



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0094362  
(43) 공개일자 2008년10월23일

(51) Int. Cl.

H04B 7/26 (2006.01) H04L 12/28 (2006.01)  
H04L 12/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0038713

(22) 출원일자 2007년04월20일

심사청구일자 2007년04월20일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

신지태

경기 안양시 동안구 호계2동 임광그대가 3차 아파트 301동 502호

이승준

서울 서초구 서초2동 신동아아파트 8동 107호

(74) 대리인

백남훈, 이학수

전체 청구항 수 : 총 7 항

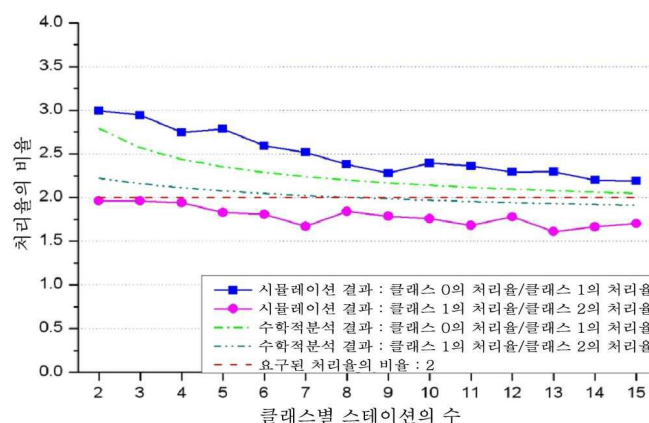
(54) IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법

(57) 요약

본 발명은 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법에 대한 것으로서, 더욱 상세하게는 IEEE 802.11e 전송방식의 수학적 분석을 통하여 처리율(throughput)과 패킷 손실율(packet loss rate)에 영향을 주는 변수를 확인함으로써, 사용자에게 등급에 따른 비례적 차별화 서비스(proportional differentiation service)를 제공할 수 있도록 한 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정방법에 관한 것이다.

이러한 본 발명은 채널이 사용되고 있는 확률( $P_b$ )을 계산하는 단계; 각 우선 순위 등급(i)의 패킷 전송이 성공할 확률( $P_{s,i}$ )을 계산하는 단계; 모든 우선순위 등급에 대해 패킷 전송이 성공할 확률( $P_s$ )을 계산하는 단계; 상기  $P_b$ ,  $P_{s,i}$ ,  $P_s$ 를 이용하여 각 우선 순위 등급의 처리율( $S_i$ )을 계산하는 단계; 상기  $S_i$ 를 이용하여 우선 순위 등급간 처리율의 비율( $K_T$ )을 계산하는 단계; 사용자가 등급에 따라 일정한 비율의 처리율을 얻도록 상기  $K_T$ 를 설정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다. 또한 본 발명은 각 우선 순위 등급(i)의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률( $p_i$ )을 계산하는 단계; 상기  $p_i$ 를 이용하여 각 우선 순위 등급의 패킷 손실율( $P_{i,loss}$ )을 계산하는 단계; 상기  $P_{i,loss}$ 를 이용하여 우선 순위 등급간 패킷 손실율의 비율( $K_L$ )을 계산하는 단계; 사용자가 등급에 따라 일정한 비율의 패킷 손실율을 얻도록 상기  $K_L$ 를 설정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

채널이 사용되고 있는 확률( $P_b$ )을 계산하는 단계;

각 우선 순위 등급( $i$ )의 패킷 전송이 성공할 확률( $P_{s,i}$ )을 계산하는 단계;

모든 우선 순위 등급에 대해 패킷 전송이 성공할 확률( $P_s$ )을 계산하는 단계;

상기  $P_b$ ,  $P_{s,i}$ ,  $P_s$ 를 이용하여 각 우선 순위 등급의 처리율( $S_i$ )을 계산하는 단계;

상기  $S_i$ 를 이용하여 우선 순위 등급간 처리율의 비율( $K_T$ )을 계산하는 단계;

사용자가 등급에 따라 일정한 비율의 처리율을 얻도록 상기  $K_T$ 를 설정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 우선 순위 등급간 처리율의 비율  $K_T$ 는 각 등급의 최소 경쟁 윈도우(Minimum Contention Window), 최대 백 오프 스테이지(Maximum backoff stage), 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법.

### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

$$K_T = \frac{CW_{i+1,0}C_{i+1}}{CW_{i,0}C_i}$$

상기 우선 순위 등급간 처리율(throughput)의 비율

$CW_{i,0}$ 는  $i$  등급의 최소 경쟁 윈도우(Minimum Contention Window),  $C_i = 2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1$ ,  $R_i$ 는  $i$  등급의 최대 백오프 스테이지(Maximum backoff stage),  $L_i$ 는  $i$ 등급의 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)인 것을 특징으로 하는 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법.

