

직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오를 기반한 무선 LAN의 성능 비교

한병철, 이영효, 임성빈
승실대학교 정보통신전자공학부
E-mail : sbi@nuri.net

Performance Comparison of Wireless Local Area Network Based on Direct Sequence Spread Spectrum and Impulse Radio

Byungchil Han, Younghyo Lee, and Sungbin Im
School of Electronic Engineering, Soongsil University, Seoul Korea

※본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구의 지원(과제번호:98-0101-12-01-4)에 의한 결과입니다.

요 약

무선 LAN은 유선 LAN을 대체하기 보다는 기간망과 이동(Mobile) 사용자간의 수십 미터 이내의 중단 연결점을 제공한다라는 개념으로 구성되며, 이동성(Mobility)과 확장성(Scalability)을 발휘할 수 있다는 장점으로 많은 응용 분야에서 각광을 받고 있다. 초광대역 시간 도약(ultra wideband time hopping; UWB/TH) 임펄스 무선 기술은 기존 시스템의 정상적인 동작에 거의 영향을 미치지 않기 때문에 별도의 주파수 할당이 필요치 않는 새로운 기술이다. 본 논문에서는 IEEE 802.11의 무선 LAN의 프로토콜을 기본적으로 사용하고 전송 방식을 직접 수열 확산 스펙트럼 방식을 사용하는 기존의 방법과 임펄스 라디오 방식을 사용하는 경우를 비교하였다.

I. 서 론

무선 LAN은 유선 LAN을 대체하기보다는 기간망과 이동 사용자간의 수십 미터 이내의 중단 연결점을 제공한다라는 개념으로 사용자의 환경에 능동적으로 대처할 수 있는 유연성 및 이동성과 사용자의 증감에 따른 확장성을 발휘할 수 있다는 장점으로 많은 응용 분야에서 각광을 받고 있다. 그러나, 다양한 고속 멀티미디어 데이터의 전송과 급격한 사용자의 증가로 현재의 2.4 GHz의 ISM (industrial, scientific and medical) 대역을 사용하는 IEEE 802.11을 기반한 무선 LAN을 대체하는 고속의 무선 LAN규격들 (IEEE 802.11a, IEEE802.11b, 하이퍼랜 규격, 무선 ATM-WG)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2].

LAN 스위칭은 오늘날 네트워크 관리자가 당연하고 있는 중요 사항들 중 하나로 대두되고 있다. 기존의

LAN들은 상대적으로 적은 사용자들 사이에 화일 및 프린터, 모뎀 등 네트워크 자원의 공유를 제공하기 위해 설계되었다. 최근 들어 연구가 활발히 진행되고 있는 초광대역 시간 도약(ultra wideband time hopping) 임펄스 라디오 기술은 별도의 주파수 할당이 필요 없는 새로운 무선 전송 기술로, Insec 가량의 매우 짧은 펄스폭을 갖는 가우시안 모노사이클을 PPM 방식을 이용하여 기저대역 신호로 전송하고, 수신단에서는 상관기를 통해 복조한다. 다원 접속을 위하여 시간도약 PN (pseudo-random noise) 시퀀스를 사용하기 때문에, 신호의 스펙트럼은 백색 잡음과 유사한 수 GHz대의 초광대역 스펙트럼 형태가 되어 고유의 PN 코드 없이도 신호의 검출이 매우 어렵게 된다. 따라서, 기존 시스템의 정상적인 동작에 거의 영향을 미치지 않기 때문에 별도의 주파수 할당이 필요치 않는 새로운 기술이다[4,5,6,7].

본 논문에서는 IEEE 802.11의 무선 LAN의 프로토콜을 기본적으로 사용하고 전송 방식을 직접 수열 확산 스펙트럼 방식을 사용하는 기존의 방법과 임펄스 라디오 방식을 사용하는 경우에서 다양한 상황에 대하여 성능을 비교하고자 한다.

