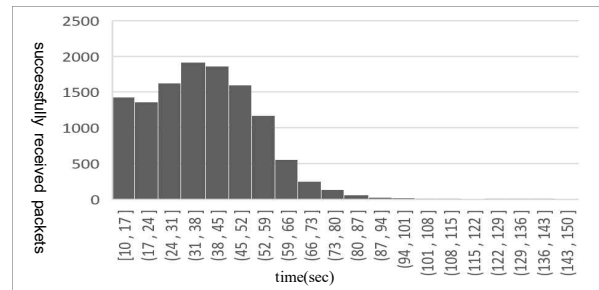


그림 4. 기존 방법에서 이동 호스트의 송신전력이 41 mW로 고정일 때 시간에 따른 성공한 수신패킷 수

Fig. 4. The number of successfully received packets according to time when the transmission power of mobile host is fixed as 41 mW in the existing scheme

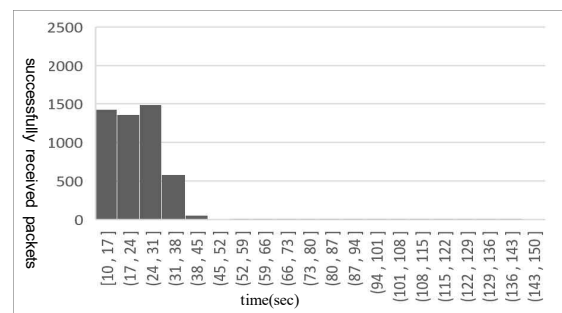


그림 5. 기존 방법에서 이동 호스트의 송신전력이 6 mW로 고정일 때 시간에 따른 성공한 수신패킷 수

Fig. 5. The number of successfully received packets according to time when the transmission power of mobile host is fixed as 6 mW in the existing scheme



그림 3, 4, 5는 기존 방법에서 이동 호스트의 송신전력이 100 mW, 41 mW, 6 mW로 고정하였을 때 시간에 따른 성공한 수신 패킷 수를 보여주고 있다. 이동 호스트의 송신전력이 100 mW일 때는 130초 동안 성공적으로 패킷이 수신되는 것을 보여주지만 이동 호스트의 송신전력이 41 mW일 때는 87초까지이고 6 mW일 때는 45초까지만 성공적으로 패킷이 수신되는 것을 보여준다. 결국 이동 호스트의 송신전력이 41 mW와 6 mW일 때는 성공적으로 패킷이 수신되는 양이 너무 작음을 알 수가 있다.

그림 6은 제안한 방법에서 시간에 따른 성공한 수신 패킷 수를 보여 주고 있다. 기존 방법에서 이동 호스트의 송신전력이 100 mW일 때와 비슷하게 130초까지 성공적으로 패킷이 수신되는 것을 보여주고 있다. 결과적으로 제안한 방법과 기존 방법에서 이동 호스트의 송신전력이 100 mW일 경우가 성공한 수신 패킷 수가 비슷함을 확인할 수가 있게 된다.