### 청구항 4

각 우선 순위 등급( $i$ )의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률( $p_i$ )을 계산하는 단계;

상기  $p_i$ 를 이용하여 각 우선 순위 등급의 패킷 손실율( $P_{i,loss}$ )을 계산하는 단계;

상기  $P_{i,loss}$ 를 이용하여 우선 순위 등급간 패킷 손실률의 비율( $K_L$ )을 계산하는 단계;

사용자가 등급에 따라 일정한 비율의 패킷 손실률을 얻도록 상기  $K_L$ 을 설정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법.

### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 우선 순위 등급간의 패킷 손실률의 비율  $K_L$ 은 각 우선 순위 등급의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률( $p_i$ ) 및 각 등급의 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법.

## 청구항 6

청구항 5에 있어서,

$$K_L = \frac{p_{i+1}^{L_{i+1}+1}}{p_i^{L_{i+1}}}$$

상기 패킷 손실율(packet loss rate)의 차별화 비율이며, 여기서  $i$ 는 우선 순위 등급,  $p_i$ 는  $i$ 등급의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률,  $L_i$ 는  $i$  등급의 최대 재시도 회수(Maximum retry limit)인 것을 특징으로 하는 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법.

## 청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법을 사용하여 사용자에게 우선순위 등급에 따른 비례적인 차별화 서비스를 제공하는 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <8> 본 발명은 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법에 대한 것으로서, 더욱 상세하게는 IEEE 802.11e 전송방식의 수학적 분석을 통하여 처리율(throughput)과 패킷 손실율(packet loss rate)에 영향을 주는 변수를 확인함으로써, 사용자에게 등급에 따른 비례적 차별화 서비스(proportional differentiation service)를 제공할 수 있도록 한 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정방법에 관한 것이다.
- <9> 일반적으로 IEEE 802.11은 IEEE 작업그룹이 개발한 무선 랜을 위한 규격 모음으로서, 현재 802.11, 802.11a, 802.11b, and 802.11g 등 네 가지 규격이 이에 속한다. 이 네 가지 규격은 경로 공유를 위해 모두 이더넷 프로토콜인 CSMA/CA를 사용한다. 802.11b 표준이 초당 약 11 Mbps의 속도를 제공하는데 비해, 가장 최근에 승인된 표준인 802.11g는 비교적 짧은 거리에서지만, 최고 54 Mbps까지의 빠른 전송속도를 제공한다.
- <10> 종래의 IEEE 802.11 MAC DCF의 전송방식은 랜덤 지수적 백오프 알고리즘(Random Exponential Backoff Algorithm)을 통해서 여러 단말이 전송이 가능하며 되도록 충돌을 회피하도록 한다. 각 단말은 전송하려 하는 패킷이 존재 할 경우 우선 채널이 유향(unused)한지를 판단한다. 만약 채널이 사용 중이라면 유향하기를 기다리며, 유향 하다면 패킷을 전송하기위한 시도를 한다. 최초의 패킷 전송 시도 시에는 최소 경쟁윈도우(Minimum Contention Window)의 크기의 구간( $0 \sim CW_{min}$ )에서 임의의 값을 선택하여 그 기간이 지난 후에도 채널이 유향하다면 패킷의 전송을 시도한다. 하지만 채널이 유향하지 않거나 패킷이 충돌이 일어나게 되면 전송 실패를 하게 되고 두 번째의 전송 시도 시에는 최초의 최소 경쟁윈도우(Minimum Contention Window)의 크기보다 2배가 증가된  $0 \sim 2 \times CW_{min}$ 의 구간에서 임의의 값을 선택하여 패킷 전송을 시도한다. 이때 백오프 스테이지(Backoff Stage)라는 변수가 하나 증가하며, 정해진 최대 백오프 스테이지(Maximum Backoff Stage: R)로 증가 할 때 까지는 경쟁윈도우(Contention Window)의 크기는 2배씩 증가한다. 특정 패킷에 대해서 백오프 스테이지 값은 최대 재전송 횟수(Maximum retry limit: L)까지 증가하며 그 이후에도 전송이 실패된 경우에는 패킷을 드랍(drop)시킨다. 수식식 1은 백오프 스테이지(Backoff Stage)에 따른 경쟁윈도우(Contention Window)의 크기를 나타낸다.