본 논문의 구성은 II절에서 임펄스 라디오 시스템의 원리와 이를 이용한 다원 접속 시스템에 대하여 설명하고, III절에서는 IEEE 802.11 무선 LAN의 프로토콜에 대한 표준에 대하여 설명한다. IV절에서는 결정론적인 2-path 모델에 대하여 설명하고, V절에서는 모의 실험을 통하여 무선 LAN의 직접 확산 전송 특성과 임펄스 라디오의 전송 특성을 살펴보고, VI절에서 결론을 맺는다.

II. 임펄스 라디오 시스템

2-1. 임펄스 라디오 시스템의 원리

임펄스 라디오 시스템에서는 한 사용자의 전송 신호는 시간 축에서 불규칙적으로 위치한 펄스 열로서 구성되며 하나의 전송 프레임 당 하나의 펄스를 전송하며 각 펄스는 1 nsec 미만의 펄스 폭을 갖는다. 길이가 T_f 초인 프레임은 N 개의 슬롯으로 구성되며 각 슬롯의 길이는 T_c 초이다. 하나의 프레임에서 모노사이클 펄스의 위치는 pseudo-random noise (PN) 코드로 구성된 도약 부호에 의해서 도약 슬롯 (hopping slots)들 가운데서 하나가 선택되며, 정보 비트의 내용에 따라서 이 도약 슬롯 내에서 펄스 위치가 결정된다. 매우 좁은 펄스 폭과 펄스 위치의 불규칙적인 변화에 의하여 전송 신호는 수 GHz 대역에 이르는 초광대역 특성과 매우 낮은 전력 스펙트럼 밀도를 갖게된다. 사용자 k 의 전송 신호는 다음과 같이 표현될 수 있다[4,6].

$$s^{(k)}(t) = \sum_j w_{\alpha}(t - j T_f - c_j^{(k)} T_c - \delta d_j^{(k)}) \quad (1)$$

여기서, $w_{\alpha}(t)$ 는 전송된 펄스 파형을 나타내며, $c_j^{(k)}$ 는 사용자 k 의 j 번째 도약 부호이며, $d_j^{(k)} \in \{0, 1\}$ 는 사용자 k 의 j 번째 이진 정보 비트를 나타낸다. 따라서, $d_j^{(k)}$ 가 0인 경우 도약 슬롯 내에서 추가적인 지연은 없으며, 1인 경우에는 도약 슬롯 내에서 δ 만큼의 시간 지연을 갖는다. 따라서, 임펄스 라디오 시스템에서는 다중 접속을 위한 도약 부호의 패턴과 전송되는 정보가 프레임 클럭에 대하여 시간 이동으로 나타나게 된다.

이상적인 자유공간에서의 전파되는 펄스의 파형 $w_{\alpha}(t)$ 는 송신기에서 발생한 가우시안 모노 사이클 펄스가 송신 안테나 시스템을 통과하며 안테나 시스템의 미분 특성에 의하여 1차 미분된 형태로 표현된다. 이 신호에 대하여 수신 안테나의 미분 특성에 의하여 수신된 신호는 가우시안 모노 사이클 신호의 2차 미분 형태로 나타나며, 이상적인 수신 펄스는 다음과 같이 모델링이 가능하다[9].

$$w_{\alpha}(t) = [1 - 4\pi(t/\tau)^2] \exp(-2\pi[t/\tau]^2) \quad (2)$$

안테나 시스템을 통과한 수신 신호는 식 (2)에서 $\tau = 0.4472$ nsec를 가정하였다. 전송된 정보 비트의 검출은 수신된 신호와 수신기의 기준 파형과의 상관복조를 통하여 이루어지며 기준 파형은 다음과 같다.

$$w_{\alpha}(t) = w_{\alpha}(t) - w_{\alpha}(t - \delta) \quad (3)$$

데이터 비트는 상관값의 부호에 따라서 양수인 경우 0으로 음수인 경우 1로 결정한다.

