

# 무선랜에서 주기적인 채널탐색이 TCP 처리율에 미치는 영향

황재룡\*, 최재혁<sup>o</sup>

## Impact of Periodic Channel Scanning on the TCP Throughput in a WLAN

Jaeryong Hwang\*, Jaehyuk Choi<sup>o</sup>

### 요약

본 논문은 모바일 환경의 무선랜 사용자가 주기적인 채널 탐색을 통해 새로운 AP를 찾고자 할 경우 TCP 처리율 측면에서 발생할 수 있는 문제점을 살펴보고 그 원인에 대하여 분석한다. 실험을 통하여 채널 탐색 주기에 따른 TCP 처리율을 측정하였으며, 짧은 주기에 큰 성능저하가 발생하였다. 이것은 모바일 노드의 채널 전환에도 불구하고 AP로부터 전송에 의해 패킷 손실이 발생하기 때문이다.

**Key Words** : Wireless LAN, periodic scanning, TCP throughput

### ABSTRACT

In this paper, we address the TCP-over-WLAN performance problem that occurs during periodic active background scanning with which mobile devices discover available APs in the vicinity. We measure the impact of the scanning period on the TCP throughput and observe a significant performance degradation when the scan operation period is shortened. Our experimental analysis has identified the main cause of the problem, that is, the associated AP continues to send packets to the mobile device even when the device is not able to receive due to the scanning operation.

## I. 서론

무선랜 서비스와 모바일 단말기가 널리 대중화되면서 모바일 환경의 무선랜 사용자들이 증가하고 있다. 그러나 무선랜의 제한된 전송거리에 의해 잦은 핸드오프가 발생함에 따라 모바일 단말기는 이동 중에 주변에 위치한 최적의 AP를 찾는 것은 중요한 문제이다<sup>[1]</sup>. 현재 AP와의 연결을 유지하면서 주기적으로 무선 채널을 탐색하는 것은 빠른 핸드오프를 가능하게 한다<sup>[2,3]</sup>. 그러나 주기적인 채널 탐색이 현재 연결되어 있는 AP로부터의 서비스, 특히 TCP 계층에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 그 중요성에도 불구하고 간과되어 왔다.

본 논문에서는 실험을 통해 무선랜에서 주기적인 채널 탐색을 할 경우 TCP를 사용하는 응용 서비스의 성능에 미치는 영향을 살펴보고 그 원인을 분석한다.

## II. 무선랜에서 주기적 채널 탐색

모바일 노드의 주기적 채널 탐색을 위하여 리눅스 무선랜 커널 드라이브의 백그라운드 스캔(Background Scanning)을 활용하였다<sup>[3]</sup>. AP와 모바일 노드의 동작은 그림 1과 같다. 백그라운드 스캔은 현재 연결되어 있는 AP와의 관계를 유지하면서 다른 채널 탐색을 위하여 IEEE 802.11 표준에서 정의된 절전모드(Power Save Mode)를 사용한다. 즉, 모바일 노드는 채널 탐색시 AP가 자신에게 패킷을 전송하는 것을 방지하고자 AP에게 PSQ (Power Saving reQuest) 메시지를 보내서 절전모드로 들어간 것으로 상태 변경을 유도한다. 하지만, 모바일 노드는 실제로 라디오를 끄는 대신 현재 동작중인 채널로부터 다른 채널로 전환하여 능동 또는 수동탐색으로 AP를 찾는다. AP는 모바일 노드로부터 PSQ 메시지를 받으면 모바일 노드를 위한 패킷은 버퍼에 저장 한다. 전환된 채널에서 AP 탐색을 종료한 후에 모바일 노드는 다시 원래의 채널로 돌아오고, AP로부터 비콘 프레임 수신을 통해 자신에게 전달될 패킷이 있으면 절전모드를 해제하는 프레임을 AP에게 전달한다. 절전모드 해제 프레임을 받은 AP는 버퍼에 저장되어 있는 패킷을 모바일 노드에게 전송한다.

※ 본 연구는 해군사관학교 해양연구소 국고연구과제(학술-03)와 한국연구재단 이공분야기초연구사업(NRF-2014R1A1A2053456)의 지원 및 관리로 수행되었습니다.

• First Author : Republic of Korea Naval Academy Department of Computer Science, jhwang@navy.ac.kr, 학생회원

o Corresponding Author : Gachon University Department of Software, jchoi@gachon.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2015-12-409, Received December 24, 2015; Revised January 11, 2016; Accepted January 11, 2016

