

무선 LAN 시뮬레이터의 설계 및 구현

허태훈, 장길웅, 변태영, 한기준
경북대학교 컴퓨터공학과

{heoth, jangkw, tybyun}@netlab.ce.kyungpook.ac.kr
kjhan@kyungpook.ac.kr

Design and Implementation of A Simulator for Wireless LAN

Taehun Heo, Kilwoong Jang, Taeyoung Byun, Kijun Han
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요약

본 논문은 IEEE의 무선 LAN 표준안인 802.11 MAC 프로토콜의 동작을 구현하여 사용자가 구성한 무선 랜 환경의 성능을 측정할 수 있는 망 시뮬레이터의 구현내용을 기술한다. 구현한 시뮬레이터는 무선 LAN 환경을 구성하는 기능, 성능 평가에 영향을 미치는 인자의 변경 및 성능평가를 위한 그래픽 차트의 출력 기능을 제공한다. 또한 MAC 프로토콜 모듈과 시뮬레이터의 의존성을 최소화하여 새로운 MAC 프로토콜을 쉽게 이식할 수 있도록 설계하였다.

1. 서론

최근 노트북 컴퓨터와 이동 전화 같은 휴대 장치의 보급으로 무선 LAN의 사용이 더욱 확산되고 있다. 무선 LAN은 케이블을 통한 망의 확장이 어려운 상황에서 쉽게 설치할 수 있으며 사용자의 이동성을 지원할 수 있다. 무선 LAN 환경에서 이동 단말들은 무선 링크를 통해 유선 망과 연결되므로 건물내부에서 잦은 이동이 필요한 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 무선 LAN과 유선 LAN의 큰 차이점은 대역폭의 제약으로 10Mbps를 지원하는 이더넷에 비해 무선 LAN은 상대적으로 느린 2Mbps 전송률을 가진다. 하지만 최근 10Mbps를 지원하는 고속 무선 LAN이 등장하여 이런 차이도 점차 줄어들고 있다.

무선 LAN은 IEEE와 ETS에서 표준화가 진행되어 각각 802.11과 HyperLAN이라는 표준안이 만들어졌다. 본 논문에서는 IEEE 802.11의 MAC 프로토콜을 구현하여 무선 LAN 환경의 성능을 평가할 수 있는 시뮬레이터의 구현내용을 기술하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜을 소개하고, 3장에서는 시뮬레이터의 설계와 구현내용을 서술한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.11 MAC 프로토콜

1. Basic Architecture

IEEE 802.11 LAN은 서로 통신할 수 있는 단말들의 집합인

BSS(Basic Service Set)를 기본 단위로 IBSS(Independent BSS) 네트워크 또는 ESS(Extended Service Set) 네트워크를 구성한다. IBSS는 같은 BSS에 속하는 단말들 사이의 직접 통신을 지원하며 ad hoc 네트워크로 불린다. ESS는 여러 개의 BSS들과 이들을 연결시켜주는 DS(Distribution System)로 이루어지며 BSS와 DS는 AP(Access Point)를 통해 연결된다. ESS는 infrastructure 네트워크로도 불린다. 802.11 MAC 프로토콜의 구조를 그림 1에 나타내었다.

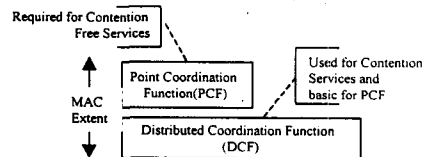


그림 1. 802.11 MAC 프로토콜 구조

2. Distributed Coordinate Function(DCF)

DCF는 802.11의 기본 접근 방법으로서 IBSS와 infrastructure 네트워크에 모두 사용되며 파일전송과 같은 비동기 데이터 전송을 처리하는 contention 서비스를 제공한다. DCF는 CSMA/CA 방식을 기본으로 하고 있다. CSMA/CA 알고리즘은 패킷이 발생하면 일정시간만큼 채널의 상태를 감지하고, 이 시간동안 채널이 비어있으면 패킷을 전송하고 채널이 사용중이라면 채널이 빌 때까지 기다린다. 지연된 패킷은 backoff 알고리즘에 의해 임의의 backoff 간격을 가진 후 채널의 사용여부를 확인하고 전송을 시도한다.