2-2. 임펄스 라디오를 이용한 다원 접속 시스템

임펄스 라디오 시스템을 이용한 다원 접속 시스템에서, 여러 사용자들은 하나의 T_f 내에 일정 주기의 서로 다른 시간 도약 패턴을 통해서 다원 접속하게 된다. 위 식 (1)에서 $c_j^{(k)}$ 는 k 번째 사용자의 j 번째 도약 부호를 나타내며, T_c 는 제어 가능한 단위 시간으로서 상관 복조시의 적분 간격이 된다. N_h 를 도약 부호가 가질 수 있는 최대값이라 할 때 $0 \leq c_j^{(k)} < N_h$ 를 만족하며, 다음 펄스와의 충돌을 피하기 위해서는 아래 조건을 만족하여야 한다.

$$N_h T_c \leq T_f \quad (4)$$

식 (1)에서 $N_h T_c \ll T_f$ 이면, 도약을 위한 부호의 수가 적어 여러 사용자의 펄스 간에 충돌이 발생할 가능성이 커지게 되므로, $N_h T_c \approx T_f$ 를 만족하도록 N_h 와 T_c 를 결정한다. 위에서 언급한 조건들을 만족하는 경우, k 번째 사용자의 펄스는 $j T_f + c_j^{(k)} T_c$ 에 존재하고, 다음 펄스는 $(j+1) T_f + c_{j+1}^{(k)} T_c$ 에 존재한다.

III. IEEE 802.11 표준

3-1. IEEE 802.11의 Layers

IEEE 802.11의 표준은 네트워크의 MAC 계층(MAC Layer)과 물리계층(PHY Layer)으로 구분되어 지고 MAC 계층은 공유되는 전송매체를 이용하는 하나의 프로토콜 집합체이다. 802.11은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)로 특징지어진 프로토콜이다. 이 프로토콜은 다른 사용자가 패킷을 전송하고 있는지 먼저 파악을 한 후 전송중이면 대기하고 있다가 다시 사용자가 없음을 확인한 후 패킷을 전송함으로써 충돌을 피할 수 있다.

물리계층은 두 노드간에 실제 정보전송 관할을 하며 직접확산, 주파수도약 혹은 적외선 방식을 등을 사용할 수 있다.

3-2. IEEE 802.11 프레임 구조

IEEE 802.11의 프레임에 대한 구조는 MAC 계층과 물리계층의 구조로 나누어지는데 MAC 프레임의 구조는 유선 LAN의 구조와는 달리 주소의 내역이 4가지의 형태로 구분되어 지는데 첫째는 전송자의 주소와 수신자의 주소 2가지 외에 무선 LAN의 송신기와 수신기의 주소로 구분되어지는 형태를 가진다[1,3].

그림 1의 MAC 프레임 구조에서 Frame Control 필드의 각각 구성요소는 현재의 802.11의 프로토콜 Version 을 나타내주는 필드, 접근제어속성을 나타내주는 Type 및 Sub Type, 전송국에서 프레임의 분배를 관할하는 DS 필드 등으로 MAC Header의 구성이 되어있고 물리계층의 프레임 구조는 PLCP Preamble과 Header로 구성되어 있다.

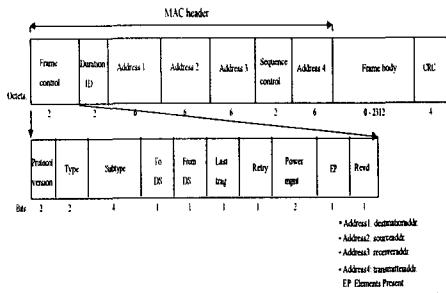


그림 1. 프레임 구조.

IV. 결정론적인 2-path 모델

그림 2는 본 논문에서 고려하는 2-path 모델[8]로서 간접 경로와 LOS 경로 간의 경로 차는 근사적으로 다음과 같다.

$$\Delta d \approx \frac{2h_1h_2}{d} \quad (4)$$

식 (4)에서 h_1 , h_2 는 송수신 안테나의 높이이며 d 는 안테나간의 직선 거리이다. 따라서, LOS경로의 펄스에 대하여 간접 경로로 도착하는 펄스의 시간 지연은 $\Delta t = 2h_1h_2/cd$ 이다. 여기서 c 는 빛의 속도를 나타낸다.

