논문 2015-2-4

무선랜 핸드오버 트리거에 의한 TCP 트래픽 성능 분석

기장근*

Performance Analysis of TCP Traffic by WLAN Handover Trigger

Jang-Geun Ki*

요 약

무선랜 스캐닝 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 최적화에 관한 기존 연구에서는 이동노드의 핸드오버시 발생하는 패킷 손실을 최소화하기 위해 무선랜 AP가 송신하는 비콘을 이동노드가 수신할 때마다 정상적으로 수신된 비콘들에 대해서도 수신전력 크기를 측정하여 정해진 임계치 전력 이하이면서 직전 비콘의 수신전력보다도 작아진 경우 카운터를 증가시키고 이 카운터 값이 정해진 값을 넘으면 새로운 스캔 절차가 수행 되도록 동작하는 수정모델을 개발한 바 있다. 본 연구에서는 이 수정모델을 다양한 멀티 TCP 트래픽 환경에 적용하여 성능향상 정도를 분석하고 수정모델의 유용성을 검증하였다.

Abstract

In the preceding research of optimization of the beacon Rx power threshold for scanning trigger in WLAN, the newly developed WLAN simulation model to minimize the packet loss has a new scanning procedure to search other access points a little bit earlier than usual by using the counter of the received beacons that have Rx power less than the predefined threshold. In this paper, performance analysis under various multi TCP traffic environment has been done and the usefulness of the developed WLAN simulation model has been verified.

한글키워드 : 무선랜 핸드오버 트리거, TCP 트래픽 성능분석

keywords : wireless LAN, handover trigger, TCP traffic, performance evaluation

1. 서 론

무료로 사용할 수 있는 장점으로 인해 최근 많은 사용자를 가지고 있는 무선랜[1] 액세스 망에서는 이동노드가 현재 접속중인 AP(Access Point)가 송신하는 비콘 프레임을 정해진 회수 이상 수신하지 못할 경우에 새로운 AP를 찾는 스캔절차가 시작되도록 규정되어 있다. 예를 들어 이동노드가 한 AP를 통해 상대노드와 통신하고 있다가 이동하면서 현재 접속중인 AP로부터 점점 멀어질 경우 어느 경계선 이상 수신 범위를

* 공주대학교 전기전자제어공학부
(email: kjg@kongju.ac.kr)
접수일자: 2015.11.26. 심사완료: 2015.12.12.
게재확정: 2015.12.22.

벗어나면 패킷 손실이 발생하기 시작한다. 그런데 일반적으로 무선랜에서 데이터 패킷의 길이는 비콘 프레임에 비해 길이가 길며, 따라서 무선통신의 특성상 길이가 긴 데이터 패킷의 손실확률이 짧은 길이의 패킷보다 크기 때문에 이동노드가 AP로부터 떨어진 거리가 어느 정도 이상이 되면 비콘은 정상 수신되나 데이터패킷은 수신이 안되는 경우가 발생한다. 따라서 새로운 스캔절차가 비콘의 수신 실패에 의해 트리거 되는 기존의 스캔 방식은 필연적으로 많은 데이터 패킷의 손실을 야기한다.

본 연구의 선행연구로 수행된 무선랜 스캐닝 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 최적화 연구[2]에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 비콘 프레임이 정상적으로 수신되는 경우에도 수신전력 레벨이 정해진 임계치보다 작고 동시에 이전 비콘 수신전력보다 작아진 경우에 카운터 값을 증가시키고, 이 카운터 값이 정해진 값 이상이 되면 새로운 AP를 찾는 스캔 절차를 수행하도록하는 무선랜 수정 모델을 개발하였다. 그런데 이 연구에서는 비콘 수신전력 임계치 설정의 타당성을 검증하기 위해 주로 UDP 트래픽 환경에서의 성능분석만을 수행하였다. 따라서 본 연구에서는 선행연구 결과의 확장을 위해 다양한 멀티 TCP 트래픽 환경에 적용하여 성능향상 정도를 분석하고 수정모델의 유용성을 검증하였다. 성능분석 시뮬레이션에 적용된 응용 서비스 트래픽들은 웹 브라우징(HTTP), 이메일, 텔넷 원격접속, FTP 파일전송, 데이터베이스 액세스, 네트워크 파일인쇄 등을 포함한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 1장 서론에 이어 2장에서는 선행연구에서 기술한 수정된 무선랜 스캔모델에 대해 분석하고, 3장에서 TCP 프로토콜을 사용하는 다양한 응용 계층의 트래픽에 대한 성능 분석 결과를 제시하고, 4장에서 결론을 기술하였다.

