

논문 2014-2-5

# 무선랜 시뮬레이션 모델의 핸드오버 성능개선

기장근\*

## Performance Improvement of Handover Delay in WLAN Simulation Model

Jang-Geun Ki\*

### 요 약

통신망 연구에 널리 쓰이고 있는 OPNET의 Mobile IPv6 기능을 시뮬레이션 해보면 핸드오버가 이루어질 때 상당히 긴 시간동안 전송에러가 발생함을 볼 수 있다. 이는 무선랜에서 비콘보다 길이가 긴 데이터 패킷은 계속 수신에러가 발생하는 구간에서도 상대적으로 짧은 비콘은 정상 수신되고, 비콘마저도 수신 에러가 발생할 정도로 이동단말이 AP로부터 멀어져야 비로서 무선랜의 scan절차가 수행되어 새로운 AP로의 접속이 이루어지기 때문이다. 본 논문에서는 이와 같은 문제해결을 위해 무선랜에서 비콘이 수신될 때 정상적으로 수신된 비콘에 대해서도 수신 전력의 크기를 측정하여 정해진 임계치 전력 이하로 연속해서 정해진 개수 이상 수신될 경우 새로운 scan 절차가 수행 되도록 하는 수정모델을 개발하여 핸드오버 성능을 개선하였다.

### Abstract

Mobile IPv6 function in the OPNET shows quite a long handover delay and lots of packet transmission errors. The reason is that relatively small-sized beacons can be successfully received in some border area where the longer data packets can not be transmitted because the longer in packet size, the higher in transmission error probability in wireless communication. New scan procedure will not start before a mobile node goes far away from the AP enough to occur the beacon reception error. In this paper, the modified WLAN simulation model is developed to improve the handover performance. In the developed WLAN model, new scan procedure starts when the number of beacons received successfully but with the power less than the designated threshold exceed the predefined threshold.

한글키워드 : 무선랜, 핸드오버, 성능향상

### 1. 서 론

통신망 연구에 널리 사용되고 있는 OPNET[1] 시뮬레이터의 무선랜 모델을 분석해 보면

AP(Access Point)로부터 비콘(beacon)이 연속해서 일정회수(기본적으로 4회) 이상 수신에러가 발생해야 다른 AP를 찾는 scan 프로세스[2]가 시작되도록 설계되어 있으며, scan 프로세스를 통해 새로운 AP에 접속하면 IP계층에 알려 필요한 mobile IP 프로토콜 동작이 이루어지도록 한다. 즉, AP 변경에 따른 IP주소 변경이 발생한

\* 공주대학교 전기전자제어공학부  
(email: kjg@kongju.ac.kr)  
접수일자: 2014.12.1 수정완료: 2014.12.26

경우에 Mobile IP의 핸드오버 절차에 따라 BU(Binding Update) 메시지를 HA(Home Agent)로 보내는 등록절차가 시작된다.[3-6]

그런데 무선랜에서 이동노드가 AP로부터 거리가 점점 더 멀어질 때 특정 거리 이상이 되면 AP로부터 이동노드로 보내지는 비콘은 수신되거나 데이터 패킷은 송수신이 안되는 현상이 발생한다. 이 원인은 비콘에 비해 일반적으로 데이터 패킷의 길이가 길기 때문에 무선랜에서 다른 조건이 같다면 길이가 상대적으로 긴 데이터 패킷의 전송 에러 확률이 더 크기 때문이다.

따라서 OPNET에서 Mobile IP 기능을 시뮬레이션 해보면 핸드오버가 이루어질 때 상당히 긴 시간동안 전송에러가 발생함을 볼 수 있다. 이는 무선랜에서 비콘보다 길이가 긴 데이터 패킷은 계속 수신에러가 발생하는 구간에서도 상대적으로 짧은 비콘은 정상 수신되고, 비콘마저도 수신에러가 발생할 정도로 이동단말이 AP로부터 멀어져야 비로서 무선랜의 scan절차가 수행되어 새로운 AP로의 접속이 이루어지기 때문이다.