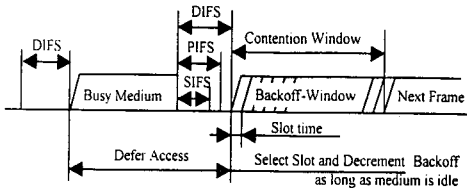


그림 2. DCF 동작

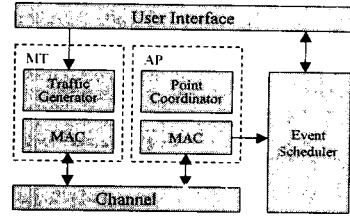


그림 4. 시뮬레이터 구성도

데이터 프레임의 교환에서 충돌로 인한 채널의 낭비를 최소화하기 위해 작은 크기의 제어 프레임인 RTS(Ready To Send)와 CTS(Clear To Send)를 사용한다.

3. Point Coordinate Function(PCF)

PCF는 infrastructure 네트워크에서만 사용되며 음성이나 화상처럼 지연에 민감한 전송에 대한 contention free 서비스를 제공한다. PCF는 폴링과 유사한 방법으로 PC(Point Coordinator)를 사용하여 채널을 사용할 단말을 결정한다. PCF가 시작되면 AP가 전송한 Beacon 프레임에 의해 단말들의 채널사용이 금지되고, CF_POLL 프레임을 수신한 단말만 패킷을 전송할 수 있다.

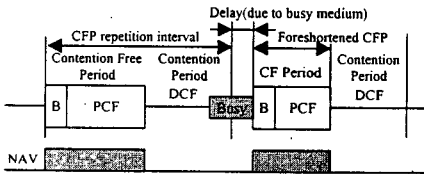


그림 3. CFP와 CP의 공존

3 시뮬레이터 설계 및 구현

3.1 시뮬레이션 모델링

이산 사건(discrete event) 시스템을 사용하여 무선 LAN 환경을 시뮬레이션 하도록 시뮬레이터를 구현하였다. 이산 사건 시스템은 사건이 발생하는 시점으로 시작을 진행시키며 시스템의 상태를 시뮬레이션하는 시스템이다. 시스템은 상호 작용을 일으키는 개체들과 속성, 사건, 활동 등으로 구성된다.

표 1. 무선 LAN의 이산 시스템과 컴포넌트

구성요소	내용
System	IEEE 802.11 무선 LAN
System state	Sch(t) : 시간 t에서 무선 매체의 상태 S _{MAC} (t) : 시간 t에서 각 단말의 MAC 상태
Entity	Traffic generator, PC, MAC, Channel
Event	require, begin_cs, end_cs, defer, backoff, nav_expired, time_out, transmit, receive, begin_cf, end_cf
Activity	carrier sense, transmit, defer
Delay	큐에서 지연된 시간, 경쟁에 소요된 시간

3.2 시뮬레이터 모델링

그림 4는 무선 LAN 시뮬레이터의 전체 구성도이다. 시뮬레이터는 사용자 인터페이스, 트래픽 생성기, 이벤트 스케줄러, MAC 프로토콜, PC, 무선 채널의 6개 모듈로 구성되어 있고, window98환경에서 Microsoft Visual C++를 사용하여 개발되었다.

3.3 시뮬레이터 구현

3.3.1 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스(GUI) 모듈은 시뮬레이션을 하기 위하여 사용자로부터 필요한 시스템 환경 데이터를 입력받고, 시뮬레이션이 종료되면 그 결과를 그래프로 출력한다.

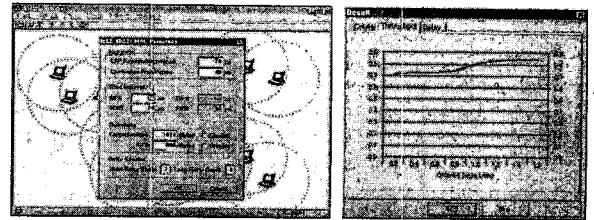


그림 5. (a) 시뮬레이션 환경 구성 (b) 결과 출력

시뮬레이션 시간, 프레임 생성 파라미터, 채널, MAC의 속성 값을 입력할 수 있는 대화창을 제공하며, 단말을 배치하여 네트워크를 구성할 수 있다.