2. 무선랜 수정모델

그림 1에 선행연구에서 적용된 무선랜 스캔절차 트리거 방안에 대한 흐름도를 나타내었다.

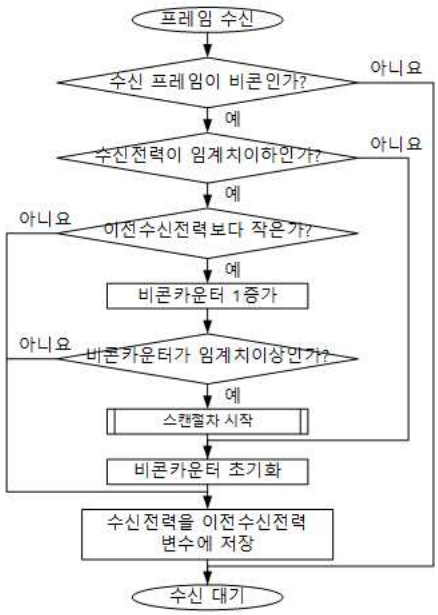

그림 1. 무선랜 스캔절차 트리거 메커니즘
Fig. 1. Trigger mechanism of WLAN

전통적인 기존 무선랜 프로토콜에서는 AP들 사이를 이동해 다니는 이동노느가 현재 접속중인 AP로부터 일정 개수 이상의 비콘 수신이 실패할 때 새로운 인접 AP를 찾는 스캔절차가 시작되도록 되어 있다. 그런데 일반적으로 비콘은 데이터 패킷 보다 길이가 짧으며 따라서 비콘 손실이 발생하기 이전에 이미 데이터 패킷의 손실이 발생하고 따라서 새로운 스캔절차가 시작되기 오래전부터 데이터 패킷의 손실이 발생할 가능성이 매우 크다. 따라서 본 연구의 선행연구에서는 비콘 프레임이 에러없이 수신되더라도 수신전력을 측정하여 특정 임계치 이하이면서 동시에 이전에

수신된 비콘의 수신전력보다 작은 경우 카운터 값을 증가시키고 이 카운터의 값이 특정값 이상이 되면 새로운 스캔절차를 수행하도록 무선랜 모델을 수정하였다.

무선랜에서 새로운 AP를 찾는 스캔절차를 트리거 시키는 비콘 수신전력 임계치를 결정하기 위해 먼저 무선랜 환경에서 데이터 패킷을 5mW 송신전력으로 전송할 수 있는 최대거리를 알아보기 위한 시뮬레이션을 수행 하였으며, 그림 2에 AP와 이동노드 사이의 거리에 따른 데이터 패킷들의 전송확률을 나타내었다.

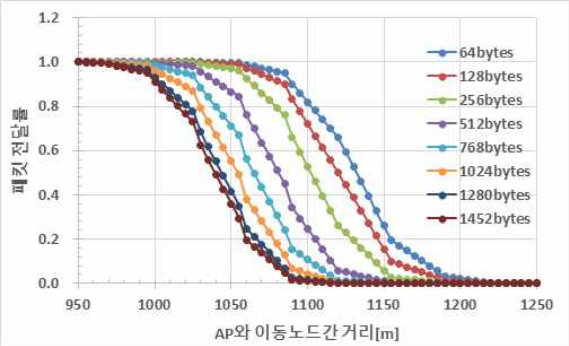

그림 2. AP와 이동노드간 거리에 따른 패킷 전달율
Fig. 2. Packet transfer rate by distance

그림에서 다양한 패킷 길이를 갖는 대부분의 패킷들은 대략 최대 1000m 정도까지 전송될 수 있음을 알 수 있으며 따라서 AP로부터 1000m 떨어진 지점의 수신전력 P_r을 프리스(Friis) 공식에 대입하여 dBm 단위로 계산해 보면 아래와 같다. 아래 식에서 P_t는 송신 전력[W], G_t와 G_r은 각각 송신, 수신 안테나 이득, λ는 파장[m], d는 송수신간 전파거리[m], C는 광속[m/s], f는 주파수[Hz]를 의미한다.

$$P_r = 10\log\left[\frac{P_t G_t G_r (\frac{\lambda}{4\pi d})^2}{1m\,W}\right]$$

위식에 $\lambda = C/f$를 대입하면

$$P_r = 10\log\left[\frac{P_t G_t G_r (\frac{C/f}{4\pi d})^2}{1m\,W}\right]$$

$$= 10\log\left[\frac{0.005\times 1\times 1\times (\frac{3\times 10^8/2.412\times 10^9}{4\times\pi\times 1000})^2}{0.001}\right]$$

$$= -93.1\,[dBm]$$

따라서 비콘 수신전력의 임계치를 약 -93 dBm 정도로 설정하게 되면 데이터 패킷의 손실이 시작되는 시점과 비슷한 시점에 비콘 카운터의 값도 증가하기 시작할 것이고 따라서 -95 dBm 이하일 때 비콘 손실이 발생하는 기존 모델보다 상대적으로 빨리 스캔절차가 이루어져 패킷 손실율을 줄일 수 있게 된다.

