IEEE 802.11b 무선랜에서의 성능 연구

민경수* · 오태원**

*고려대학교

Performance Study of IEEE 802.11b Wireless LAN AP

Kyoungsoo Min* · Taewon Oh**

*Korea University

E-mail : hellomin@korea.ac.kr

요 약

본 논문에서는 IEEE 무선랜 AP에 여러개의 네트웍이 연결되어 있는 시스템, 즉 하나의 입력을 통해서 패킷이 집단 도착하여, 여러개의 서버를 통하여 서비스되는 시스템의 성능을 분석하기 위한 것으로서, 큐잉모델($GI^{(x)}/M/c/N$)을 이용하여 분석을 시도하였다. 본 논문에서는 평형상태 확률을 통하여 여러 가지 파라미터들을 알아보고, 각 파라미터들을 통하여 평균 대기시간, 차단확률 등을 살펴보게 된다.

ABSTRACT

In this paper, we analyse the performance of the system connected with several networks, that is, the system has one bulk input and several server by using queueing model - $GI^{(x)}/M/c/N$. In this paper we investigate some parameters from steady state probability and examine the average waiting time and blocking probability from those parameters .

키워드

Performance, multi server, bulk input, WLAN AP

Ⅰ. 서 론

무선랜 시스템은 50m 이내의 범위에서 초고속 인터넷 속도에 버금가는 초당 1~11 메가 바이트 속도로 가정이나 사무실, 공공장소에서 무선 인터넷을 이용하는 것으로서 레이아웃 변경에 따른 재시공 불필요, 다양한 형태의 무선 네트워크 구성 가능, 긴급 및 임시 네트워크 구축 용이 등의 장점으로, 그 발전 가능성 및 이용성 역시 무한히 크다. 하지만, 무선랜의 AP(Access Point)가 기존의 network 연결방식인 이더넷(ethernet), ADSL or Cable-modem 등과의 연결이 이루어져야 하는데, 속도의 차이가 많이 나는 network 과의 연결시는 무선랜의 장점중의 하나인 빠른 속도를 효율적으로 이용할 수 없다.

본 논문은 무선랜과 다른 네트웍들을 연결한 경우의 성능(performance)를 측정/비교한다. 무선랜은 전송속도로서 1, 2, 5.5, 11 Mbps를 사용하는 시스템인 IEEE 802.11b의 프로토콜을 기준으로 설정하였고, 무선랜에 여러개의 네트웍 라인이 연결되어 시스템의 성능을 향상시키는 경우를 가정하였다. 그리고, 시스템의 모델링을 위하여 $GI^X/M/c/N$ 큐잉 시스템을 적용하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안한 모델링을 전개하는데 있어서 필요한 기본적인 고려사항 및 시스템의 개요에 대해서 설명할 것이고, 3장에서는 $GI^X/M/c/N$의 모델링 분석을 위한 여러 파라미터를 살펴볼 것이다. 그리고 4장에서는 이 장에서는 성능 측정을 하기 위하여 평균 큐 길이(average queue length), 평균 시스템 길이(average system length) 그리고 첫 번째(first), 임의의(arbitrary) 도착, 마지막(last) 도착하는 패킷에 대한 차단확률(blocking probability)을 구할 것이며, 5장에서는 대기시간 분석을 시도할 것이다.

Ⅱ. 기본고려사항 및 모델링

하나의 무선랜 AP에 연결된 여러개의 네트웍

을 연결한 시스템을 가정하였는데, 이때 각 단말(STA, station)들간의 경쟁(Contention)이 끝난 후 선택된 하나의 STA와 AP간의 연결을 바탕으로 한 시스템이므로 단말간의 경쟁은 배제하였다. 이때 패킷들은 집단도착을 하며, 시스템은 유한한 N개의 버퍼와 c개의 서버를 가진다. 이 시스템을 분석하기 위하여 $GI^X/M/c/N$ 큐잉 시스템을 적용하였다. 이때의 크기 X를 가진 집단 도착은 $P(X=i)=g_i$ $(i\geq1)$의
확률분포를 가지며, 그때의 평균 $E(X) = \bar{g}$이다.