그림 7는 그림 3, 4, 5, 6에서 구한 결과를 수월하게 보기 위하여 기존 방법들과 제안한 방법에서 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수들을 비교한 그림이다. 4개 방법 모두 동일한 양의 패킷을 전송하고, 각각 6mW, 41 mW, 100 mW, 제안한 방법의 송신전력을 사용했을 때 성공적으로 수신한 패킷의 개수를 비교한 그래프이다. 6 mW, 41mW로 고정했을 때보다 100 mW, 제안한 방법을 사용했을 때가 수신한 패킷의 개수가 훨씬 많은 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 이동 호스트의 송신 전력이 100 mW, 41 mW, 6 mW로 고정하는 기존 방법들과 제안하는 방법을 사용하여 150 초 동안 소비한 전체 전력량의 차이를 보여주고 있다. 그림 8에 선 이동 호스트의 송신 전력이 작을수록 전체 소비 전력량 작아지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 그림 7과 함께 비교해보면 송신 전력이 작아짐에 따라 그에 비례하게 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수들 또한 작아진다는 것을 알 수 있다. 따라서 6 mW, 41 mW처럼 이동 호스트의 송신 전력이 작은 경우는 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수가 너무 적어서 실제로 사용하기엔 부적합하다. 그림 7에서 6 mW, 41 mW를 사용했을 때 보다 100 mW, 제안하는 방법을 사용했을 때 성공한 패킷의 양이 훨씬 많고, 100 mW일 때와 제안하는 방법은 별로 차이가 없다. 그림 8에서는 제안하는 방법은 100 mW일 때와 비교해 수신에 성공한 패킷의 수는 비슷하면서 사용한 전력은 25%가량 감소된 것을 확인할 수 있다. 본 논문에서는 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수가 크면서도 전체 소비 전력량이 작은 결과를 도출하기 위하여 새로운 방식을 제안하였고 그 성능 지표로 전체 소비 전력량을 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수로 나누는 값을 사용하였고 그 결과값의 차이를 그림 9에서 보여주고 있다. 그림 9에서는 그림 8에서 구한 전체 소비 전력량을 그림 7에서 구한 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수로 나누는 값의 차이를 보여 주고 있다. 기존 방식에서 이동 호스트의 송신전력이 100 mW로 고정일 때 결과 값은 대략 2.2이고 제안한 방식에서는 대략 1.65이다. 결과적으로 25%정도의 전력 소모가 감소함을 확인할 수 있다. 다른 말로 표현하면 150초 등

안 소비한 전력량을 단말이 전송하고 액세스 포인트가 성공적으로 수신한 성공패킷수로 나눈 결과이다. 기존의 100 mW로 송신했을 때와 비교해 75%정도의 전력만 사용했음을 확인할 수 있다.

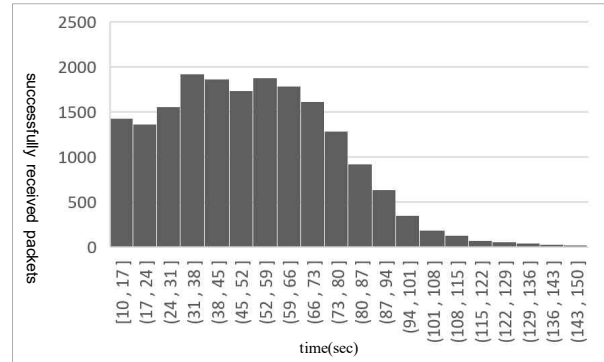


그림 6. 제안하는 방법에서 시간에 따른 성공한 수신 패킷 수  
 Fig. 6. The number of successfully received packets according to time in the proposed scheme

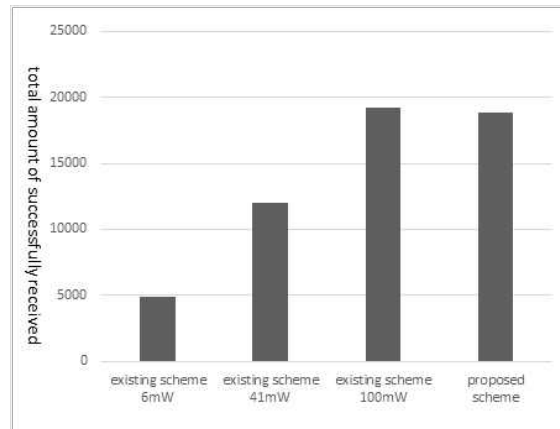


그림 7. 기존 방법들과 제안한 방법에서의 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수들의 비교  
 Fig. 7. The comparison of successfully received total accumulated packets in existing schemes and proposed scheme

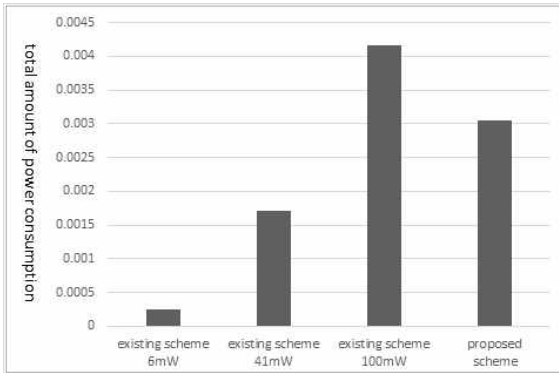


그림 8. 기존방법들과 제안하는 방법에서 전체 소비 전력량의 차이

Fig. 8. The comparison of total power consumption in existing schemes and proposed scheme