3. 멀티 TCP 트래픽 성능 분석

본 장에서는 데이터링크로 사용된 무선랜의 수정된 시뮬레이션 모델에서 무선랜 스캔절차 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 -93 dBm 선정의 타당성을 검증하고, 개발된 무선랜 수정 모델의 성능분석을 수행하기 위해 다양한 멀티 TCP 트래픽 환경에서 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델의 대표적인 예는 그림 3과 같다.

그림 3의 네트워크 모델에서 이동노드(MN)들은 자신이 속한 사각형 내의 영역을 자유롭게 이동해 다니면서 다양한 TCP 응용 프로토콜에 따른 멀티 트래픽을 발생시키고, 가장 가까이 있는 액세스 라우터 AR을 통해 server 노드들과 통신한다. HA 노드는 MIPv6 프로토콜[3]에서 사용되는 홈 에이전트 기능을 수행한다.

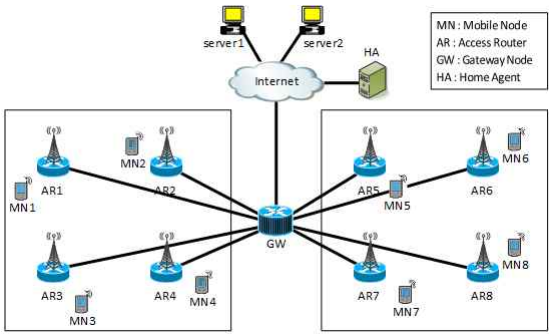

그림 3. 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델
Fig. 3. Network model for test

TCP 프로토콜을 사용하는 다양한 응용 계층의 트래픽에 대한 성능 분석을 위해 그림 3의 네트워크 모델에서 8개의 각 이동노드들은 HTTP 프로토콜을 사용하는 웹 브라우징, 이메일 송수신, 텔넷을 이용한 서버원격접속, FTP 프로토콜을 이용한 파일 전송, 데이터베이스 액세스, 네트워크를 통한 파일 인쇄 등의 6가지 응용에 따른 트래픽을 다양하게 발생시키도록 모델링 되었으며, 각 응용의 트래픽 속성값은 표 1과 같이 설정하였다. 8개의 각 이동노드에서 발생한 멀티미디어 트래픽들은 인터넷 노드를 거쳐 server1 또는 server2의 서버노드로 보내지거나 서버노드로부터 이동노드로 응답 트래픽이 전송되는데, 각 이동노드(MN1~MN8)가 통신하는 상대 서버노드(server1, server2)는 각각의 응용에 따라 임의로 선택된다.

이와 같은 다양한 TCP 응용계층 트래픽 환경하에서의 MIPv6 프로토콜을 적용한 시뮬레이션 결과를 표 2에 나타내었다. 일반적으로 TCP 응용계층의 각 트랜잭션 응답시간은 핸드오버가 일어나지 않으면 거의 비슷한 응답시간을 가지나 핸드오버 기간에 트랜잭션이 일어나면 상대적으로 매우 큰 지연시간을 가지며, 이 지연시간 값이 전체 평균에 큰 영향을 미치고, 결과적으로