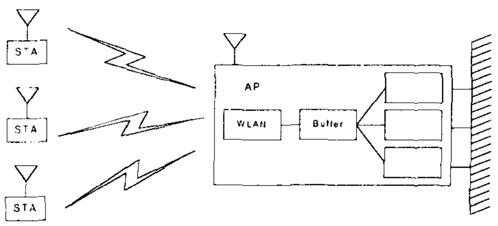

그림 1 여러 네트워과 연결된 무선랜 AP

도착시간은 iid RV(Independently Identical Distributed Random Variable)로 설정할 수 있고, 그것의 cdf(Cumulative Distribution Function)는 A(u), pdf(Probability Density Function)는 a(u) $u\geq0$, 그리고 라플라스-스틸체스 변환은 $A^*(\theta)$로 정의했다. 이때의 각 c개의 서버들은 서로 독립적이고 지수분포의 서비스 시간을 가지며, 평균 서비스 시간은 $1/\mu$이다. 도착시간과 집단의 크기, 그리고 서비스 시간은 상호 독립적이고, 교통밀도는 $\rho=g/ac\mu$이다. 유한한 크기의 버퍼 때문에 패킷의 도착에 있어서, 남은 버퍼의 용량이 패킷의 크기보다 작을 때 두가지 경우를 가정한다. (i) 패킷이 도착하면 버퍼의 빈공간이 채워지고 남은 패킷들은 폐기(rejection)되는 경우 (ii) 패킷이 도착해도 전체 패킷이 다 폐기(rejection)되는 경우. 전자는 부분폐기(partial batch rejection), 후자는 전체폐기(total batch rejection)라고 한다.

III. 모델링 분석 - 시스템의 평형상태 확률

현존하는 패킷의 수를 N(t)라 하고, 다음 도착 때까지 남아있는 시간을 U(t)라고 하자. 그리고 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$P_i(u,t)du = P\{N(t)=i, u\leq U(t) \langle u+du\},\quad u\geq0, i=0,1,\ldots,N$$

$$P_i(t) = P(N(t)=i) = \int_0^\infty P_i(u,t)du,\quad i=0,1,\ldots,N$$

우선 부분폐기의 경우, 시스템의 평형상태를 고려하여, 아래와 같은 식을 정의 할 수 있다.

$$P_i(u) = \lim_{t\to\infty} P_i(u,t),\quad 0\leq i\leq N,$$

$$A^*(\theta) = \int_0^\infty e^{-\theta u}dA(u),$$

$$P_i^*(\theta) = \int_0^\infty e^{-\theta u}P_i(u)du,\quad 0\leq i\leq N$$

$$\rightarrow\quad P_i \equiv P_i^*(0) = \int_0^\infty P_i(u)du,\quad 0\leq i\leq N$$

그리고 이때 prearrival의 평형상태 확률을 구할 수 있는데, 아래와 같다.

$$P_i^- = \frac{P_i(0)}{\sum_{i=0}^{N} P_i(0)} = aP_i(0), 0\leq i\leq N$$

한편 prearrival(P_n^-)일때와 arbitrary(P_n) 일때의 패킷 숫자의 분포 사이의 관계에서 다음 식을 이끌어 낼 수 있다.

$$P_{k+1} = \frac{\rho c}{\min\{k+1, c\}\bar{g}} \sum_{i=0}^{k} P_i^- \sum_{j=k-i+1}^{\infty} g_j \qquad k=0,1,\ldots,N-1$$

전체폐기의 경우 역시 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$P_{k+1} = \frac{\rho c}{\min\{k+1, c\}\bar{g}} \sum_{i=0}^{k} P_i^- \sum_{j=k-i+1}^{N-i} g_j \qquad k=0,1,\ldots,N-1$$

prearrival 때의 상태확률은

$$P_j^- = \sum_{i=o}^{N} P_i^- P_{ij},\quad 0\leq j\leq N$$

과 같이 되는데, 이때의 한단계 천이확률인 P_{ij}는 부분폐기의 경우에는

$$\left(\begin{array}{l} = \sum_{k=j-i}^{N-i} \beta_{i+k-j} g_k + \beta_{N-j} \sum_{k=N-i+1}^{\infty} g_k \\ \qquad\qquad j \rangle\ i\geq0, j\geq c \\ = \sum_{k=1}^{N-i} \beta_{i+k-j} g_k + \beta_{N-i} \sum_{k=N-i+1}^{\infty} g_k \\ \qquad\qquad c\leq j\leq i \\ = \sum_{k=\max 1, j-i}^{N-i} V_{i+k,j} g_k + V_{N,j} \sum_{k=N-i+1}^{\infty} g_k \\ \qquad\qquad i\geq0, 1\leq j\leq c-1 \end{array}\right)$$

$$\text{for } j=0, P_{io=1-}\sum_{j=1}^{N} P_{ij} \text{ 과 같고}$$

전체폐기의 경우에는

$$\begin{cases} = \sum_{k=j-i}^{N-i} \beta_{i+k-j} g_k & j > i \ge 0, j \ge c \\ = \sum_{k=1}^{N-i} \beta_{i+k-j} g_k + \beta_{i-j} \sum_{k=N-i+1}^{\infty} g_k & c \le j \le i \\ = \sum_{k=\max 1, j-i}^{N-i} V_{i+k,j} g_k + V_{i,j} \sum_{k=N-i+1}^{\infty} g_k & i \ge 0, 1 \le j \le c-1 \end{cases}$$

과 같이 놓을 수 있다.

