

논문 2004-41SD-5-17

OFDM 기반의 무선 LAN 시스템을 위한 효율적인 비트 로딩 알고리즘 및 하드웨어 구조 설계

(An Efficient Bit Loading Algorithm for OFDM-based Wireless LAN systems and Hardware Architecture Design)

강 희 윤*, 손 병 직**, 정 윤 호*, 김 근 회***, 김 재 석*

(HuiYun Kang, Byungjik Son, YunHo Jung, Kunhoe Kim, and Jaeseok Kim)

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11a 무선 LAN 시스템의 성능 향상과 전송율 증가를 위해 효율적인 비트 로딩 알고리즘 적용 방안을 제안하였다. 기존의 비트 로딩 알고리즘은 각 부채널의 신호대 잡음비(SNR)를 입력받아 수행되는데, 무선 LAN 시스템은 랜덤한 백색잡음 때문에 정확한 SNR 추정이 어렵다. 이는 비트 로딩을 적용할 때 이상적인 성능 이득보다 저하되는 문제점이 있다. 따라서 이 문제점을 해결하기 위해 SNR이 아닌 채널의 주파수 응답을 이용하는 비트 로딩 알고리즘을 제안하였다. 모의 실험을 통해 기존의 비트 로딩 알고리즘을 무선 LAN 시스템에 적용하였을 때 PER이 10⁻²에서 전송 모드에 따라 0.5 ~ 5dB의 성능 이득을 얻은 반면, 제안된 방법의 비트 로딩 알고리즘은 동일한 조건에서 3.5 ~ 8dB 사이의 성능 이득을 얻을 수 있었고, 데이터 전송율은 최대 54Mbps에서 63Mbps로 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 하드웨어 설계 결과, 제안된 방법을 적용한 비트 로딩 연산 블록은 4.2K의 gate count와 2.8Kbit 메모리를 포함하고, 기존의 비트 로딩 알고리즘보다 약 34% 정도 감소함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose an efficient bit loading algorithm for IEEE 802.11a wireless LAN systems. While a conventional bit loading algorithm uses the SNR value of each subcarrier, it is very difficult to estimate the exact SNR value in wireless LAN systems due to randomness of AWGN. Therefore, in order to solve this problem, our proposed algorithm uses the channel frequency response instead of the SNR of each subcarrier. Through simulation results, we can obtain the performance gain of 3.5 ~ 8dB at PER of 10⁻² with the proposed bit loading algorithm, while the conventional one obtains the performance gain of 0.5 ~ 5dB at the same conditions. Also, the increased data rate can be confirmed 63Mbps. After the logic synthesis using 0.35 μ m CMOS technology, the logic gate count for the processor with proposed algorithm can be reduced by 34% in comparison with the conventional one.

Keywords : bit loading algorithm, channel frequency response, IEEE 802.11a Wireless LAN Systems, SNR

I. 서 론

최근 다양한 멀티미디어 서비스의 증가는 무선 LAN

시스템의 성능 향상과 데이터 전송율 증가를 요구하고 있다. IEEE 802.11a^[1] 무선 LAN 시스템은 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기법을 이용하여 최대 54Mbps의 데이터 전송율을 지원하고 있는데, 향후에는 200 ~ 300Mbps의 고속 데이터 전송을 요구하게 될 것이다. 따라서 기존 무선 LAN 시스템의 성능 향상과 전송율 증가를 위해 비트 로딩 알고리즘에 대한 관심이 증가하고 있다^[2]. 비트 로딩 알고리즘이란 OFDM의 각 부반송파 별로 채널에 적절한 비트를 할당

* 정회원 ** 학생회원, 연세대학교 전기전자공학과
Department of Electrical and Electronic Engineering,
Yonsei University)

*** 정회원, (주)C&S technology

* 본 연구는 정보통신부 대학 IT 연구센터 육성, 지원 사업의 결과로 수행되었습니다.

접수일자: 2003년3월3일, 수정완료일: 2004년5월4일

하여 전송하는 방식으로 전송 신호의 신뢰성을 높일 수 있는 장점이 있다. 일반적으로 비트 로딩 알고리즘에는 Hughes-Hartogs 알고리즘^[3], Chow 알고리즘^[4], Fischer 알고리즘^[5] 등이 있다. 그 중에서도 Fischer 알고리즘은 다른 알고리즘에 비해 연산량 및 하드웨어 복잡도가 상대적으로 작기 때문에 무선 채널 환경에서의 비트 로딩 알고리즘으로 고려되고 있다^[6-7]. 그러나 Fischer 알고리즘을 적용하기 위해서는 부채널의 정확한 SNR 정보를 이용해야 하는데, 실제 무선 LAN 시스템은 랜덤한 백색잡음으로 인해 정확한 SNR 정보를 추정하기 어려운 문제를 갖는다.