#### 수식식 1

$$CW_j = \begin{cases} 2^j CW_0, & 0 \leq j \leq R \\ 2^R CW_0, & R < j \leq L \end{cases}$$

<11>

- <12> IEEE 802.11e MAC은 기존의 IEEE 802.11 MAC에 서비스의 품질(Qos : Quality of Service)을 제공하기 위한 표준이다. 서비스의 품질이라 함은 패킷의 종류 즉, 실시간 패킷과 비 실시간 패킷에 따라서 전송기회를 다르게

부여하여 차별화를 주는 것이다. 실시간 패킷의 경우 패킷의 시간지연에 민감하고 비 실시간 패킷의 경우 어느 정도의 시간지연에 강인하기 때문에 IEEE 802.11e MAC EDCF 메커니즘에서는 실시간 패킷에 대해서 더 빠른 전송이 이루어지도록 한다.

<13> 상기와 같은 IEEE 802.11e는 패킷의 종류에 따라 우선 순위 등급을 매기게 되고, 이러한 우선 순위 등급에 따라 차별적인 서비스 제공한다.

<14> 그러나 종래에는 사용자에게 처리율(throughput) 또는 패킷 손실률에 대하여 우선 순위 등급에 비례하는 차별화 서비스를 제공하기 위하여 어떠한 변수를 얼마만큼 조정해야 하는가에 대한 것이 밝혀지지 않아 상기와 같은 서비스를 제공하는데 어려움이 있었다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<15> 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로서, IEEE 802.11e MAC EDCF 메커니즘의 전송방식을 수학적으로 분석하여 처리율 및 패킷 손실률에 가장 영향을 주는 변수가 무엇인지 확인한 후, 사용자에게 우선 순위 등급에 비례하는 차별화 서비스를 제공하기 위한 파라미터 설정 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 발명의 구성 및 작용

<16> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은,

<17> 첫째 처리율의 차별적 서비스를 제공하기 위한 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법에 있어서,

<18> 채널이 사용되고 있는 확률( $P_b$ )을 계산하는 단계;

<19> 각 우선 순위 등급( $i$ )의 패킷 전송이 성공할 확률( $P_{s,i}$ )을 계산하는 단계;

<20> 모든 우선순위 등급에 대해 패킷 전송이 성공할 확률( $P_s$ )을 계산하는 단계;

<21> 상기  $P_b$ ,  $P_{s,i}$ ,  $P_s$ 를 이용하여 각 우선 순위 등급의 처리율( $S_i$ )을 계산하는 단계;

<22> 상기  $S_i$ 를 이용하여 우선 순위 등급간 처리율의 비율( $K_T$ )을 계산하는 단계;

<23> 사용자에게 등급에 따라 일정한 비율의 처리율을 얻도록 상기  $K_T$ 를 설정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<24> 특히, 상기 우선 순위 등급간 처리율의 비율  $K_T$ 는 각 등급의 최소 경쟁 윈도우(Minimum Contention Window), 최대 백오프 스테이지(Maximum backoff stage), 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)에 의해 결정되는 것을 특징으로 한다.

$$K_T = \frac{CW_{i+1,0}C_{i+1}}{CW_{i,0}C_i}$$

<25> 또한, 상기 우선 순위 등급간 처리율(throughput)의 비율

급,  $CW_{i,0}$ 는  $i$  등급의 최소 경쟁 윈도우(Minimum Contention Window),  $C_i = 2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1$ ,  $R_i$ 는  $i$  등급의 최대 백오프 스테이지(Maximum backoff stage),  $L_i$ 는  $i$ 등급의 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)인 것을 특징으로 한다.

<26> 둘째 패킷 손실률의 차별적 서비스를 제공하기 위한 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법에 있어서,

<27> 각 우선 순위 등급( $i$ )의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률( $p_i$ )을 계산하는 단계;

<28> 상기  $P_i$ 를 이용하여 각 우선 순위 등급의 패킷 손실률( $P_{i,loss}$ )을 계산하는 단계;

<29> 상기  $P_{i,loss}$ 를 이용하여 우선 순위 등급간 패킷 손실률의 비율( $K_L$ )을 계산하는 단계;

<30> 사용자에게 등급에 따라 일정한 비율의 패킷 손실률을 얻도록 상기  $K_L$ 을 설정하는 단계; 를 포함하는 것을 특징

으로 한다.

<31> 특히, 상기 우선 순위 등급간의 패킷 손실률의 비율  $K_L$ 은 각 우선 순위 등급의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률( $p_i$ ) 및 각 등급의 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)에 의해 결정되는 것을 특징으로 한다.

$$K_L = \frac{P_{i+1}^{L_{i+1}+1}}{P_i^{L_{i+1}}}$$

<32> 또한, 상기 패킷 손실률(packet loss rate)의 차별화 비율  $P_i$ 이며, 여기서  $i$ 는 우선순위 등급,  $p_i$ 는  $i$ 등급의 하나의 스테이션에서 패킷 전송이 실패할 확률,  $L_i$ 는  $i$  등급의 최대 재시도 횟수(Maximum retry limit)인 것을 특징으로 한다.