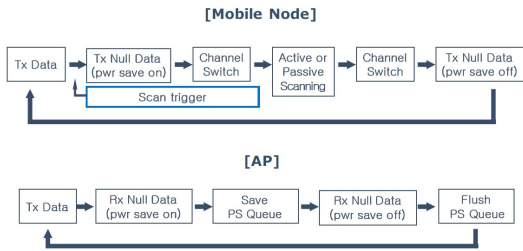


그림 1. 주기적 채널 탐색에서 노드의 동작  
Fig. 1. The process of nodes in periodic channel scan

### III. 실험을 통한 성능 분석

#### 3.1 실험환경 구축

주기적 채널 탐색이 현재 연결되어 있는 AP로부터 서비스에 어떤 영향을 주는지 확인하기 위하여 모바일 노드가 외부의 서버들로부터 TCP 데이터를 수신하는 시나리오를 고려하였다. TCP 트래픽 생성을 위하여 iPerf 및 FTP를 사용하였으며, 물리적으로 이격되어 있는 외부 인터넷에서 모바일 노드로 TCP 패킷을 전송한다. AP와 모바일 노드는 리눅스 기반의 운영체제에 Cisco Aironet 802.11a/b/g 무선 랜카드를 장착하여 각각 AP와 일반 노드 모드로 동작하도록 하였다. AP는 모바일 노드 인근에 위치하고 있으며, AP의 사용채널은 실험을 수행하고 결과를 분석하기 위하여 다른 AP들과 중복되지 않고 채널 간섭을 받지 않도록 지정하였다. 모바일 노드는 AP와 연결되어 데이터를 수신하면서 백그라운드 스캔을 이용하여 주기적으로 하나의 채널을 선정하여 해당 채널에서 능동 채널 탐색을 실시하고 일정시간(10ms)후에 원래의 채널로 돌아오는 동작을 반복한다. 이와 더불어 무선 패킷 수집기(Sniffer)를 설치하여 무선링크에서 패킷을 수집 및 분석하고 모바일 노드의 채널 전환에 따른 동작을 확인하였다.

#### 3.2 실험 결과 및 분석

먼저 채널 탐색 주기 변동에 따른 모바일 노드와 서버 사이의 TCP 처리율을 측정하여 주기적 채널 탐색 적용에 따라 서비스에 미치는 영향을 살펴보았다. 12Mbps의 무선링크에서 서로 위치가 다른 두 개의 서버로부터 각각 약 50초 동안 처리율을 측정하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 주기적 채널 탐색을 적용하지 않을 경우(no scan) 평균 8.32(1.94) Mbps의 성능을 보여주지만, 주기적 채널 탐색을 적용할 경우 기존 채널을 벗어나 다른 채널에서 일정시간 동안 머무르기 때문에 처리율이 낮아진다. 또한 채널 탐색주기가

표 1. 12Mbps의 다운링크에서 탐색주기에 따른 TCP 처리율  
Table 1. TCP throughput versus scan interval in the downlink 12Mbps

Scan Interval	TCP throughput(Mbps)			
	100ms	200ms	300ms	no scan
Server 1	6.98 (83.8%)	7.68 (92.3%)	7.86 (94.5%)	8.32
Server 2	1.02 (52%)	1.45 (74%)	1.50 (77%)	1.94

짧아지면서 다른 채널에서 머무르는 시간이 길어지기 때문에 처리율이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 서버 1과 2의 위치가 달라 네트워크 토폴로지 변화에 따른 처리율 또한 달라지는 것을 확인할 수 있지만, 공통적으로 채널 탐색 주기가 100ms로 짧아지면서 처리율 감소 비율이 커지는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 현상은 H. Wu<sup>[2]</sup>에서 보여주었던 결과와 유사한 패턴을 보여주고 있다.

실험을 통해서 살펴본 결과와 같이 100ms에서 TCP의 처리율이 급격히 낮아지는 현상에 대하여 세부적으로 살펴볼 필요가 있다. 그림 2는 100ms의 탐색 주기에서 시간에 따른 TCP 데이터 및 ACK의 순서번호(Sequence Number)를 보여준다. 그림에서 보는바와 같이 주기적인 채널 탐색으로 인해 일정 시간 간격을 두고 TCP 데이터의 재전송이나 타임아웃(Timeout)이 발생한 것을 알 수 있다. 그림 3은 100ms의 주기적 채널 탐색에서 발신자의 TCP 혼잡 윈도우(Congestion Window)의 변화를 보여주고 있다. 중복된 Ack의 수신과 타임아웃 발생으로 혼잡윈도우 값이 지속적으로 증가하지 못하고 짧은 주기로 톱니모양을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라

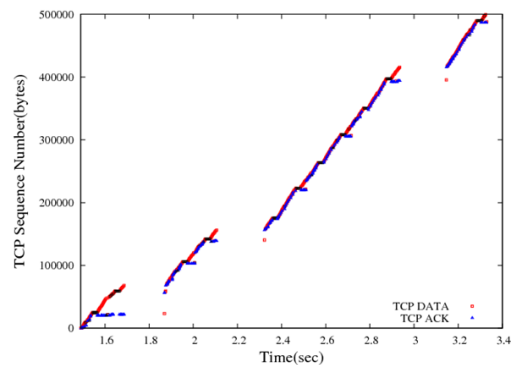


그림 2. 100ms의 탐색주기에 TCP 데이터 및 ACK의 순서번호  
Fig. 2. Sequence number of TCP Data and ACK of the scan interval of 100ms