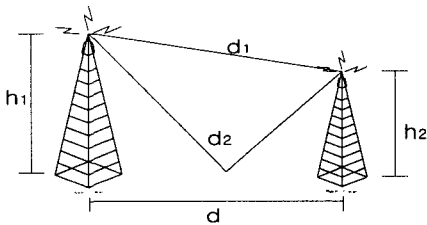


그림 2. 결정론적인 2-path 모델[8].

V. 모의 실험 결과

본 논문에서 비교하는 임펄스 라디오 (Impulse Radio)는 초광대역 시간도약 (ultra wideband, time hopping) 무선 전송 기술로서 기존 시스템에 비해 별도의 주파수 할당이 필요 없는 새로운 무선 전송 기술이다. 따라서 본 논문에서 제안하는 것은 직접 수열 확산 스펙트럼 방식보다는 임펄스 라디오 방식으로 전송할 때 얻어지는 우수함과 또한 다원 접속 측면에서 임펄스 라디오 방식이 우수함을 컴퓨터 모의실험을 통하여 비교함으로써 우리가 제안하는 임펄스 라디오 방식이 우수함을

알아보려 한다. 본 논문에서 사용한 시간 도약 시퀀스는 이상적인 랜덤 시간 도약 시퀀스를 사용하여 다원 접속한다고 가정하였다.

본 절에서는 앞에서 설명된 직접 수열 확산 스펙트럼 방식으로 Barker 코드를 이용하여 확산시켜 전송하는 방식과 임펄스 라디오 방식을 사용하는 경우로 전송하였을 때의 단일 경로와 결정론적인 2-path 모델에 대한 성능 비교에 대하여 모의 실험을 수행하였다. 또한 이 실험에서는 AWGN 채널환경하에서 FEC 코드를 사용했을 경우와 그렇지 않을 경우에 나타나는 성능 평가를 하였다. 그림 3은 FEC 코드를 사용하지 않은 직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오의 단일경로와 결정론적인 2-path 모델에 대하여 성능을 비교한 것이다. 결정론적인 2-path 모델에서 직접 수열 확산 스펙트럼 방식은 한 칩 지연된 것이고 임펄스 라디오 방식에서는 송수신기 안테나간의 거리를 1m로 고정하고 안테나의 높이에 따라서 간접 경로 성분이 갖는 시간 지연을 0.8617ns가정 하였다. 본 실험에서는 간접 경로의 이득은 0.7로 고정하였다. 안테나의 높이가 낮은 것은 임펄스 라디오의 프로토타입에서 사용되는 안테나의 높이와 송수신 시스템이 데스크탑으로 놓여 있는 경우를 가정하고 있다. 그림 3에서 두 방식의 전송을 비교하여 보면 임펄스 라디오의 전송방식이 직접 수열 확산 스펙트럼 방식보다 성능이 우수함을 보여주고 있다.

그림 4는 FEC 코드를 사용한 직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오의 단일경로와 결정론적인 모델에 대한 성능을 비교한 것이다. 결정론적인 2-path는 동일한 조건으로 실험하였다. 그림 3과 비교해보면 FEC 코드를 사용한 전송방식이 직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오 방식에서는 약 2dB정도 성능이 우수함을 나타내고 있다.

그림 5는 다원 접속 측면에서 성능을 비교한 것이다. 직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오의 각 사용자의 신호대잡음비는 8.5dB로 설정하였다. 또한 각 사용자의 증가를 2,4,6,8로 증가하였을 때 나타나는 성능을 비교해 보았을 때 다원 접속 측면에서도 임펄스 라디오 방식이 우수한 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11의 무선 LAN의 프로토콜을 기본적으로 사용하고 전송 방식을 직접 수열 확산 스펙트럼 방식을 사용하는 기존의 방법과 임펄스 라디오 방식을 사용하는 경우의 성능을 비교하였다. 직접 수열 확산 스펙트럼 방식에서는 단일 경로와 간접 경로의 경로이득에 따라서 변함을 관측하였고, 임펄스 라디오 방식의 성능은 경로간의 시간지연과 PPM의 이진 데이터간의 시간 지연의 상대적 차와 간접 경로의 경로 이득에 따라서 변함을 관측하였다. 그리고 FEC 코드를 사용했을 경우 성능의 향상을 가져오는 것을 관측할 수가 있었