<33> 셋째 상기의 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법을 사용하여 사용자에게 우선순위 등급에 따른 비례적인 차별화 서비스를 제공하는 것을 특징으로 한다.

<34> 이하, 본 발명을 첨부도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

<35> IEEE 802.11e MAC EDCF 메커니즘은 표 1과 같은 제어 변수들의 차별화를 제공하여 서비스 품질(Quality of Service)을 보장한다.

표 1

AC	CWmin	CWmax	AIFS
AC_BK (AC[3])	32	1024	7
AC_BE (AC[2])	32	1024	3
AC_VI (AC[1])	16	32	2
AC_VO (AC[0])	8	16	2

<36>

<37> IEEE 802.11e 가 장착된 각 단말은 패킷의 종류에 따라 4개의 액세스 카테고리(Access Category) 큐(Queue)가 존재한다. AC\_BK (AC\_background)와 AC\_BE (AC\_Best Effort)는 비 실시간 패킷이며, AC\_VI (AC\_Video)와 AC\_VO (AC\_Voice)는 실시간 패킷이다. 또한 CWmin은 최소 경쟁 윈도우 크기, CWmax는 최대 경쟁 윈도우 크기를 나타내며, AIFS는 중재 인터프레임 공간(Arbitration Inter Frame Space)를 나타낸다.

<38> 상기의 실시간 패킷에는 비 실시간 패킷보다 작은 크기의 최소 경쟁윈도우(CWmin: Minimum Contention Window) 크기를 적용함으로써 더 빠른 전송이 가능하도록 한다. 즉, AC[i]와 AC[j]가 존재할 때  $i < j$  라면 AC[i]가 AC[j]와 비교할 경우 AC[i]가 더 우선순위가 높은 것이고 상대적으로  $CWmin[i] < CWmin[j]$ ,  $CWmax[i] < CWmax[j]$ ,  $AIFS[i] < AIFS[j]$  와 같은 값이 적용되어 패킷의 전송을 시도한다.

<39> IEEE 802.11e MAC EDCF의 랜덤 지수적 백오프 알고리즘(Random Exponential Backoff Algorithm)에서의 경쟁 윈도우(Contention Window)크기는 수학적 2와 같으며, 수학적 1과 다른 부분은 우선 순위 등급을 나타내는  $i$ 가 덧 붙여져 있다.

## 수학적 2

$$CW_{i,j} = \begin{cases} 2^j CW_{i,0} & , 0 \leq j \leq R_i \\ 2^{R_i} CW_{i,0} & , R_i < j \leq L_i \end{cases}$$

<40>

<41> 상기의  $R_i$ 와  $L_i$ 는 각각 최대 백오프 스테이지(Maximum Backoff Stage), 최대 재전송 횟수(Maximum Retry Limit)를 나타낸다. 따라서 상기와 같은 경우 최대 경쟁 윈도우(CWmax)의 값은  $2^{R_i} CW_{i,0}$  가 됨을 알 수 있다.

<42> 도 1은 IEEE 802.11e EDCF를 수학적 분석을 하기 위한 이산 마코프 체인 모델(Discrete Markov chain model)이다. 도 1의 타원들은 우선순위  $i$ -등급을 갖는 스테이션의 특정 상태를 나타낸다. 각 상태는  $b(i, j, k)$ 으로 표현되며  $i, j, k$ 는 각각 우선순위 등급, 현재 백오프 스테이지의 값, 선택된 경쟁윈도우 값을 나타낸다. 예를 들어,  $b(i, m, 2)$ 의 경우, 우선 순위 등급은  $i$ 이며, 현재 백오프 스테이지 값은  $m$ , 그리고  $0 \sim CW_{i,m}-1$  중 임의

로 선택된 값이 2 임을 나타낸다.

<43>  $p_i$  는 우선순위  $i$ -등급에서 전송된 패킷이 충돌이 일어날 확률 또는 어떤 백오프 스테이지에서 채널이 다른 스테이션을 통해 사용되고 있음을 감지할 확률을 나타낸다. 따라서,  $(i, m, 0)$ 의 상태에서 전송된 패킷이 충돌이 일어날 확률은  $p_i$ 이며, 충돌이 일어날 경우 백오프 스테이지 값이 하나 증가하고  $(i, m+1, 0) \sim (i, m+1, CW_{i,m+1}-1)$  중 하나의 상태로 이동하게 된다. 이때, 각각의 상태로 이동할 확률은  $p_i/CW_{i,m+1}$  가 된다.