이 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 무선 LAN 시스템에 적합한 효율적인 비트 로딩 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 기존 비트 로딩 알고리즘의 SNR 입력 값 대신 다양한 입력 값 중에 모의실험을 통해 최적의 값을 설정하여 기존의 Fischer 알고리즘보다 더 좋은 성능을 가지며, 하드웨어 구조가 간단해 질 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I 장 서론에 이어, II 장에서는 Fischer 알고리즘에 대해 간단히 살펴보고, III 장에서는 제안된 비트 로딩 알고리즘에 대해서 설명한다. 이어서 IV 장에서는 모의 실험 결과를 제시하고, V 장에서는 하드웨어 구현 및 검증 결과를, VI 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 기존의 비트 로딩 알고리즘

IEEE 802.11a 무선 LAN 시스템은 각 부반송파에 대해 고정적으로 정보를 할당하여 전송하고 있다. 그러나 각 부반송파는 서로 독립적이므로 부반송파별로 서로 다른 SNR 값을 가지게 된다. 만약 송신단이 부반송파의 SNR을 모두 알고 있다면, 송신단은 부반송파의 SNR에 따른 정보 비트를 할당하여 더 좋은 성능을 얻을 수 있다^[8].

Fischer 알고리즘은 각 부반송파가 가지고 있는 심볼 오류 확률이 최소가 되도록 비트를 할당한다. Fischer 알고리즘은 다음의 식 (1)을 이용해서 각 부반송파에 할당할 비트를 결정한다.

$$R_i = \frac{R_T}{D} + \frac{1}{D} \cdot \sum_{k=0}^{D-1} \log_2 \frac{N_k}{H_k^2} - \log_2 \frac{N_i}{H_i^2} \quad (1)$$

여기서 R_i 는 각 부반송파에 할당될 비트 수이고,

D 는 비트가 할당되는 부반송파 개수이며, R_T 는 OFDM 한 심볼 안에 있는 target 비트가 된다. 그리고 N_i 는 백색잡음 분산이며, $|H_i|$ 는 채널의 주파수 응답이고, i 는 부반송파를 나타내는 인덱스이다.

만약 첫 연산을 수행하여 $R_i < 0$ 인 부반송파가 나왔다면, 이 부반송파는 0 비트로 할당하여 식 (1)을 다시 적용한다. 이러한 과정은 모든 부반송파에 대해서 $R_i > 0$ 가 되도록 반복적으로 수행되고, 모든 부반송파가 $R_i > 0$ 를 만족한다면, R_i 를 모두 더한 total 비트와 target 비트가 같아지도록 적절히 비트를 가감하게 된다.

그러나 Fischer 알고리즘은 송신단이 부채널의 SNR 정보를 정확하게 알고 있다고 가정한다. 따라서 무선 LAN 시스템에 적용하려면, 프리앰블로부터 채널의 SNR 정보를 정확하게 추정해야 한다^[6]. 그러나 백색잡음은 랜덤하기 때문에 데이터를 보내는 시간에 더해질 값을 미리 예측하는 것은 불가능하다. 또한 무선 LAN 시스템은 패킷 단위의 전송이므로 매 OFDM 심볼마다 SNR을 추정할 수 없기 때문에, 추정된 SNR 정보는 실제 데이터의 SNR 정보와는 다른 문제점이 발생한다. 이 문제점을 해결하기 위해 비트 로딩의 입력으로 SNR을 이용하지 않고, 채널의 주파수 응답을 이용하여 연산하도록 하였다.

III. 제안된 비트 로딩 알고리즘

기존의 무선 LAN 시스템은 정확한 SNR 정보를 추정할 수 없기 때문에, 비트 로딩 알고리즘을 적용할 때 성능 향상 정도가 이론적인 경우보다 저하되게 된다. 결국 무선 LAN 시스템에서 부정확한 백색잡음(N_i)을 어떻게 처리해야만 더 좋은 성능 이득을 얻을 수 있는지 고려할 필요가 있다. 이를 위해 식 (1)의 $\frac{N_i}{|H_i|^2}$ 에 해당하는 부분을 다음의 3 종류 중에 하나를 설정하고, 각각의 모의 실험을 통해 비교 분석하여 최적의 값을 결정하도록 하였다.

a) 첫 번째 경우: $inv\ SNR_{i-N/H}$ 를 사용할 때

첫 번째는 식 (2)와 같이 기존의 Fischer 알고리즘에 해당하는 입력 값을 사용하는 경우이다.

$$inv\ SNR_{iN/H} = \frac{N_i}{H_i^2} = \frac{N_{re_i}^2 + N_{im_i}^2}{H_{re_i}^2 + H_{im_i}^2} \quad (2)$$

여기서 채널과 백색잡음은 복소수로 주어지기 때문에 H_{re} , H_{im} , N_{re} 와 N_{im} 으로 나타낼 수 있다. 그리고 $inv\ SNR_i$ 는 SNR_i 의 역수를 의미한다.