따라서 Mobile IP에서 데이터 손실이 발생하는 핸드오버 구간을 줄이기 위해서는 무선랜의 scan 절차가 빨리 수행되게 할 수 있는 방안이 필요한데, 단순히 무선랜의 송신 파워나 수신 파워 임계치(threshold) 값을 바꾸어서는 데이터 손실 이전에 핸드오버가 일찍 일어나도록 할 수 없다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위해 무선랜에서 비콘이 수신될 때 정상적으로 수신된 비콘에 대해서도 수신전력의 크기를 측정하여 정해진 임계치 값 이하로 연속해서 정해진 개수 이상 수신될 경우 새로운 scan 절차가 수행되도록 수정된 시뮬레이션 모델을 개발하여 핸드오버 성능을 개선하였다. 개발된 모델은 시뮬레이션을 통해 기능 검증을 수행하고 기존모델과의 성능 비교를 수행하였다.

## 2. OPNET 무선랜 모델 특성 분석

무선랜에서 데이터 패킷 크기의 변화 및 AP와 이동노드간 거리 변화에 따른 패킷 전송율을 살펴보면 그림 1과 같다. 그림 1은 OPNET의 무선랜 모델에서 송신 파워 크기를 5 mW, 패킷 수신 파워 임계치(Threshold)를 -95 dBm 으로 설정하고 시뮬레이션한 결과이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 거리가 멀어질수록, 또한 패킷의 크기가 클수록 패킷 전송율이 떨어짐을 볼 수 있다.

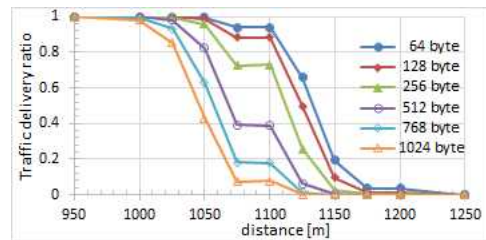


그림 1. 패킷 크기 및 AP-이동노드간 거리 변화에 따른 패킷 전송율 변화

그림 2에는 액세스 라우터 AR의 송신 파워의 크기를 변화시킬 때 최대 송신 거리를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 송신 파워의 크기가 클수록 전송가능 거리는 증가함을 알 수 있으나, 송신 파워 크기가 크다고 해서 데이터 손실이 발생하는 핸드오버 구간을 줄일 수 있는 것은 아니며, 이에 대한 시뮬레이션 결과는 3장에서 상세히 기술한다.

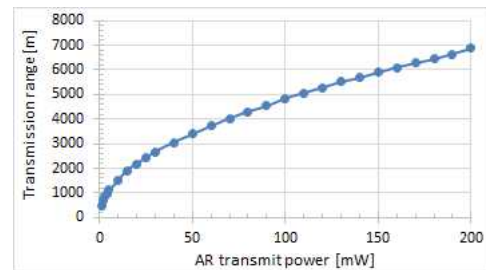


그림 2. 송신 파워 변화에 따른 전송거리 변화

### 3. 무선랜 수정 모델 및 성능 분석

그림 3에 OPNET의 기존 무선랜 시뮬레이션 코드를 수정한 모델의 슈도코드(Pseudo-code)를 나타내었다.

무선랜 MAC 계층 프로세스인 wlan\_mac 프로세스는 물리계층으로부터 패킷 수신 관련 stream 인터럽트를 받게 되면 wlan\_interrupts\_process() 함수 내에서 wlan\_physical\_layer\_data\_arrival() 함수를 실행하게 되는데, 이 함수 내에서 수신프레임이 비콘일 경우 수신에러 발생 여부에 따라 AP의 신뢰도(reliability)를 재계산하는 wlan\_ap\_reliability\_eval(...) 함수를 수행하게 된다. 본 논문에서는 이와 같은 절차외에도 추가적으로 비콘이 성공적으로 수신된 경우에 수신 파워 레벨을 정해진 임계치와 비교하여 임계치 이하일 경우 카운터 값을 증가시키고, 이 카운터 값이 정해진 임계치 이상이 되면 강제로 scan 절차를 수행하도록 하였다.