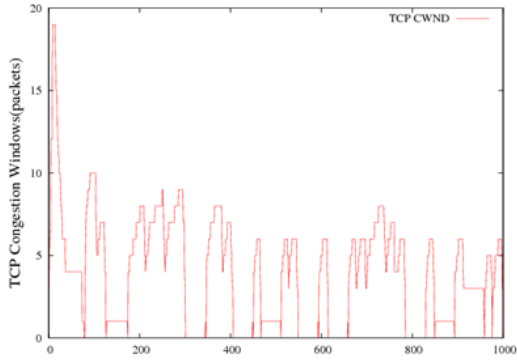


그림 3. 100ms 탐색주기에서 TCP 혼잡 윈도우  
Fig. 3. TCP Congestion Window of the scan interval of 100ms

이동 중인 무선랜 사용자들이 빠른 핸드오프를 위해 주기적 채널 탐색을 적용할 경우 심각한 성능 저하를 경험하게 됨을 알 수 있다.

짧은 주기에서 TCP의 성능이 크게 저하되는 이유는 채널 탐색에 의한 서비스의 단절 뿐 만 아니라 모바일 노드의 채널 전환에 의한 무선 링크에서 패킷의 손실이 빈번하게 발생하기 때문이다. 패킷 손실의 원인을 분석하기 위하여 스니퍼를 통해 수집된 패킷을 살펴보았다. 그림 4는 수집된 패킷 중 채널 전환에 따른 패킷 손실의 예를 보여준다. 앞서 살펴보았듯이 무선랜에서 주기적 채널 탐색 동작에서 모바일 노드는 채널 탐색 주기가 도래함에 따라 PSQ 메시지를 AP에게 보내고 채널을 전환한 다음 일정 시간이 지난 후 원래의 채널로 돌아온다. 모바일 노드가 다른 채널로 전환을 한 경우 AP는 모바일 노드로부터 PSQ 프레임을 받아 더 이상 모바일 노드로 패킷을 전송하지 않아야 하지만 그림 4에서 제시하는 바와 같이, AP 패킷 전송의 구현상으로 HAL (H/W abstraction layer)로 내려 보낸 패킷과 PSQ 수신 시점간의 차이에서 불가피하게 이미 전송중이거나 전송을 준비 중인 패킷에

No.	Source	Destination	Protocol	Info
2420	Aironet_b5:29:38	Aironet_b5:29:ad	IEEE 802.11	Null function (No data)
2421		Aironet_b5:29:38	IEEE 802.11	Acknowledgement
2422	**215.53	**15.136	TCP	Seq=775081
2423	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2424	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2425	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2426	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2427	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2428	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2429	**215.53	**15.136	TCP	[TCP Retransmission] Seq=775081
2430	Aironet_b5:29:38	Aironet_b5:29:ad	IEEE 802.11	Null function (No data)
2431		Aironet_b5:29:38	IEEE 802.11	Acknowledgement

그림 4. 주기적 채널 탐색에서 패킷 손실의 예  
Fig. 4. An example of the packet losses

대한 전송으로 패킷 손실과 타임아웃이 발생하는 것이다. 비록 채널 탐색 주기 동안 작은 수의 패킷 손실이 발생하지만 UDP와 달리 TCP는 네트워크 혼잡 제어 메커니즘에 따라 패킷 전송량이 민감하게 반응함에 따라 사용자 입장에서 성능 저하가 크게 느껴지게 된다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 무선랜 사용자들이 빠른 핸드오프를 위하여 주기적 채널 탐색을 사용할 경우 TCP 기반의 응용 서비스에 미치는 영향을 살펴보고 실험을 통하여 실제 구현 및 시스템 관점에서의 성능 저하 원인을 살펴보았다. 향후 TCP를 사용하는 다양한 응용서비스에서의 성능을 살펴보고 깊이 있는 분석을 통해 모바일 노드가 주기적인 채널 탐색을 적용하더라도 AP로부터의 패킷 손실에 의한 성능 저하가 발생하지 않는 방안을 연구하고자 한다.

#### References

- [1] H. Choi, C. Lee, S. Lee, and J. Kim, "Design and implementation of a multi-interface mobile gateway for seamless handoff sciences," *J. Commun. Networks (JCN)*, vol. 37, no. 6, pp. 474-482, Jun. 2012.
- [2] H. Wu, K. Tan, Y. Zhang, and Q. Zhang, "Proactive scan: Fast handoff with smart triggers for 802.11 wireless LAN," in *Proc. IEEE INFOCOM 2007*, pp. 749-757, Anchorage, Alaska, May 2007.
- [3] S. Lee, M. Kim, S. Kang, K. Lee, and I. Jung, "Smart scanning for mobile devices in WLANs," in *Proc. IEEE ICC 2012*, pp. 4960-4964, Ottawa, Canada, Jun. 2012.