<44> 예외적으로,  $(i, L, 0)$  상태의 경우, 전송된 패킷이 충돌될 경우 패킷을 드랍해 버리므로,  $(i, 0, 0) \sim (i, 0, CW_{i,0}-1)$  상태로 이동할 확률은 1이 된다.

<45> 도면 1을 통해서, 각 상태들 간의 관계들을 수식으로 나타내면 수학적 3을 얻을 수 있다.

### 수학적 3

<46> 
$$b_{i,j,0} = p_i^j b_{i,0,0} \quad (0 \leq j \leq L_i)$$

<47> 또한 상태  $b(i, j, k)$ 에 있을 확률은 현재 상태  $b_{i,j,k}$ 에서  $b_{i,j,k}$ 으로 계속 머물 확률과  $b_{i,j,0}$ 에서의  $b_{i,j,k}$

$$b_{i,j,k} = p_i b_{i,j,k} + \frac{CW_{i,j}-k}{CW_{i,j}} b_{i,j,0}$$

과의 관계 확률을 더한 것 이므로, 과 같이 표현될 수 있고, 이를 정리하면 수학적 4와 같이 나타난다.

### 수학적 4

<48> 
$$b_{i,j,k} = \frac{CW_{i,j}-k}{CW_{i,j}} \frac{1}{1-p_i} b_{i,j,0} \quad (0 \leq j \leq L_i, 1 \leq k \leq CW_{i,j}-1)$$

<49> 또한 각각의 상태에 존재할 확률의 합은 1 이므로, 수학적 5로 정리할 수 있다.

### 수학적 5

<50> 
$$\sum_{j=0}^{L_i} \sum_{k=0}^{CW_{i,j}-1} b_{i,j,k} = 1$$

<51> 상기의 수학적 3, 4, 5를 이용하여 수학적 6과 같이 정리할 수 있다.

### 수학적 6

<52> 
$$b_{i,0,0} = \frac{1}{\sum_{j=0}^{L_i} \left[ 1 + \frac{1}{1-p_i} \sum_{k=1}^{CW_{i,j}-1} \frac{CW_{i,j}-k}{CW_{i,j}} \right] p_i^j}$$

$$b_{i,0,0} = \frac{2(1-p_i)^2}{[(2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1)CW_{i,0} + (L_i + 1)(1 - 2p_i)](1 - p_i^{L_i+1})}$$

<53> 하기의  $\tau_i$  는 우선순위  $i$ -등급의 스테이션이 패킷을 전송할 확률이다. 이는 단지 전송을 할 확률을 의미하며, 전송의 성공 또는 실패 여부는 알 수 없다.

### 수학적 7

<54> 
$$\tau_i = \sum_{j=0}^{L_i} b_{i,j,0} = b_{i,0,0} \frac{1 - p_i^{L_i+1}}{1 - p_i}$$

<55>  $\tau_i$  는 모든 백오프 스테이지에 대해서 경쟁 윈도우 값이 0이 되는 경우를 합한 것이다. 수학적식 6에서 나타낸  $b_{i,0,0}$  을 수학적식 7에 대입하여 전개하면 다음의 수학적식 8을 얻을 수 있다.

### 수학적식 8

<56> 
$$\tau_i = \frac{2(1-p_i)}{[2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1]CW_{i,0} + (L_i + 1)(1 - 2p_i)}$$

<57> 이하, N은 전체 우선순위 등급의 개수라고 한다. 또한  $n_i(i=0, \dots, N-1)$ 를 우선순위 i-등급에 속해있는 총 스테이션의 개수라고 한다. 그때 i-등급의 하나의 스테이션에서 패킷의 전송이 실패할 확률  $p_i$  는 1에서 다른 모든 등급의 스테이션이 전송을 하지 않을 확률을 빼면 되므로, 다음 수학적식 9와 같이 나타낼 수 있다.

### 수학적식 9

<58> 
$$p_i = 1 - (1 - \tau_h)^{n_i - 1} \left( \prod_{h=0, h \neq i}^{N-1} (1 - \tau_h)^{n_h} \right)$$

<59> 또한 채널이 사용되고 있는 확률을  $p_b$  라고 표현하면 수학적식 10과 같이 나타낼 수 있다.

### 수학적식 10

<60> 
$$p_b = 1 - \prod_{h=0}^{N-1} (1 - \tau_h)^{n_h}$$

<61> 지금까지  $\tau_i$ ,  $p_i$  그리고  $p_b$  에 대한 수학적식 표현을 나타내었다. 이하 이러한 식을 바탕으로 처리율(Throughput)과 패킷 손실율(Packet loss rate)에 대한 수학적 분석을 설명한다.