OPNET의 기존 무선랜 모델과 본 논문에서 수정된 무선랜 모델의 성능을 비교하기 위하여 그림 4에는 기존 OPNET 무선랜 모델을 그대로 적용하여 시뮬레이션한 결과를 나타내었고, 그림 5에는 본 논문에서 수정한 무선랜 모델을 이용한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 각 그림의 좌측에는 시뮬레이션 전체시간에 대한 결과를 나타내었고, 그림 우측에는 결과 그래프를 상세히 살펴볼 수 있도록 하나의 예로 시뮬레이션 시간 495~525초 사이의 결과를 확대하여 나타내었다. 그림 4와 5의 결과들은 상대노드 CN에서 이동노드 MN01으로 향하는 1024 바이트 크기의 UDP 패킷을 초당 10개씩 발생시켜 얻은 결과이다.

그림 4와 5를 비교해 살펴보면 먼저 이동노드가 수신한 트래픽을 나타낸 그림 4(a)에서 기존 OPNET 무선랜 모델은 약 15~20초 정도의 핸드오버 기간동안 수신 트래픽 에러가 발생함을 보

```
// parameter initialization for fast MAC handover
MAC_fast_handover_flag = OPC_TRUE;
POWER_THRESHOLD = 4.35E-13;
less_power_beacon_count = 0;
COUNT_THRESHOLD = 4;

wlan_physical_layer_data_arrival()
{
    if (rcvd_frame_type == Beacon)
    { if (rcvd_frame_status == Corrupted)
      { // Beacon Error
        wlan_ap_reliability_eval(OPC_FALSE);
      }
      else
      { // Beacon received successfully
        wlan_ap_reliability_eval(OPC_TRUE);

        // check the rx power level of the beacon
        if (frame_rx_power < POWER_THRESHOLD)
        { less_power_beacon_count ++;
          if (MAC_fast_handover_flag)
          { if (less_power_beacon_count >
            COUNT_THRESHOLD)
              { scan_mode = OPC_TRUE; // start scan early
                less_power_beacon_count = 0;
              }
            }
          else
          { less_power_beacon_count = 0;
            }
          }
        }
    }
}

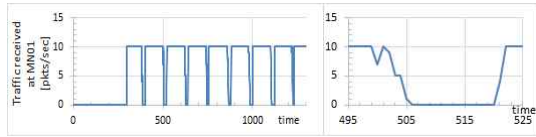
wlan_ap_reliability_eval(int accepted)
{
    if (accepted)
        ap_reliability = AP_RELIABLE;
    else
        ap_reliability = AP_RELIABILITY_COEFF*ap_reliability;

    if (ap_reliability < AP_SCAN_START_THRESHOLD)
        scan_mode = OPC_TRUE; // start new scan
}
}
```

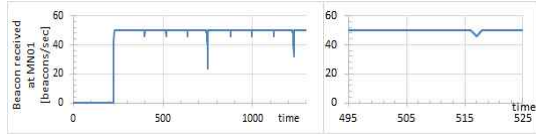
그림 3. 무선랜 수정모델 슈도코드

여주고 있는 반면 수정된 무선랜 모델에서는 약 5초 정도로 에러 발생시간이 줄어들음을 볼 수 있다.

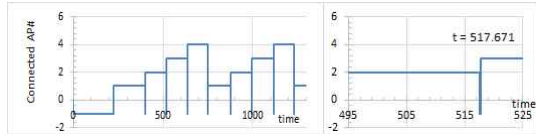
그림 4(b)는 이동노드 MN01이 수신한 비콘 개수를 보여주고 있는데, 기존 무선랜 모델의 경우 비콘 4개가 수신되지 않는 시점에 이동노드의 핸드오버가 발생함을 알 수 있다. 반면 수정모델에서는 비콘이 정상적으로 수신되더라도 수신과 위가 일정 임계치 이하가 되면 핸드오버가 발생하도록 수정되었기 때문에 비콘 손실이 나타나지 않음에도 핸드오버가 발생함을 볼 수 있다. 또한 그림 4(c)는 이동노드가 접속한 AP 번호를 나타내는데, 기존 무선랜 모델의 경우 비콘 손실이 4