그림 1은 식 (2)를 사용한 경우의 비트 할당 결과이다. 식 (2)의 $inv\ SNR_{iN/H}$ 값이 작은 소수 개의 부반송파에는 최저 0 비트가 할당되고, 큰 값을 가지는 부반송파에는 최고 8 비트가 할당되는 것을 알 수 있다.

b) 두 번째 경우: $inv\ SNR_{i\sqrt{N/H}}$ 를 사용할 때 두 번째 경우는 식 (2)의 제곱근을 취한 값으로 식 (3)과 같이 표현된다. 제곱근은 식 (2)의 큰 값을 작게 만드는 효과를 가져오기 때문에 다른 결과를 보이게 된다.

$$inv\ SNR_{i\sqrt{N/H}} = \sqrt{\frac{N_i}{H_i^2}} = \sqrt{\frac{N_{re_i}^2 + N_{im_i}^2}{H_{re_i}^2 + H_{im_i}^2}} \quad (3)$$

그림 2는 식 (3)의 $inv\ SNR_{i\sqrt{N/H}}$ 값과 이에 따른 비트 할당 결과를 보여준다. 그림 2를 보면 그림 1과 달리 최저 비트가 0이 아닌 2와 최고 비트는 8이 아닌 7이 할당된다.

c) 세 번째 경우: $inv\ SNR_{i\sqrt{1/H}}$ 를 사용할 때 제안된 세 번째는 식 (2)과 식 (3)에서 정확하게 추정되지 못한 백색잡음이 오히려 비트 로딩 연산시 오류로 작용하기 때문에 백색잡음의 전력을 상수 1로 고정하여 식 (4)와 같이 표현한 경우이다. $|H_i|$ 는 채널의 주파수 응답을 나타낸다.

$$inv\ SNR_{i\sqrt{1/H}} = \frac{1}{H_i} = \frac{1}{\sqrt{H_{re_i}^2 + H_{im_i}^2}} \quad (4)$$

그림 3는 식 (4)의 $inv\ SNR_{i\sqrt{1/H}}$ 값과 이에 따른 비트 할당 결과를 보여준다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, 이 경우에는 채널의 주파수 응답을 따라가면서 비트가 할당됨을 알 수 있다.

제안된 식 (4)는 채널의 주파수 응답을 이용하지만, 백색잡음의 전력을 1로 고정하였다. 이 결정을 위해 그림 4는 다양한 백색잡음의 전력 변화에 대한 성능을 보

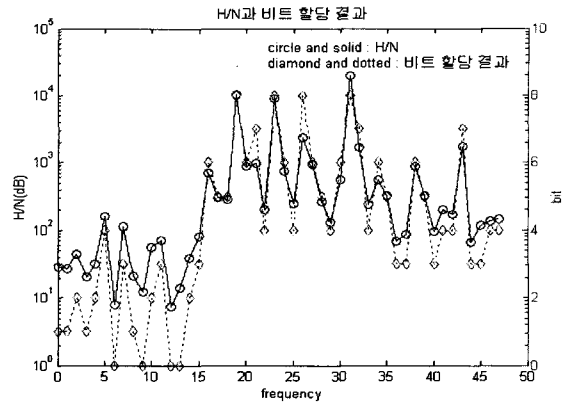


그림 1. 첫 번째 $inv\ SNR_{iN/H}$ 와 결과
Fig. 1. The first input information and result.

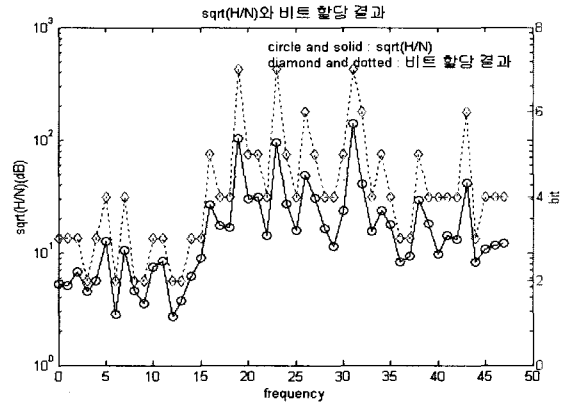


그림 2. 두 번째 $inv\ SNR_{i\sqrt{N/H}}$ 와 결과
Fig. 2. The second input information and result.