3.3.2 트래픽 생성기

트래픽 생성기(traffic generator)는 데이터 프레임을 생성하여 MT의 프레임 버퍼에 저장한다. DCF로 전송될 것과 PCF로 전송될 것 두 종류의 프레임이 생성된다.

상위 계층에서의 프레임 도달 시간은 사용자가 입력한 offered data load에 따라 지수분포(exponential distribution)를 따르도록 생성된다. 생성되는 프레임의 크기는 기하분포(geometric distribution)를 따르도록 하여 프레임의 크기가 최대 2312바이트를 넘지 않도록 한다.

3.3.3 이벤트 스케줄러

이벤트 스케줄러(event scheduler)는 트래픽 생성기, MAC 모듈, 채널 모듈에서 생성된 이벤트를 리스트에 저장하고, 가장 먼저 실행해야 할 이벤트를 선택하여 이벤트 서브루틴을 호출한다. 이벤트 스케줄러의 개략적인 동작을 그림 6의 순서도에 나타내었다.

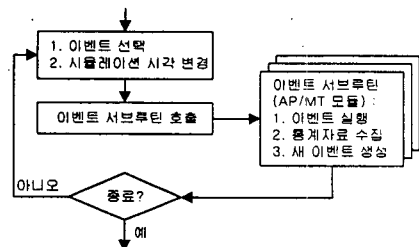


그림 6. 이벤트 스케줄러의 동작

이벤트는 그림 7과 같은 구조로 정의되며 스케줄러에서 선택된 이벤트는 AP/MT 모듈의 적절한 이벤트 서브루틴에 의해 처리된다.

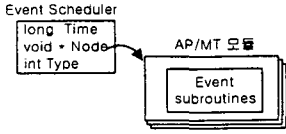


그림 7. 이벤트 구조

3.3.4 Point Coordinator. 모듈

PC 모듈은 PCF에서 프레임을 전송할 수 있는 단말을 선택한다. IEEE의 표준에서는 단말을 선택하는 방법에 제한을 두지 않아 여러 가지 알고리즘이 적용될 수 있다. 본 구현에서는 그림과 같은 리스트를 유지하며 라운드 로빈(round robin) 방식으로 단말을 선택한다.

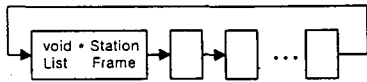


그림 8. 이동 단말 리스트

기본적으로 AP에 등록된 단말 리스트에서 단말을 순차적으로 선택하여 CF_POLL 프레임의 전송하지만, 어떤 단말에 전송되어야 할 프레임이 AP에 축적되어 있다면 그 단말을 우선적으로 선택한다.

3.3.5 MAC 프로토콜 모듈

MAC 프로토콜 모듈은 CSMA/CA 프로토콜을 구현하여 이벤트 서브루틴을 제공한다. 이벤트 서브루틴은 MAC과 채널의 상태에 따라 이벤트를 처리하고 새로운 이벤트를 생성한다. MAC의 상태와 이벤트에 따른 송수신 절차를 나타내었다.

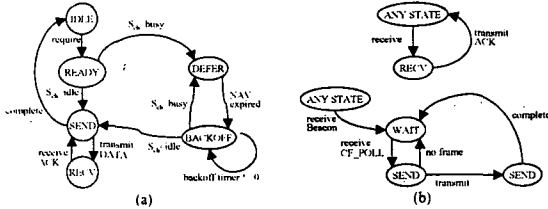


그림 9. (a)송신 절차 (b)수신 절차

MAC 모듈은 이벤트 스케줄러와 무선 채널 모듈에 다음의 인터페이스 함수를 제공하며, 이 함수의 내부에서 이벤트 서브루틴을 호출하도록 하여 모듈간의 의존성을 줄이도록 구현하였다.