<62>  $p_{si}(i=0, \dots, N-1)$ 는 우선순위 i-등급에서 패킷의 전송이 성공적으로 이루어진 확률이며, 수학적식 11과 같이 나타난다.

### 수학적식 11

<63> 
$$p_{s,i} = n_i \tau_i (1 - \tau_i)^{n_i - 1} \prod_{h=0, h \neq i}^{N-1} (1 - \tau_h)^{n_h}$$

<64>  $p_s$ 는 모든 우선순위 등급에 대해서 성공적인 전송이 이루어진 확률을 나타내며 수학적식 12와 같이 나타난다.

### 수학적식 12

<65> 
$$p_s = \sum_{i=0}^{N-1} p_{s,i}$$

<66>  $S_i$ 는 우선순위 i-등급의 정규화된 처리율(Throughput)이며, 다음 수학적식 13과 같이 표현이 가능하다.



수학식 13

$$S_i = \frac{E(\text{payload transmission time in a slot time for the } i \text{ class})}{E(\text{length of a slot time})}$$

$$= \frac{p_{s,i} T_{E(L)}}{(1-p_b)\delta + p_s T_s + (p_b - p_s) T_c}$$

<67>

<68>

$\delta$ ,  $T_{E(L)}$ ,  $T_s$ ,  $T_c$ 는 각각 빈 슬롯타임 시간, 평균 페이로드가 전송된 시간, 성공적인 전송으로 비롯하여 채널이 사용되고 있음이 감지된 평균 시간, 전송이 실패된 평균 시간을 나타낸다. 또한  $T_s$ ,  $T_c$ 는 다음과 같이 구하여 진다.

수학식 14

$$T_s = T_H + T_{E(L)} + SIFS + \gamma + T_{ACK} + DIFS + \gamma$$

$$T_c = T_H + T_{E(L^*)} + DIFS + \gamma$$

<69>

<70>

상기의 SIFS는 짧은 인터프레임 공간(Short InterFrame Space)을, DIFS는 분산된 인터프레임 공간(Distributed InterFrame Space)을 의미하며,  $T_{ACK}$ 와  $T_{E(L^*)}$ 는 각각 ACK 프레임을 보내는데 걸리는 시간 지연, 전파 지연, 전송이 실패된 페이로드에 대한 평균 시간 지연을 나타낸다.

<71>

상기에서 살펴보았듯이 백오프 알고리즘을 통해서 패킷전송이 실패한 스테이션의 경우에 백오프 스테이지의 값이 하나 증가하게 된다. 만약 계속적으로 실패가 일어나게 된다면 백오프 스테이지의 값도 계속 증가하며, 도 1에 도시된 바와 같이 최대 재전송 횟수(Maximum retry limit)까지 증가하게 되면 패킷 손실이 이루어진다. 따라서, 우선순위 i-등급의 패킷 손실률(Packet Loss Rate)  $P_{i,loss}$ 는 수학식 15로 표현될 수 있다.

수학식 15

$$P_{i,loss} = p_i^{L_i+1}$$

<72>

<73>

이하, 우선순위 등급에 따른 처리율(throughput)의 비례적 차별화 서비스(Proportional Differentiation Service : 이하 'PDS'라 함)를 제공하기 위한 수식의 도출을 위하여, 상기의 수식들을 이용한다.

<74>

인접한 우선순위 등급 간의 처리율에 대한 비율을  $K_T$ 라고 할때,  $K_T$ 는 수학식 16과 같이 나타낼 수 있다. 단, 각 우선순위 등급의 스테이션의 수는 동일하며 최대 경쟁 윈도우(CWmax)의 크기도 같다고 가정한다.

수학식 16

$$K_T \triangleq \frac{S_i}{S_{i+1}} = \frac{\frac{p_{s,i} T_{E(L)}}{(1-p_b)\delta + p_s T_s + (p_b - p_s) T_c}}{\frac{p_{s,i+1} T_{E(L)}}{(1-p_b)\delta + p_s T_s + (p_b - p_s) T_c}} = \frac{p_{s,i}}{p_{s,i+1}}$$

<75>

<76>

$(1-p_b)\delta + p_s T_s + (p_b - p_s) T_c$  과  $T_{E(L)}$ 의 값은 우선순위 등급에 상관없이 같은 값을 갖기 때문에 결국 인접한 우선순위 등급 간의 비율은 패킷의 전송이 성공할 확률 즉,  $p_{s,i}$ 와  $p_{s,i+1}$ 의 값으로 표현이 가능하다. 수학식 11을 수학식 16에 대입하여 전개하면 다음 수학식 17을 얻을 수 있다.