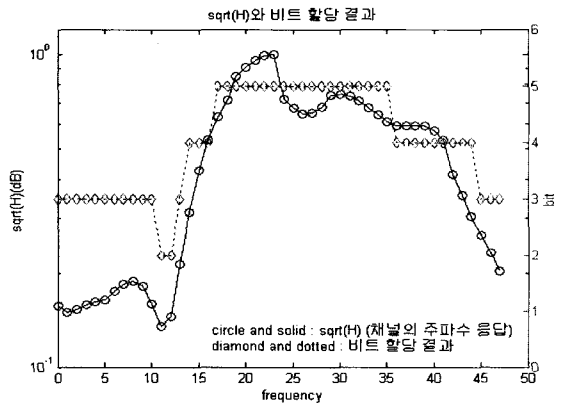


그림 3. 세 번째 $inv\ SNR_{i\sqrt{1/H}}$ 와 결과
Fig. 3. The third input information and result.

여준다. 54Mbps를 기준으로 백색잡음의 전력을 10, 1, 0.1, 0.01, 0.001로 설정하여 모의 실험을 하였는데, 다양한 백색잡음은 성능에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

비트 로딩이 결합되면 정확하지 못한 SNR이라도 기존의 무선 LAN 시스템보다 좋은 성능을 가져올 수 있

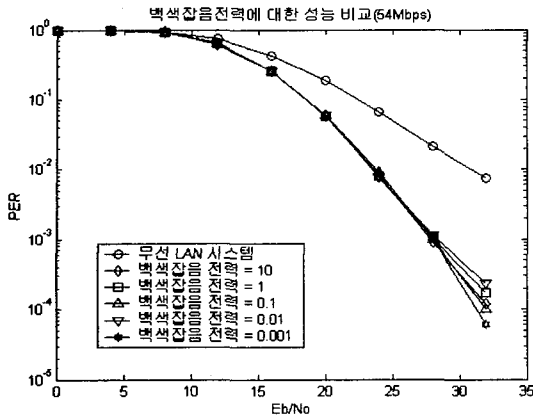


그림 4. 백색잡음 전력에 대한 성능 평가
Fig. 4. Performance analysis of AWGN.

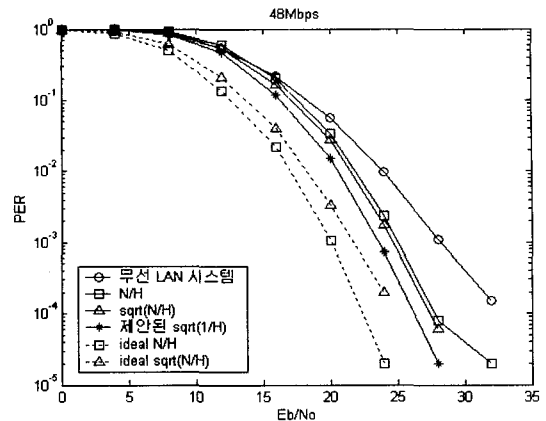


그림 6. 48Mbps의 성능 비교
Fig. 6. Performance of 48Mbps.

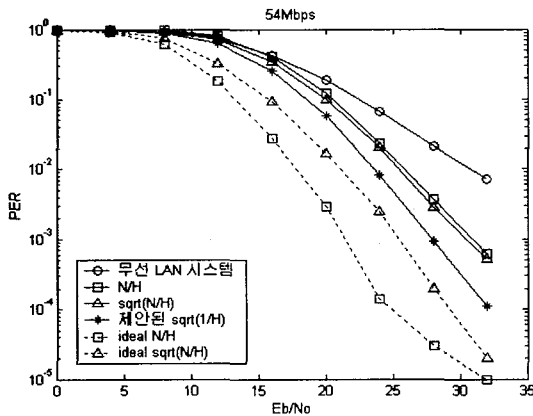


그림 5. 54Mbps의 성능 비교
Fig. 5. Performance of 54Mbps

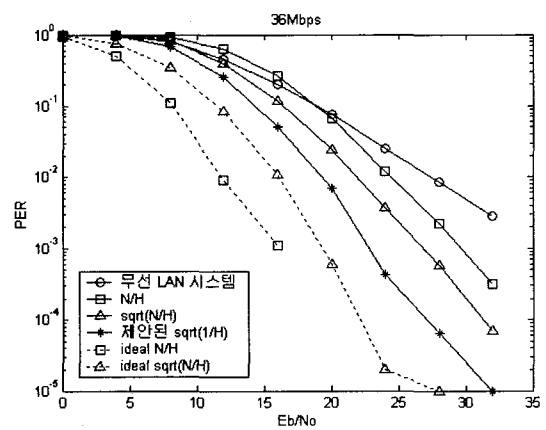


그림 7. 36Mbps의 성능 비교
Fig. 7. Performance of 36Mbps.

표 1. 입력 값 비교를 위한 실험 환경
Table 1. Simulation environment for comparison of input information.