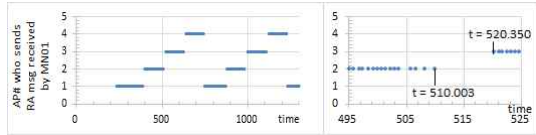
(a) MN01이 수신한 트래픽



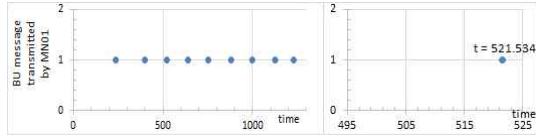
(b) MN01이 수신한 비콘



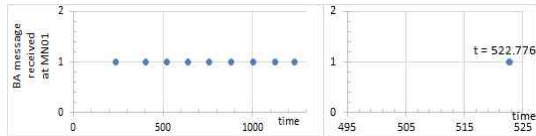
(c) MN01이 접속한 AP#



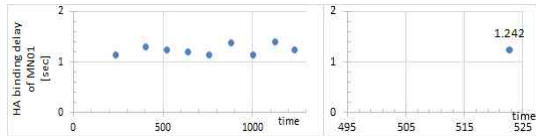
(d) MN01이 수신한 RA 메시지를 송신한 AP#



(e) MN01이 송신한 BU 메시지

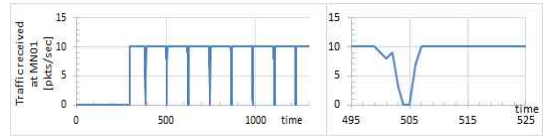


(f) MN01이 수신한 BA 메시지

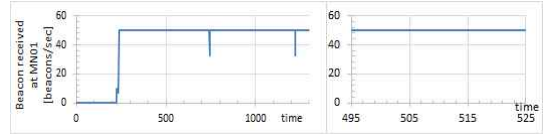


(g) 핸드오버 등록지연시간

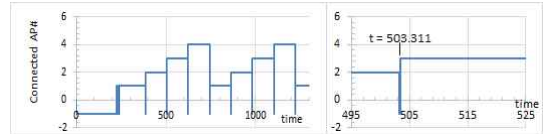
그림 4. 무선랜 기존모델 실험 결과



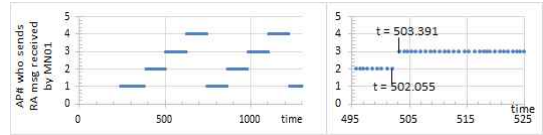
(a) MN01이 수신한 트래픽



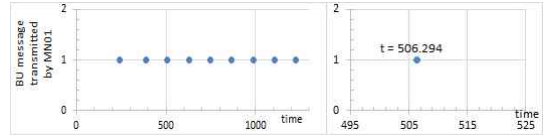
(b) MN01이 수신한 비콘



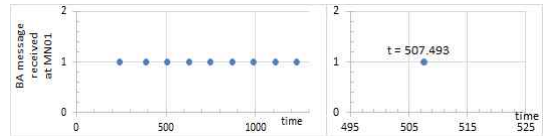
(c) MN01이 접속한 AP#



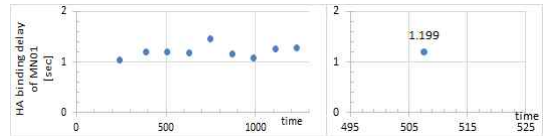
(d) MN01이 수신한 RA 메시지를 송신한 AP#



(e) MN01이 송신한 BU 메시지



(f) MN01이 수신한 BA 메시지



(g) 핸드오버 등록지연시간

그림 5. 무선랜 수정모델 실험 결과

개 발생하면 무선랜의 scan 절차가 수행되어 다른 AP를 찾아 접속하게 된다. 그러나 그림 4(a)에서 볼 수 있듯이 비콘 손실이 발생하기 전에

이미 한참동안 데이터 패킷의 손실이 발생함을 알 수 있다. 수정된 무선랜 모델에서는 비콘 손실이 발생하기 전에 일정 임계치 이하로 수신 파

위가 떨어지면 바로 핸드오버를 수행하기 때문에 데이터 패킷의 손실 구간이 훨씬 줄어들음을 볼 수 있다.