여기서 $V_{k,j}$는 state n에서 n+1로 진행할 때 interarrival time인 T_{n+1} 동안 (k-j) 서비스의 완료가 되는 확률이며, β_j는 T_{n+1} 동안 j개의 출발을 의미한다.

지수분포의 경우

$$V_{k,j} = \frac{\lambda}{\mu} \left(\frac{c\mu}{\lambda + c\mu} \right)^{k-c} \frac{c!\,\Gamma(j+\lambda/\mu)}{j!\,\Gamma(c+\lambda/\mu+1)}$$
$$k > c,\ 0 \le j \le c-1$$

$$\beta_j = \frac{\lambda}{\lambda + c\mu} \left(\frac{c\mu}{\lambda + c\mu} \right)^j$$ 과 같으며,

평균 a=1/λ를 가지는 Erlang-r 분포의 경우는,

$$V_{k,j} = \frac{(c\mu)^{k-c} c!\,(r\lambda)^r (-1)^{r-1}}{\mu j!\,(r-1)!} \frac{d^{r-1}}{d(r\lambda)^{r-1}} \times \left[\frac{\Gamma(r\lambda/\mu + j)}{(c\mu + r\lambda)^{k-c}\,\Gamma(c + r\lambda/\mu + 1)} \right]$$

$$\beta_j = \frac{(r\lambda)^r (c\mu)^j (j+r-1)!}{j!\,(r-1)!\,(c\mu + r\lambda)^{j+r}}$$ 이다.

IV. 성능 측정 요소

이 장에서는 성능 측정을 하기 위하여 평균 큐 길이(average queue length), 평균 시스템 길이(average system length) 그리고 첫 번째(first) 도착, 임의의(arbitrary) 도착, 마지막(last) 도착하는 패킷에 대한 차단확률(blocking probability)을 구할 것이다.

이때의 큐길이와 시스템의 길이는 아래와 같이 정의한다.

$$L_q = \sum_{i=1}^{N} (i-c) P_i\ ,\quad L = \sum_{i=1}^{N} i P_i$$

차단확률은 부분폐기와 전체폐기 두가지로 나누어서 구할 수 있는데, 우선 부분폐기의 경우는

$$P_{BF} = P_N^-,\quad P_{BA} = \sum_{i=0}^{N} P_i^- \sum_{j=N-i}^{\infty} g_j$$ 과 같고

$$,\quad P_{BL} = \sum_{i=0}^{N} P_i^- \sum_{j=N-i+1}^{\infty} g_j$$

전체폐기의 경우는 다음과 같다.

$$P_{BF} = P_{BL} = \sum_{i=0}^{N} P_i^- \sum_{j=N-i+1}^{\infty} g_j$$

$$,\quad P_{BA} = \sum_{i=0}^{N} P_i \sum_{j=N-i+1}^{\infty} \frac{j g_j}{\bar{g}}$$

where, $g_i^- = (1/\bar{g}) \sum_{j=i+1}^{\infty} g_j,\ i = 0, 1, \ldots$

V. 대기시간

이 장에서는 위에서 나눈 세가지 경우(각 경우는 FCFS(First Come First Served))에 대한 각각의 평균 대기시간을 분석하는데, 윗장들에서 구한 값들과 리틀의 법칙(Little's rule)을 이용하여 쉽게 구할 수 있다.

우선 부분폐기의 경우는

$$W_{qF} = \frac{1}{c\mu(1-\rho_{BF})} \sum_{i=0}^{N-1} [i-c+1]^+ P_i^-$$

$$W_{qA} = \frac{1}{c\mu(1-\rho_{BA})} \left[P_0 \sum_{i=0}^{N-1} [i-c+1]^+ g_i + \sum_{i=1}^{N-1} P_i^- \sum_{j=0}^{N-i-1} [i+j-c+1]^+ g_j^- \right]$$

$$W_{qL} = \frac{1}{c\mu(1-\rho_{BL})} \sum_{i=0}^{N-1} P_i^- \sum_{j=1}^{N-i} [i+j-c]^+ g_j$$

과 같고, 전체 폐기의 경우에서는 아래와 같다.