Mode	54, 48Mbps	36, 24Mbps
Conventional modulation level	64QAM (6 bit)	16QAM (4 bit)
Maximum modulation level	256QAM (8 bit)	
Minimum modulation level	No Transmission (0 bit)	

다. 그러나 식 (2)와 식 (3)를 사용하게 되면 정확히 추정되지 못한 백색잡음 때문에 오류가 발생하게 되므로, 제안된 식 (4)를 이용하는 것이 더 좋은 성능을 얻을 수 있다. 또한 식 (4)를 사용하게 되면 백색잡음을 고려할 필요가 없기 때문에 하드웨어의 복잡도를 줄이는 장점을 얻는다.

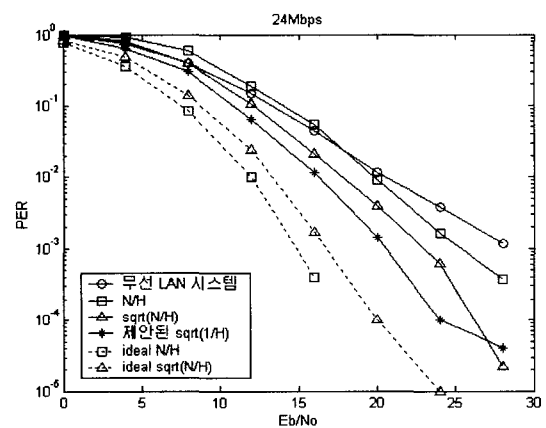


그림 8. 24Mbps의 성능 비교
Fig. 8. Performance of 24Mbps.

위의 3 종류의 입력 값들은 식 (1)의 $\frac{N_i}{|H_i|^2}$ 를 대신하여 입력되고, 입력된 후에 비트 로딩이 수행되는 과정은 Fischer 알고리즘과 동일하게 된다.

IV. 모의 실험 결과

1. 성능 평가 비교

비트 로딩이 결합된 무선 LAN 시스템의 성능 평가를 위한 실험 환경은 표 1과 같다.

그림 5는 54Mbps에서 3 종류의 다른 입력 값을 가지는 비트 로딩에 대한 각각의 성능 평가 결과를 보여준다. 비트 로딩 알고리즘은 기존의 무선 LAN 시스템의 성능을 향상시키지만, 정확하지 않는 SNR로 인해 성능 향상은 PER이 10⁻²에서 약 5dB 정도이다. 그러나 제안된 비트 로딩은 약 6.5dB의 향상을 가져 올 수 있다.

그림 6은 48Mbps이며, 동일한 조건에서 기존 무선 LAN 시스템이 24dB를 요구하는 반면, 기존 비트 로딩이 결합되면 22dB를, 제안된 비트 로딩이 결합되면 20.5dB를 요구한다.

그림 7과 그림 8은 각각 36Mbps, 24Mbps를 나타내고, 동일한 조건에서 기존 무선 LAN 시스템이 27.5dB, 20.5dB를, 기존 비트 로딩이 결합되면 24.5dB, 20dB를, 제안된 비트 로딩이 결합되면 19.5dB, 16.5dB를 요구한다.

이를 표로 정리하면 표 2와 같고, PER = 10⁻²을 기준으로 하였다.

비교를 위해 정확하게 SNR을 추정할 경우 실험을 하였으며, ideal N/H와 ideal sqrt(N/H)이 보여주는 성능이다. 정확하게 SNR을 추정했을 때는 식 (2)을 입력으로 했을 때 가장 우수함을 알 수 있다.

정리를 하면 정확한 SNR 정보를 추정할 수 있다면 식 (2)의 경우가 가장 좋을 것이다. 그러나 랜덤한 백색 잡음 때문에 정확한 SNR 추정이 어려우므로 식 (2)을 이용하는 것보다는 제안된 식 (4)을 이용하는 것이 더

표 2. PER = 10⁻²을 얻기 위한 최소 E_b/N₀ 값
Table 2. Minimum E_b/N₀(dB) of PER 10⁻².

전송 모드 (Mbps)	기존 무선 LAN 시스템	기존 비트 로딩 적용	제안된 비트 로딩 적용
54	31 dB	26 dB	24.5 dB
48	24 dB	22 dB	20.5 dB
36	27.5 dB	24.5 dB	19.5 dB
24	20.5 dB	20 dB	16.5 dB

좋다는 것을 알 수 있다.

2. 데이터 전송을 증가

비트 로딩을 결합하면 무선 LAN 시스템의 성능이 향상뿐만 아니라, 데이터 전송율의 증가도 가져 올 수 있는데, 이를 위한 실험 환경은 표 3과 같다.

표 3은 54Mbps를 기준으로 인터리버와 코딩율을 고려하여 72Mbps와 63Mbps만 가능하다. 그림 9는 각각의 성능 평가를 보여준다.

그림 9를 보면 72Mbps는 54Mbps 보다 성능 저하가 발생한 반면, 63Mbps는 데이터 전송율 증가뿐만 아니라, 오히려 54Mbps인 경우보다 약 4dB 정도 성능 향상을 얻을 수 있었다.