### 수학식 17

$$\frac{S_i}{S_{i+1}} = \frac{n\tau_i(1-\tau_i)^{n-1} \prod_{h=0, h \neq i}^{N-1} (1-\tau_h)^n}{n\tau_{i+1}(1-\tau_{i+1})^{n-1} \prod_{h=0, h \neq i+1}^{N-1} (1-\tau_h)^n} = \frac{\tau_i(1-\tau_{i+1})}{\tau_{i+1}(1-\tau_i)} = \left( \frac{1}{\tau_{i+1}} - 1 \right) \left( \frac{1}{\tau_i} - 1 \right)$$

<77>

<78>

최종적으로 처리율(Throughput)에 대한 비율  $K_T$ 는 패킷을 전송할 확률  $\tau_i$ 로 나타내어지는 것을 알 수 있다. 수학식 8의 패킷을 전송할 확률을 이용하여 수학식 17의  $\frac{1}{\tau_i} - 1$ 을 나타내면 다음 수학식 18로 표현이 가능하다.

### 수학식 18

$$\frac{1}{\tau_i} - 1 = \frac{[2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1]CW_{i,0} + (L_i + 1)(1 - 2p_i) - (2 - 2p_i)}{2(1 - p_i)}$$

<79>

<80>

수학식 18의 오른쪽 부분을 살펴본다. 분자는 3개의 항으로 이루어져 있으며, 첫 번째 항은 상대적으로 다른 값들 보다 큰 최소 경쟁 윈도우의 변수가 있다. 따라서 우선 두 번째 및 세 번째 항에 대해서 고려한다. 두 번째 항과 세 번째 항을 전개시키면  $L_i(1 - 2p_i) - 1$ 의 값을 얻을 수 있다.  $p_i$ 의 값은 확률의 값으로서 1보다 작은 값이며  $L_i$ 는 정해진 유한한 정수의 값이기 때문에, 첫 번째 항에 비해서 상당히 작은 값을 얻을 수 있다. 따라서  $\{L_i(1 - 2p_i) - 1\} / 2(1 - p_i)$ 의 값을 0으로 근사화 시킴으로써 수학식 19를 얻을 수 있다.

### 수학식 19

$$\frac{1}{\tau_i} - 1 \cong \frac{[2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1]CW_{i,0}}{2(1 - p_i)}$$

<81>

<82>

상기 수학식 19를 수학식 17에 대입함으로써 수학식 20을 얻을 수 있다.

### 수학식 20

$$\frac{S_i}{S_{i+1}} = \frac{\left( \frac{1}{\tau_{i+1}} - 1 \right)}{\left( \frac{1}{\tau_i} - 1 \right)} \cong \frac{CW_{i+1,0}C_{i+1}}{CW_{i,0}C_i} \triangleq K_T$$

<83>

<84>

상기 수학식 20에서,  $2(1 - p_i)$ 과  $2(1 - p_{i+1})$ 은 거의 같은 값이라 근사화 하여 서로 약분되었으며,  $[2^{R_i}(L_i - R_i + 2) - 1]$ 의 값은 수식의 간단화를 위해  $C_i$ 의 값으로 나타내었다. 물론 여기서도  $C_i$ 와  $C_{i+1}$ 값도 수식의 값에 최소 경쟁 윈도우( $CW_{i,0}$ )의 크기 만큼 영향을 끼치지 않으며, 따라서 결론적으로 인접한 우선 순위 등급 간의 처리율(Throughput)의 비율은 최소 경쟁 윈도우의 크기의 비율로서 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

### 수학식 21

$$CW_{i+1,0} = K_T \cdot \frac{C_i}{C_{i+1}} \cdot CW_{i,0}$$

<85>

<86> 상기 수학식 21은 수학식 20을 변형한 형태로서, 우선순위 i-등급의 최소 경쟁 윈도우 크기를 고정하고 인접한 우선순위 등급 간에 사용자가 원하는 비율( $K_T$ )을 정해 줌으로써 인접한 i+1-등급의 최소 경쟁윈도우 크기를 구할 수 있다.

<87> 상기의 과정을 통하여, 우선순위 등급에 따른 처리율의 비례적 차별화 서비스를 제공하기 위해 조절해야 할 변수는 최소 경쟁 윈도우의 크기이며, 조절 값을 수학식 21과 같이 나타낼 수 있다.

<88> 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명한다.

<89> 도 2는 처리율의 차별화 비율  $K_T$ 를 2로 적용하였을 때, 수학적 분석결과와 시뮬레이션 결과를 나타낸 값이다.  $K_T$  값이 2이므로, 최소 경쟁 윈도우의 크기는 상기 수학식 21에 의하여 class0 = 8, class1 = 16, class2는 32로 설정하였다.