$$W_{qF} = \frac{1}{c\mu(1-\rho_{BF})} \sum_{i=1}^{N-1} [i-c+1]^+ P_i^- \sum_{j=1}^{N-i} g_j$$

$$W_{qA} = \frac{1}{c\mu\bar{g}(1-\rho_{BA})} \left[P_0^- \sum_{i=1}^{N} g_i \sum_{j=0}^{i-1} [j-c+1]^+ + \sum_{i=1}^{N-1} P_i \sum_{j=1}^{N-i} g_j \sum_{k=0}^{j-1} [i+k-c+1]^+ \right]$$

$$W_{qL} = \frac{1}{c\mu(1-\rho_{BL})} \sum_{i=0}^{N-1} P_i^- \sum_{j=1}^{N-i} [i+j-c]^+ g_j$$

VI. 분 석

패킷이 Geometric 집단도착을 한다는 가정하에서 다음과 같은 컴퓨터 실험을 통하여 아래와 같이 알아보았다. 이때의 평균 집단 크기는 4로 가정하였고, 서버의 수는 1개로 제한하였으며, 전체폐기와 부분폐기 두가지로 알아보았다.

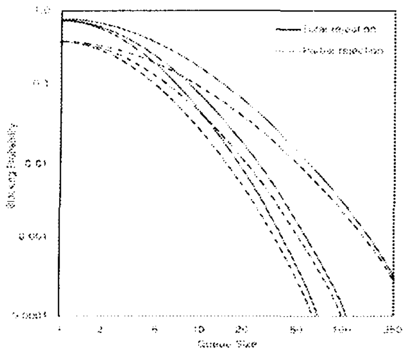

그림 2 차단확률과 큐크기

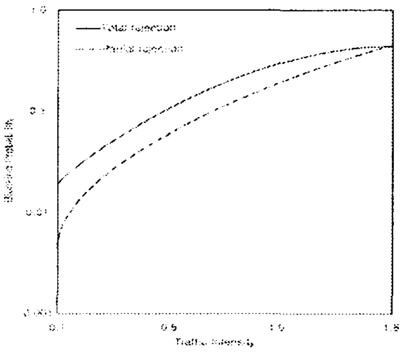

그림 3 차단확률과 교통밀도

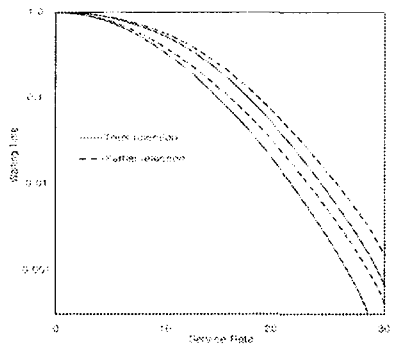

그림 4 대기시간 분포함수

IV. 결 론

본 논문에서는 무선랜의 AP에 여러 네트워들이 접속이 되어있는 시스템을 분석하기 위해서 집단도착을 하는 하나의 입력에 여러 개의 출력과 유한한 버퍼를 갖는 시스템을 분석해보았다.

가장 일반적인 상태를 고려하기 위하여 $GI^{(x)}/M/c/N$ 대기행렬 시스템을 적용하였으며, 큐 및 시스템의 길이, 차단확률과 대기시간을 통하여 분석을 시도하고, 유한한 버퍼의 크기 때문에 생길 수 있는 패킷의 손실을 부분폐기(Partial Rejection)와 전체폐기(Total Rejection)의 두가지 경우로 고려하여 생각해보았다.

위의 결과들을 통하여 차단확률 및 대기시간은 버퍼의 크기나, 교통밀도 등의 영향을 많이 받는다는 사실을 확인 할 수 있었으며, 이 결과들을 통하여 상황에 맞는 적절한 시스템을 구사할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] D. Gross and C. M. Harris, "Fundamentals of Queueing Theory, 3rd ed. Willy, 1983

[2] M. R. Spiegel, "Mathematical handbook of formulas and tables", Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 1968

[3] I.S. Gradshteyn and I.M. Ryzhik, "Table of integrals, series and products", Academic Press, 1980

[4] David R. Manfield and P. Tran-Gia "Analysis of a finite storage system with batch input arising out of message packetization", IEEE Trans. Comm. 30(3) 456-463 1982

[5] G.J. Franx and U.V. Amsterdam, "A simple solution for the M/D/c waiting time distribution", Operations Research Letters, 1995

[6] H.W. Lee, "Queueing Theory", Sigma Press, 1998

[7] R.L. Larsen and A.K. Agrawala, "Control of a heterogeneous two-server exponential queueing system, IEEE Trans. Software Eng. 9 522-536, 1983

[8] W. Lin and P.R. Kumar, "Optimal control of a queueing system with two heterogeneous servers, IEEE Trans. Automat. Control 29, 696-703, 1984