V. 하드웨어 구현 및 검증

1. 전체 블록도

비트 로딩 연산의 전체적인 하드웨어 구조는 그림 10과 같다. 채널 추정이 끝나면 비트 로딩 연산의 시작을 알리는 bl_start 신호를 받고, 비트 로딩 연산이 끝나면

표 3. 데이터 전송율 결정
Table 3. Data rate determination.

Data Rate (Mbps)		R	data bits per symbol	coded bits per symbol
모드	제안된 속도			
54	72	3/4	288	384
	63	3/4	252	336

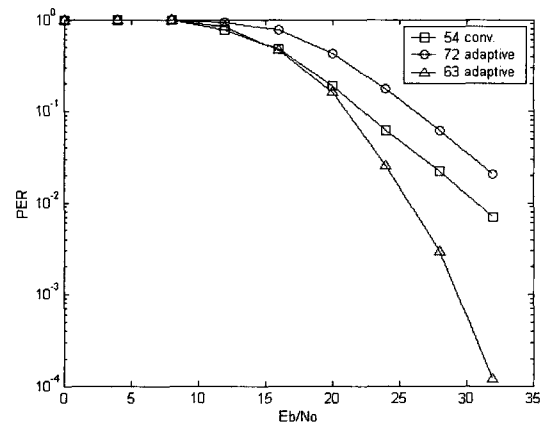


그림 9. 데이터 전송율 증가 성능 평가
Fig. 9. Performance of data rate increase.

bl_end 신호를 다음 단계에 주게 된다. 비트 로딩을 수행하기 위한 입력 값을 결정하는 블록은 제안된 식 (4)의 $inv\ SNR_{i\sqrt{(1/H)}}$ 를 계산하는 블록이고, 다음의 비트 로딩 연산 블록에서 이 값을 이용하기 때문에 메모리에 저장한다. 또한 비트 로딩 연산 블록에서는 제안된 식 (4)의 연산이 끝나면 이를 이용해서 기존의 Fischer 알고리즘을 수행한다. 최종 연산이 끝나면 결과를 메모리에 저장하여, 적응 변조를 수행하게 된다.

2. 입력 값 결정 블록 설계

그림 11은 비트 로딩을 위한 입력 값을 결정해 주는 블록이다. 기존의 비트 로딩 알고리즘은 백색잡음의 전력도 같이 고려해 주어야 하지만, 제안된 경우는 백색잡음에 대한 고려를 할 필요가 없기 때문에 하드웨어의 감소를 얻을 수 있다. 제안된 식 (4)의 $inv\ SNR_{i\sqrt{(1/m)}}$ 를 연산해야 되지만, 하드웨어의 복잡도를 고려해 성능 평가를 수행한 결과 성능의 차이가 없기 때문에 식 (5)

와 같이 연산하도록 하였다. 또한 log2 연산은 모의 실험을 통한 table을 이용하여 대신하였고, 나눗셈은 log2 때문에 식 (6)과 같이 연산할 필요가 없어진다.

$$\frac{1}{\sqrt{H_{re_i}^2 + H_{im_i}^2}} \approx \frac{1}{H_{re_i} + H_{im_i}} \tag{5}$$

$$\log_2\left(\frac{1}{H_{re_i} + H_{im_i}}\right) = -\log_2(H_{re_i} + H_{im_i}) \tag{6}$$

제어부를 통해 bl_start 신호가 들어오면, 채널 추정 블록으로부터 채널 값, H_re와 H_im을 받아들인다. 그 후 각각의 절대값을 구하고, 오버플로우 방지를 위한 비트를 첨가한 후, 이를 더해서 log2 table을 통해 inv_snr을 출력하게 된다.

3. 비트 로딩 연산 블록 설계

그림 12와 그림 13은 비트 로딩의 입력 값이 결정되

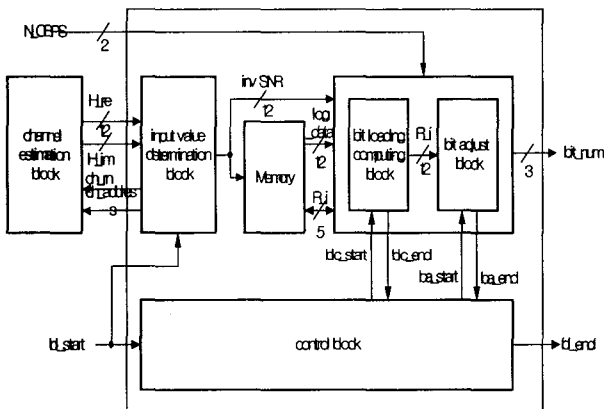


그림 10. 비트 로딩 전체 블록도
Fig. 10. Top block of bit loading.