으며 두 방식을 비교하여 본 결과 직접 수열 확산 스펙트럼 방식보다는 임펄스 라디오 방식의 성능이 우수함을 관측할 수 있었다. 다원 접속 측면에서도 데이터 전송시에 발생하는 트래픽이나 확장성 측면에서 임펄스 라디오 방식으로 전송한다면 더 우수한 성능을 가져올 것이다. IEEE 802.11의 무선 LAN은 ISM 밴드를 사용하고 있으므로 이 대역폭의 사용에 대하여 허가가 필요하지 않다는 장점이 있다. 임펄스 라디오 방식은 초광대역의 넓은 대역폭을 사용하고 있어서 좋은 성능을 가지고 있으며 미국 FCC에서는 1998년 9월부터 동 기술의 초광대역성을 수용하는 새로운 주파수 규정을 마련하기 위하여 조사중에 있다.

참고 문헌

- [1] "IEEE 802.11 Technical Tutorial", Tech Report available at <http://www.breezecom.com>.
- [2] Rifaat A. Dayem, "Mobile Data and Wireless LAN Technologies", pp. 111-148, 1997.
- [3] Dr-Tiunn Deng and Ruay-Shiung Chang, "Priority Scheme for IEEE 802.11 DCF Method", July 1998.
- [4] P. Withington, "Impulse radio overview," Tech. Report available at <http://www.time-domain.com>.
- [5] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Impulse radio : How it works," *IEEE Comm. Lett.*, vol. 2, pp. 36-38, Feb. 1998.
- [6] R. A. Scholtz and M. Z. Win, "Impulse radio," in *Wireless Communications* (S. G. Glisic and P. A. Leppanen Eds.), Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [7] R. A. Scholtz, "Multiple access with time hopping impulse modulation," in *Proc. IEEE MILCOM '93*, pp. 447-450, Oct. 1993.
- [8] K. Pahlavan and A. H. Levesque, *Wireless Information Networks*, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [9] F. Ramirez-Mireles and R. A. Scholtz, "System Performance of Impulse Radio Modulation," *Proceedings of RAWCON'98*, pp. 67-70, 1998.

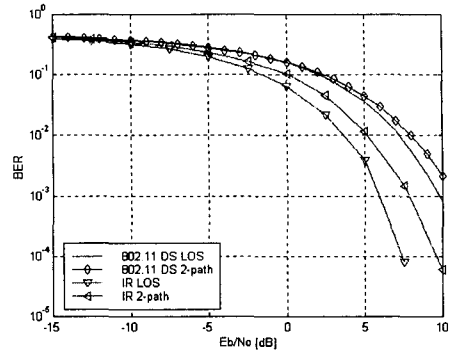


그림 3. FEC 코드를 사용하지 않은 직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오의 성능비교.

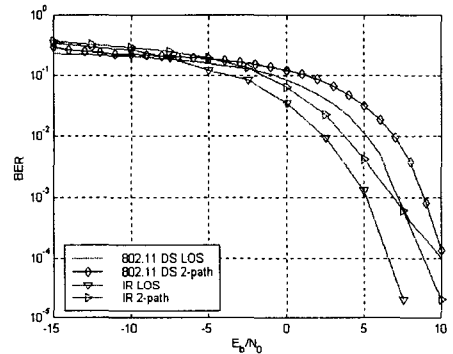


그림 4. FEC 코드를 사용한 직접 수열 확산 스펙트럼 방식과 임펄스 라디오의 성능비교.

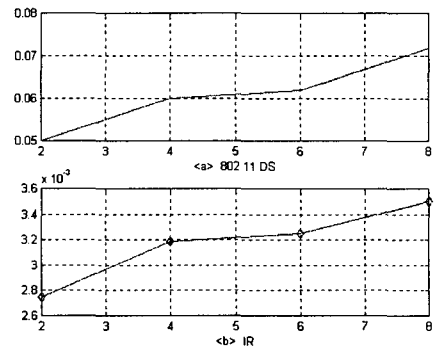


그림 5. 다원 접속에 따른 성능 비교.