모듈	인터페이스 함수
이벤트 스케줄러	CEvtList * CMAC::ExecEvent(CEvent)
무선 채널 모듈	void CMAC::ReceiveFrame(CFrame)

3.3.6 무선 채널 모듈

무선 채널 모듈은 전송률, 에러 발생률과 같은 무선 매체의 특성을 프레임에 반영시켜 전송시킨다. 네트워크를 구성할 때 입력된 단말의 위치와 전파범위는 인접 리스트(adjacent list)로 저장되고, 이 정보를 이용하여 프레임은 단말의 전파 영역 내에서 방송(broadcast)된다.

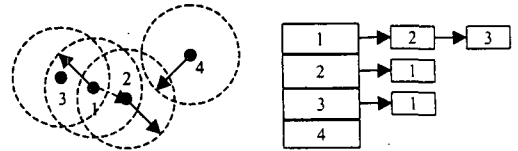


그림 10. 단말의 위치와 인접 리스트

프레임에 비트 에러를 발생시키기 위해 무선 매체의 상태를 측정하는데, 무선 매체의 상태는 BER(Bit Error Rate)로 표현되며 그림 11과 같이 2-상태 연속시간 마코프 체인(2-state continuous time Markov chain)을 사용한다.

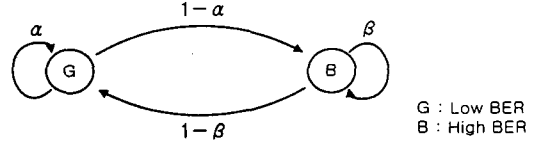


그림 11. 2-상태 연속 시간 마코프 체인

상태 G는 무선 매체의 상태가 좋음을 나타내는데 이것은 매체가 매우 낮은 에러 발생률(LBER)에서 동작중임을 의미한다. 반면 상태 B는 매체의 에러 발생률이 매우 높음(HBER)을 의미한다. α 와 β 는 상태천이율 결정하는 확률변수로 베르누이 분포(bernoulli distribution)를 따른다.

4. 결론

본 논문에서는 IEEE의 표준 무선 LAN의 MAC 프로토콜인 802.11을 기반으로 무선 LAN 시뮬레이터를 구현하였다. 본 시뮬레이터로 무선 LAN 환경을 시뮬레이션하여 MAC 프로토콜의 처리율(throughput), 채널 활용도(utilization), 지연 시간(delay)등을 측정할 수 있었다.

본 논문에서 개발한 시뮬레이터는 네트워크를 쉽게 구성할 수 있는 인터페이스를 제공하며, 시뮬레이션을 수행하는 부분과 MAC 프로토콜 모듈 사이의 의존성을 최소화시켰다. 따라서 새로운 MAC 프로토콜의 성능평가를 할 경우, 인터페이스 함수를 구현함으로써 본 시뮬레이터에 쉽게 이식할 수 있다.

본 시뮬레이션의 정확도를 높이기 위해 물리계층과 무선 매체에 대한 연구가 더 필요하다. 아울러 802.11 MAC 프로토콜 이외의 MAC 프로토콜 모듈을 구현하여 여러 MAC 프로토콜의 성능을 비교할 수 있는 무선 LAN 성능분석 도구로 발전시켜 나갈 것이다.

참고 문헌

- [1] B. P. Crow, "IEEE 802.11 wireless local area networks," IEEE Commun. Mag, 1997
- [2] B. P. Crow, "Investigation of the IEEE 802.11 Medium Access Control(MAC) sublayer Functions," IEEE Infocom '97 proceeding vol. 1, Phoenix, USA, 1997
- [3] F. Cali, M. Conti, "IEEE 802.11 Wireless LAN: Capacity Analysis and Protocol Enhancement," IEEE Infocom '98 proceeding vol 1, San Francisco, 1998
- [4] Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, IEEE Std 802.11, 1997
- [5] J. Banks, J. S. Carson, B, "Discrete-Event System Simulation," Prentice Hall, 1996
- [6] D. J. Kruglinski, "Inside Visual C++," Fourth Edition, Microsoft Press, 1997