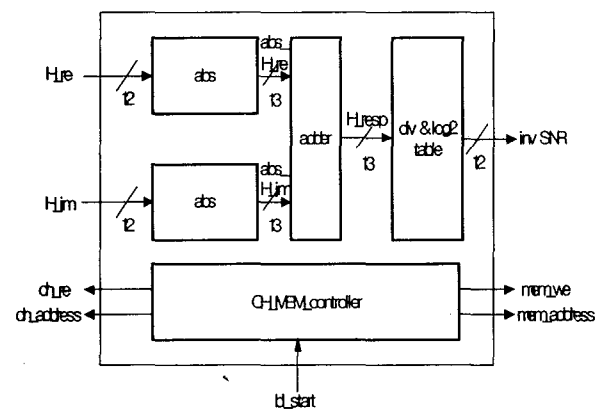


그림 11. 입력 값 결정 블록도
Fig. 11. Input value determination block.

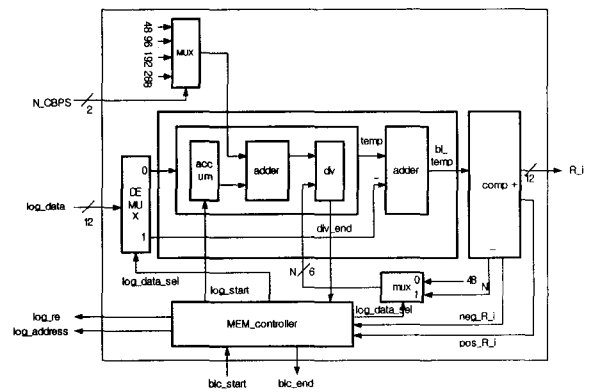


그림 12. 비트 로딩 연산 블록도
Fig. 12. Bit loading operation block.

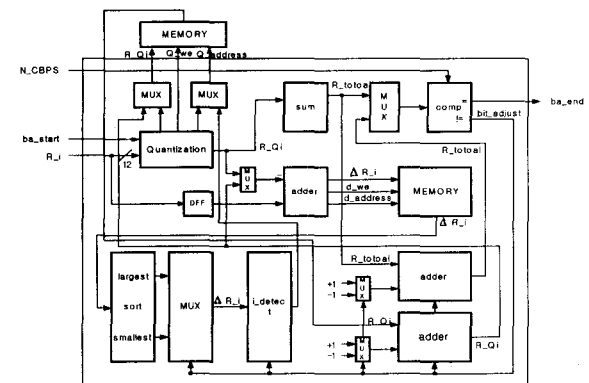


그림 13. 비트 조정 블록도
Fig. 13. Bit loading adjust block.

면 알고리즘을 연산하는 블록이다. 그림 12는 기존의 Fischer 알고리즘을 수행하기 위해 모든 R_i 가 양수를 만족하도록 만들어 주고, 그림 13은 양수인 R_i 에 대해 total bit와 target bit가 같도록 조절해 주는 부분이다.

그림 12는 제어부를 통해 blc_start 신호로부터 구동된다. 대부분의 연산은 덧셈과 나눗셈이며, 나눗셈의 경우는 소수점 이하 둘째까지 구하게 되고, accum은 모든 부분송파를 더해서 합을 구하는 블록이다. 그림 11에서 나온 결과를 식 (1)에 따라 연산하기 위해 accum과 덧셈, 나눗셈 등을 통해서 bl_temp를 구하고 음수가 나온 bl_temp는 제거하고 양수가 된 bl_temp만 R_i 로 다음 단계로 넘겨준다.

그림 13은 모두 양수이면서 동시에 소수인 R_i 에 대해서 정수로 만들기 위해 양자화를 수행한다. 그 결과로부터 둘 사이의 차이를 구하고, total bit와 target bit를 비교하여 같으면 ba_end를 주고 메모리에 저장된 R_Q 를 사용하게 된다. 만약 서로 다르면 bit_adjust 신호를 주고, 이 신호에 의해 같게 맞추어 주도록 비트를 적절히 가감하게 된다.

4. 논리 합성 결과

Synopsys 캐드 툴 및 $0.6\mu\text{m}$ 공정을 이용한 비트 로딩 연산의 논리 합성 면적은 4.2K의 논리 gate count와 2.8Kbit의 메모리를 포함하고, 기존의 비트 로딩 알고리즘은 백색잡음의 전력을 고려하기 때문에 6.4K의 gate count이다. 따라서 34% 감소하였음을 알 수 있다. 이를 정리하면 표 4와 같다.

표 4. 논리 합성 비교 결과
Table 4. Logic synthesis result comparison.