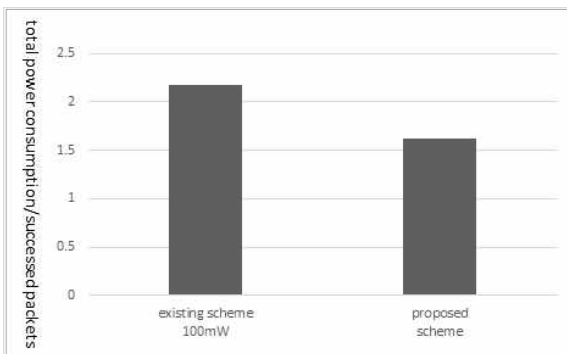


그림 9. 기존 방법과 제안한 방법에서의 전체 소비 전력량을 성공적으로 수신된 전체 누적 패킷 개수로 나눈 값의 차이

Fig. 9. The comparison of total power consumption divided by successfully received total accumulated packets in existing scheme and proposed scheme

## VI. 결 론

기존 방식에서는 이동 호스트의 송신출력을 일정하게 고정 함으로써 가까운 거리에서도 멀리까지 신호를 송신했다. 이러한 방법은 가까워서 천천히 이동하는 근거리 통신인 IEEE 802.11의 특성상 불필요하게 큰 전력량을 소비했다. 본 논문에서는 실내 가시선상의 상황을 가정하고 액세스 포인트와 통신 하는 이동 호스트 사이의 거리에 따라 송신출력을 조절하는 방법을 제안하였고 기존 방식과 제안한 방식을 비교하여 가변 적인 송신출력 조절이 전력량 소비를 25%정도 줄이지만 송수 신에 성공한 패킷의 수엔 큰 영향을 주지 않는다는 것을 확인하 였다. 제안한 방식은 향후에 중요한 이슈가 될 이동 호스트의 소모 전력 감소에 중요한 방식으로 사용될 수가 있다.

## 참고문헌

- [1] Sung-Cheul Hong, Seong-Soo Bae, Young-Hwan Oh. "A Study on The Performance Analysis of IEEE 802.11 Wireless LAN" The Institute of Electronics Engineers of Korea - Telecommunications, 37.2, 2000.2.
- [2] Bo-Kyung Jang. "Throughput Analysis of IEEE 802.11 Wireless Networks with Network Coding", Kyung-Hee University, 2011.2.
- [3] Xijian Chen, Yi Xie, Chengyan Wang. "Implementation and analysis of IEEE 802.11 PSM in NS-2", Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011.
- [4] Sung-Geun Jin. "Research Trend Analysis on Power-Saving Mechanism in 802.11 WLAN" The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, 31.5 (2014.4): 73-79.
- [5] Dong-Hun Kang. "IEEE 802.11 DCF Improvement to Reduce Jitter for Real-time Applications", Kyunh-Nam University, 2008.
- [6] Ho-Seok Lee, Byung-Suhl Suh. "Extended PCF(EPCF) Mechanism for Wireless LAN MAC." The Korean Institute of Electrical Engineers The Transactions of Korean Institute of Electrical Engineers, 31-34, 2002.11
- [7] Seog-Ku Lim. "A Study on New DCF Algorithm in IEEE 802.11 WLAN by Simulation." Journal of Digital Contents Society, 9.1, 61-67, 2008.03.
- [8] Jihoon Kim, Okhwan Lee, Sunghyun Choi. "Empirical Evaluation of Power Consumption for IEEE 802.11ac WLAN." Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, 186-187, 2015.1.
- [9] The ns Manual[Internet]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/node222.html>
- [10] The ns Manual[Internet]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/node220.html>

**조성일(Sung-Il Cho)**



2017년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학  
전자통신공학과 학사과정

※ 관심분야: S/W 알고리즘 설계 및 응용 프로그램 개발

**김동회(Dong-Hoi Kim)**



2005년 : 고려대학교 전파공학과 (공학박사)

1989년 1월 ~ 1997년 1월 : 삼성전자 전임연구원

2000년 8월 ~ 2005년 8월 : 한국전자통신연구원 선임연구원

2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부

전자통신학과 교수

※ 관심분야: 이동통신 및 무선 네트워크 등