표 1. 응용 프로토콜별 트래픽 속성값
Table 1. Traffic values to protocols

응용	파라미터(단위)			값
웹 브라우징 (HTTP)	HTTP 규격			HTTP 1.1
	페이지 요구 시간간격 (seconds)			exponential (60)
	페이지 (Page) 속성	페이지 자체 크기 (bytes)		constant (1000)
		페이지내 개체	개체 크기 (bytes)	uniform_int (500, 2000)
			페이지당 개체 수	constant(5)
	Server Selection	동일서버에서 두 페이지이상을 연속으로 액세스할 확률		0.6
		두 페이지 이상 연속으로 액세스할 경우 서버당 다운받는 연속적인 페이지 수		exponential (10)
이메일	송신 시간간격 (seconds)			exponential (360)
	한번에 송신되는 메일 수			constant(3)
	수신 시간간격 (seconds)			exponential (360)
	한번에 수신되는 메일 수			constant(3)
	이메일 크기 (bytes)			constant (2000)
텔넷 원격접속	명령어 시간간격 (seconds)			normal (30,5)
	접속단말이 호스트로 송신하는 명령어 크기 (bytes)			normal (60,144)
	호스트 응답 트래픽 크기 (bytes per command)			normal (25,25)
FTP 파일전송	업로드 다운로드 비율(Get/Total)			50%
	FTP 요구 시간간격(seconds)			exponential (360)
	파일 크기 (bytes)			constant (50000)
데이터 베이스 액세스	질의와 엔트리 트랜잭션 비율 (Queries/Total Transactions)			50%
	트랜잭션 시간간격 (seconds)			exponential (12)
	트랜잭션 크기 (bytes)			constant (32768)
네트워크 파일인쇄	인쇄 요구 시간간격 (seconds)			exponential (360)
	파일 크기 (bytes)			normal(30000, 9000000)

평균값에 비해 분산값이 매우 크게 된다. 이러한

표 2. WLAN 스캔절차 트리거 방식에 따른 TCP 응용계층 응답시간 비교(MIPv6 적용시)
Table 2. Response comparison by trigger methods

fast_trigger_scanning			normal_trigger_scanning		
DB_Entry	전체결과	중앙값3배이내	DB_Entry	전체결과	중앙값3배이내
count	5040	4817	count	5046	4240
avg	0.701355443	0.267480623	avg	5.274745507	0.270701022
stdev	2.297715842	0.041108596	stdev	20.18545023	0.04927904
median	0.264636133	0.263658592	median	0.302186531	0.264073947
ratio		0.955753968	ratio		0.84026952
DB_Query	전체결과	중앙값3배이내	DB_Query	전체결과	중앙값3배이내
count	5028	4825	count	4948	4112
avg	0.594225437	0.32118984	avg	4.974404076	0.310414469
stdev	1.624523687	0.134399034	stdev	18.20598452	0.032396035
median	0.311026135	0.310818077	median	0.31195729	0.310928095
ratio		0.959626094	ratio		0.831042846
Email.Download	전체결과	중앙값3배이내	Email.Download	전체결과	중앙값3배이내
count	391	384	count	404	369
avg	0.239973572	0.178314471	avg	2.569577255	0.179127589
stdev	0.457026142	0.003670672	stdev	10.3942945	0.0065593
median	0.176690831	0.176670132	median	0.176791599	0.176674434
ratio		0.982097187	ratio		0.913366337
Email.Upload	전체결과	중앙값3배이내	Email.Upload	전체결과	중앙값3배이내
count	404	397	count	435	392
avg	0.250061584	0.17813643	avg	3.410550626	0.178580187
stdev	0.602331191	0.004370698	stdev	11.69565438	0.005269251
median	0.176144602	0.176108727	median	0.176244714	0.176111416
ratio		0.982673267	ratio		0.901149425
Ftp.Download	전체결과	중앙값3배이내	Ftp.Download	전체결과	중앙값3배이내
count	196	188	count	211	188
avg	0.69081491	0.506306866	avg	2.953012988	0.507525337
stdev	0.978320014	0.010526914	stdev	8.33094724	0.025317113
median	0.50394978	0.503618565	median	0.503992867	0.503176527
ratio		0.959183673	ratio		0.890995261
Ftp.Upload	전체결과	중앙값3배이내	Ftp.Upload	전체결과	중앙값3배이내
count	208	203	count	194	179
avg	0.605620214	0.498442246	avg	2.386300646	0.498695052
stdev	0.778498405	0.015633782	stdev	7.836778332	0.012304047
median	0.495938425	0.495895998	median	0.496023829	0.495908915
ratio		0.975961538	ratio		0.922680412
HTTP.Object	전체결과	중앙값3배이내	HTTP.Object	전체결과	중앙값3배이내
count	12388	12371	count	12291	12096
avg	0.079423323	0.066641694	avg	0.401042812	0.066889102
stdev	0.423428388	0.026958374	stdev	3.993564667	0.027088758
median	0.048215591	0.048208282	median	0.048572392	0.048416154
ratio		0.998627704	ratio		0.984134733
HTTP.Page	전체결과	중앙값3배이내	HTTP.Page	전체결과	중앙값3배이내
count	2061	2012	count	2035	1896
avg	0.363809246	0.198118739	avg	1.785914432	0.198806834
stdev	1.447678271	0.040435992	stdev	7.843142477	0.042593984
median	0.181442073	0.181038299	median	0.183859113	0.181180539
ratio		0.976225133	ratio		0.931695332
Remote_Login	전체결과	중앙값3배이내	Remote_Login	전체결과	중앙값3배이내
count	8014	7812	count	8020	7442
avg	0.181817479	0.044363526	avg	1.31413334	0.041484937
stdev	1.123529251	0.057049175	stdev	5.953682521	0.001510236
median	0.041319117	0.041311979	median	0.041343869	0.041323308
ratio		0.97479411	ratio		0.927930175