이동노드의 MIPv6 프로토콜 동작을 살펴보면 RA 메시지를 임계치 회수(OPNET MIPv6 모델의 경우 Mobility Detection Factor 속성에 지정해준 값에 의해 결정되며, 디폴트값은 3임) 이상 수신하지 못할 경우 새로운 라우터를 찾아 디폴트 라우터로 설정하는 절차가 수행된 후, BU 메시지를 HA에게 송신하여 MIPv6 등록절차를 수행한다. 그림 4(d)에 나타난 기존 무선랜 모델의 시뮬레이션 결과를 보면 접속되는 AP의 변경 전후 약 10초정도간 RA 메시지 수신이 안되고 있는 반면, 수정 모델의 경우 거의 손실이 없음을 볼 수 있다.

BU 메시지 송신 시점을 살펴보면 기존 무선랜 모델의 경우 새로운 AP# 3으로부터 RA 메시지를  $t=520.350$ 초에 수신하고 약 1초 후인  $t=521.534$ 초에 BU 메시지를 송신하는 반면, 수정 모델의 경우  $t=503.391$ 초에 수신하고 약 3초 후인  $t=506.294$ 초에 BU 메시지를 송신함을 볼 수 있다. 이와 같이 수정된 모델이 기존 모델에 비해 BU 메시지 송신이 늦는 이유는, MIPv6 프로토콜에서는 기존 라우터로부터의 RA 메시지가 연속해서 임계치 회수(디폴트=3) 이상 수신이 안되는 경우 새로운 라우터를 찾아 핸드오버 절차를 시작하도록 되어 있기 때문이다. 그림 4(d)에서 기존 모델의 시뮬레이션 결과를 보면 AP# 2로부터의 마지막 RA 메시지가  $t=510.003$ 초에 수신되고 이후 약 3초 정도의 시간이 지나면 새로운 라우터를 찾게 되는데, 새 라우터인 AP# 3으로부터의 RA 메시지가  $t=520.350$ 초에 수신되므로 이 메시지를 수신하고 약 1초 후인  $t=521.534$ 초에 BU 메시지를 송신하고 있다. 반면에 수정 모델의 경우 AP# 2로부터의 마지막 메시지가  $t=502.055$ 초에 수신되었고 이후 약 3초 후에 새

로운 라우터를 찾게 되는데 이미 새 라우터인 AP# 3로부터 RA 메시지가 수신되고 있으므로  $t=506.294$ 초에 BU 메시지를 송신함을 볼 수 있다. 결론적으로 기존 모델의 경우 새 라우터로부터 RA 메시지를 처음 수신하면 바로 BU 메시지를 송신하게 되고, 수정 모델의 경우 기존 라우터로부터의 마지막 RA 메시지 수신 후 약 3초 이후에 BU 메시지를 송신하게 된다. 전체적인 핸드오버에 걸리는 시간은 이전 라우터로부터의 마지막 RA 메시지를 수신한 후 새로운 라우터를 찾아 이에 대한 정보를 HA에게 BU 메시지를 보내 등록하는데 걸리는 시간임으로, 기존모델에 비해 수정모델의 핸드오버 시간이 훨씬 작게 된다. 그림 6에 기존모델과 수정모델의 핸드오버 성능을 비교하기 위해 트래픽 전달율을 나타내었으며, 수정모델이 기존모델에 비해 8.7% 정도 높음을 알 수 있다.

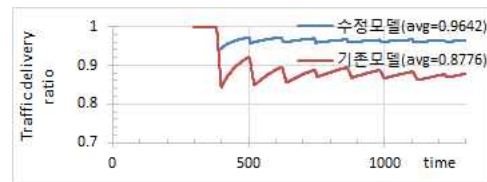


그림 6. 핸드오버에 따른 트래픽 전송율 비교

그림7에는 송신 파워 변화에 따른 트래픽 전송율을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 기존 모델의 경우 송신 파워의 크기가 커질수록 오히려 트래픽 전송율이 떨어짐을 볼 수 있다.