비교	기존의 비트로딩 알고리즘		제안된 비트로딩 알고리즘		
	개수	gate count	개수	gate count	
연산 블록	DIV	2	1,170	1	550
	ADDER /SUB	8	1,500	6	1,130
	MUL	4	1,200	0	0
	기타	-	2,570	-	2,570
	총계	-	6,440	-	4,250
메모리(bit)	4,032		2,880		

VI. 하드웨어 구현 및 검증

본 논문에서는 성능 향상과 전송율 증가를 위해 IEEE 802.11a 무선 LAN 시스템에 효율적으로 비트 로딩을 적용하는 방식을 제안하였다. 기존의 비트 로딩 알고리즘은 부채널의 정확한 SNR 정보를 이용해야 되지만, 무선 LAN 시스템은 랜덤한 백색잡음 때문에 SNR 추정에 문제점이 발생하게 된다. 이 문제점을 해결하기 위해 제안된 방식은 SNR이 아닌 채널의 주파수 응답을 통해 비트 로딩 알고리즘을 수행한다. 따라서 기존 비트 로딩 알고리즘을 무선 LAN 시스템에 적용하였을 때 PER이 10⁻²에서 0.5 ~ 5dB 사이의 성능 이득을 얻은 반면, 제안된 비트 로딩 알고리즘은 동일한 조건에서 3.5 ~ 8dB 사이의 성능 이득을 얻을 수 있었고, 하드웨어 복잡도에서 백색잡음을 고려하지 않으므로 34% 감소할 수 있는 장점도 가지게 된다. 또한 제안된 비트 로딩 알고리즘을 적용하여 63Mbps까지 전송 가능하고, 이 경우 54Mbps보다 약 4dB의 성능 향상을 확인하였다. 따라서 제안된 방법의 비트 로딩 알고리즘은 IEEE 802.11a 무선 LAN 시스템에 효율적이라고 할 수 있다.

참고 문헌

- [1] IEEE standard 802.11a, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications: High-Speed Physical Layer in the 5GHz Band", Dec. 1999.
- [2] Todor Cooklev, Marcos Tzannes, Dongjun Lee and Colin Lanzl, "Extended Data Rate 802.11a", doc.:IEEE 802.11-02/231r0, pp. 1-6, March 2002.
- [3] D. Hughes-Hartogs, "Ensemble Modem Structure for Imperfect Transmission Media", U.S. Patents Nos. 4,679,227(July 1987), 4,731,816(March 1988), 4,833,706(May 1989)
- [4] P. S. Chow, J. W. Cioffi, J. A. C. Bingham, "A practical discrete multitone transceiver loading algorithm for data transmission over spectrally shaped channels", IEEE Transactions on Communications vol. 43 No. 2/3/4, pp. 773-775, Feb. 1995.
- [5] Robert F. H. Fischer and Johannes B. Huber, "A

New Loading Algorithm for Discrete Multitone Transmission, Global Telecommunication Conference vol. 1, pp. 724-728, 1996.

[6] Liesbet Van der Perre, Steven Thoen, Patrick Vandenameele, Bert Gyselinckx, Marc Engels, "Adaptive loading strategy for a high speed OFDM-based WLAN", Global Telecommunication conference vol. 4, pp. 1936-1940, 1998.

[7] Andre Noll Barreto and Simeon Furrer, "Adaptive Bit Loading for Wireless OFDM Systems", Personal, Indoor and Mobile Radio Communications vol. 2, pp. 88-92, 2001.

[8] R. G. Gallager, "Information Theory and Reliable Communication", New York, John Wiley & Sons, 1968.

저 자 소 개



강 희 윤(정회원)
 2001년 연세대학교
 전기전자공학과 학사졸업.
 2003년 연세대학교
 전기전자공학과 석사졸업.
 2003년~현재 (주)LG 정보통신.
 <주관심분야: 다중 반송파 통신 시스템, 다중 안테나 기법, 통신시스템용 SoC 설계>



손 병 직(학생회원)
 2003년 연세대학교
 전기전자공학과 학사졸업.
 2003년~현재 연세대학교
 전자공학과 석사과정.
 <주관심분야: 다중 반송파 통신 시스템, 다중 안테나 기법, 통신시스템용 SoC 설계>



정 윤 호(정회원)
 1998년 연세대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2000년 연세대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2000년~현재 연세대학교 전기
 전자공학과 박사과정.
 <주관심분야: 다중 반송파 통신 시스템, 다중 안테나 기법, 통신시스템용 SoC 설계>



김 근 회(정회원)
 1993년 연세대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1995년 연세대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1995년~현재 연세대학교 전기
 전자공학과 박사과정.
 2003년~현재 (주)C&S technology 반도체연구소
 <주관심분야: 무선 LAN, 다중 반송파 통신 시스템, 통신시스템용 SoC 설계>



김 재 석(정회원)
 1977년 연세대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1979년 한국과학기술원 전기전자
 공학과 석사 졸업.
 1988년 Rensselaer Polytechnic
 Institutes NY NSA(Ph.D)
 1993년~1995년 한국전자통신연구원 책임연구원
 1996년~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수
 <주관심분야: 유무선 통신시스템, 영상처리시스템, 통신 및 영상처리시스템용 SoC 설계>