경우 평균값은 큰 의미가 없으며, 오히려 중앙값으로 분석하는 것이 타당하다. 따라서 본 논문에서는 평균값 대신 중앙값을 이용해 시뮬레이션 결과를 분석하였다. 표 2의 결과는 전체 시뮬레이션 결과값들중 중앙값의 3배 시간 이내의 결과값들의 평균과 표준편차 값, 그리고 전체 결과중 중앙값의 3배수 이내에 속한 결과 비율 등을 보여주고 있다.

표 2의 결과에서 예를 들어 DB_Entry 결과를 살펴보면 전체 시뮬레이션 도중 총 5040개의 트랜잭션이 발생하였고 트랜잭션 응답시간의 평균은 0.701355초이고 표준편차는 2.297716으로 나타났으며, 평균값에 비해 표준편차가 상대적으로 큰 값을 갖는다. 전체 5040개 트랜잭션의 중앙값 응답시간은 0.264636초가 얻어졌으며, 따라서 이 중앙값의 3배수인 0.793908초 이내의 결과값들만 분석대상에 포함시켜 해석해보면 평균값은 중앙값과 유사한 0.267481초가 되고 표준편차는 0.041109, 그리고 중앙값의 3배수 이내의 응답시간을 갖는 트랜잭션의 비율은 전체 5040개의 트랜잭션중 4817개로 0.955754의 비율이 된다.

표2의 다양한 응용 프로토콜에 대한 중앙값 3배 이내 결과에서 볼 수 있듯이 기존의 무선랜 스캐닝 절차에 비해 본 연구에서 제안한 빠른 스캐닝 절차를 사용하면 훨씬 많은 비율의 트랜잭션들이 평균값과 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

4. 결 론

액세스 망의 데이터 링크 계층으로 사용되는 무선랜 프로토콜에서 이동노드가 현재 접속중인 AP가 송신하는 비콘 프레임의 수신을 일정 회수 이상 실패하면 새로운 AP를 찾는 스캔 절차가 시작된다. 그런데 무선통신의 특성상 길이가 긴 데이터 패킷이 상대적으로 길이가 짧은 비콘에 비해 전송에러 확률이 크기 때문에 비콘 수신 실패 이전에 데이터 패킷의 손실이 발생하게 되고 따라서 이동노드의 AP 노드간 이동시 많은 데이터 패킷 손실이 야기된다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 데이터 패킷을 에러 없이 전달 가능한 최대거리를 구하고 이 거리에서의 비콘 수신전력을 임계치로 하여 비록 비콘이 정상적으로 수신되더라도 이 임계치 이하이면 다른 AP를 찾는 스캔절차를 시작하는 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 HTTP 프로토콜을 사용하는 웹 브라우징, 이메일 송수신, 텔넷을 이용한 서버원격접속, FTP 프로토콜을 이용한 파일 전송, 데이터베이스 액세스, 네트워크를 통한 파일 인쇄 등의 다양한 멀티 TCP 트래픽 환경에서 시뮬레이션을 통해 유용성을 검증하고 성능분석을 수행하였다.

참 고 문 헌

[1] Wireless LANs, http://standards.ieee.org/about/get/802/802. 11.html, 2015.

[2] 기장근, “무선랜 스캐닝 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 최적화”, 한국소프트웨어감정학회논문지, 11권 1호, pp.41-46, 2015.06.

[3] C. Perkins, Ed., D. Johnson, J. Arkko, “Mobility Support in IPv6”, IETF RFC 6275, Jul. 2011.

[4] IETF Distributed Mobility Management (DMM) working group, https://datatracker.ietf.org/wg/dmm/charter/, 2015.

[5] Jang-Geun Ki, Kyu-Tae Lee, Do-Hyeun Kim, “Modeling and Simulation of Partially Distributed Mobility Management Scheme”, IJMUE(International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering), Vol.9, No.8, pp.125-135, Aug.31 2014.

저 자 소 개

기장근(Jang-Geun Ki)

1986.2 고려대학교 전자공학과 졸업
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 전기전자제어공학부 교수

<주관심분야>통신프로토콜,이동통신시스템