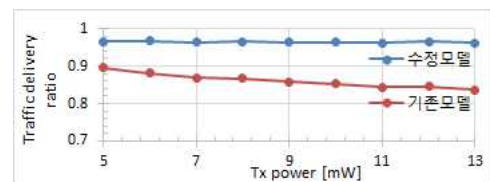


그림 7. 송신 파워 변화에 따른 전송율 변화

#### 4. 결론

무선랜에서 이동노드가 새로운 AP에 접속하는 절차를 살펴보면 AP로부터 비콘(beacon)이 연속해서 일정회수(기본적으로 4회) 이상 수신에러가 발생해야 다른 AP를 찾는 scan 프로세스가 시작되도록 규정되어 있다. 새로 접속한 AP의 IP 주소가 기존 AP의 IP 주소와 달라지면 IP 계층에 있는 mobile IP 프로토콜이 핸드오버 절차에 따라 BU메시지를 HA로 보내는 등록절차가 시작된다.

그런데 무선랜에서 이동노드가 AP(Access Point)로부터 거리가 점점 더 멀어질 때 특정 거리 이상이 되면 AP로부터 이동노드로 보내지는 비콘(beacon)은 수신되나 상대적으로 길이가 긴 데이터 패킷은 송수신이 안되는 현상이 발생한다. 따라서 OPNET에서 Mobile IP 기능을 시뮬레이션 해보면 핸드오버가 이루어질 때 상당히 긴 시간동안 전송에러가 발생함을 볼 수 있다. 이는 무선랜에서 비콘보다 길이가 긴 데이터 패킷은 계속 수신에러가 발생하는 구간에서도 상대적으로 짧은 비콘은 정상 수신되고, 비콘마저도 수신 에러가 발생할 정도로 이동단말이 AP로부터 멀어져야 비로서 무선랜의 scan절차가 수행되어 새로운 AP로의 접속이 이루어지기 때문이다.

이와 같이 Mobile IP에서 데이터 손실이 발생하는 핸드오버 구간을 줄이기 위해 단순히 무선랜의 송신 파워나 수신 파워 임계치 값을 바꾸어서는 데이터 손실 이전에 핸드오버가 일찍 일어나도록 할 수가 없다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 무선랜에서 비콘이 수신될 때 정상적으로 수신된 비콘에 대해서도 수신 전력의 크기를 측정하여 정해진 임계치(threshold) 값 이하로 연속해서 정해진 개수 이상 수신될 경우 새로운 scan 절차가 수행되도록 수정하여 핸드오버 성능을 개

선하였다. 수정된 무선랜 모델은 시뮬레이션을 통해 기능 검증을 수행하고 기존모델과의 성능 비교를 통해 유용성을 확인하였다.

#### 참고 문헌

- [1] Riverbed(OPNET) Molder, <http://www.riverbed.com/products/performance-management-control/opnet.html>, 2014.
- [2] IEEE 802.11 wireless LANs standards, <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>, 2014.
- [3] C. Perkins, D. Johnson, and J. Arkko, Mobility Support in IPv6, IETF RFC6275, July 2011.
- [4] C. Perkins, IP Mobility Support for IPv4, Revised, IETF RFC5944, Nov., 2010.
- [5] Z. Zhu, R. Wakikawa, L. Zhang, A Survey of Mobility Support in the Internet, IETF RFC6301, July 2011.
- [6] Ibrahim Al-Surmi et al., "Mobility management for IP-based next generation mobile networks: Review, challenge and perspective", Journal of Network and Computer Applications, Vol.35, Issue 1, pp.295-315. Jan., 2012.

#### 저 자 소 개



기장근 (奇長根)

1986.2 고려대학교 전자공학과졸업  
 1988.2 고려대학교 전자공학과 석사  
 1992.2 고려대학교 전자공학과 박사  
 2002.6-2003.6 Univ. of Arizona 방문교수  
 2010.6-2011.8 Univ. of Arizona 방문교수  
 1992.3-현재 : 공주대학교 공과대학 전기  
 전자제어공학부 교수  
 <주관심분야>통신프로토콜, 이동통신시스템