<90> 도 2에서 볼 수 있듯이 수학적 분석 값과 시뮬레이션 값이 거의 일치함을 확인할 수 있다. 또한, 스테이션의 수가 증가함에 따라 등급간 처리율의 비가 0.4 : 0.2 : 0.1 에 근접하여 차별화 비율이 2임을 확인할 수 있다.

<91> 도 3은 상기의 차별화 비율이 2임을 좀 더 명확하게 보이기 위하여 각 클래스의 처리율 비를 나타내었다. 마찬가지로 처리율의 비율이 2에 근접함을 확인할 수 있다.

<92> 이하, 우선순위 등급에 따른 패킷 손실률(Packet Loss Rate)의 비례적 차별화 서비스(Proportional Differentiation Service)를 제공하기 위하여, 상기의 수식들을 이용한다.

<93> 인접한 우선순위 등급 간의 패킷 손실률 대한 비율을  $K_L$ 이라 할때,  $K_L$ 은 수학식 15를 이용하여 다음 수학식 22와 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 22

$$\frac{P_{i+1,loss}}{P_{i,loss}} = \frac{p_{i+1}^{L_{i+1}+1}}{p_i^{L_i+1}} \triangleq K_L$$

<94>

<95> 수학식 22에 로그를 취하면 다음 수학식 23과 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 23

$$\log K_L = (L_{i+1} + 1) \log p_{i+1} - (L_i + 1) \log p_i$$

<96>

<97> 수학식 23을  $L_{i+1}$  변수에 대해서 정리하면 수학식 24와 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 24

$$L_{i+1} = \frac{L_i \log p_i + \log p_i + \log K_L - \log p_{i+1}}{\log p_{i+1}}$$

<98>

<99> 이때,  $\log p_i$  와  $\log p_{i+1}$  는 같은 값으로 근사화시킬 수 있으며 결국 수학식 25를 얻을 수 있다.

## 수학식 25

$$L_{i+1} \cong L_i + \frac{\log K_L}{\log p_{i+1}}$$

<100>

<101>

상기의 과정을 통하여, 우선순위 등급에 따른 패킷 손실률의 비례적 차별화 서비스를 제공하기 위해 조절해야 할 변수는 최대 재전송 횟수(Maximum retry limit)의 크기이며, 조절 식은 수학식 25와 같이 나타남을 알 수 있다.

<102>

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 설명한다.

<103>

도 4는 처리율의 패킷 손실률 비율  $K_L$ 을 2로 적용하였을 때의 수학적 분석결과를 나타낸 값이다.  $K_L$  값이 2이므로, 최대 재전송 횟수는 상기 수학식 25에 의하여 class0 = 4, class1 = 3, class2 = 2로 설정하였다. 또한 도 5는 도 4와 같은 조건에서 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

<104>

상기의 도 4 및 도 5의 결과를 좀 더 명확하게 분석하기 위하여, 인접한 사용자 등급 간 패킷 손실률의 비율을 각각 도 6, 도 7에 표현하였다.

<105>

도 6, 도 7에서 확인할 수 있듯이, 등급별 패킷 손실률의 비율이 처음에 요구한 2에 근접함을 알 수 있다.

## 발명의 효과

<106>

이상에서 본 바와 같이, 본 발명 IEEE 802.11e 컨트롤 파라미터 설정 방법에 의하면, MAC 변수의 값을 우선 순위 등급에 따라 다르게 적용함으로써 사용자에게 처리율과 패킷 손실률에 대한 비례적인 차별화 서비스(PDS)를 제공할 수 있는 효과가 있다.

## 도면의 간단한 설명

<1>

도 1은 우선순위 i-등급에 대한 마코프 체인 상태도,

<2>

도 2는 본 발명의 일 실시예로서 우선순위 등급간 처리율의 비율을 2로 적용하였을 때, 클래스별 스테이션의 수에 따른 처리율을 나타낸 그래프,

<3>

도 3은 도 2의 결과를 이용하여 우선순위 등급간 처리율의 비율을 나타낸 그래프,

<4>

도 4는 본 발명의 일 실시예로서 우선순위 등급간 패킷 손실률 비율을 2로 적용하였을 때, 클래스 스테이션의 수에 따른 패킷 손실률의 수학적 분석 결과를 나타낸 그래프.

<5>

도 5는 본 발명의 일 실시예로서 우선순위 등급간 패킷 손실률 비율을 2로 적용하였을 때, 클래스 스테이션의 수에 따른 패킷 손실률의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프.

<6>

도 6은 도 4의 결과를 이용하여 우선순위 등급간 패킷 손실률의 비율을 나타낸 그래프,

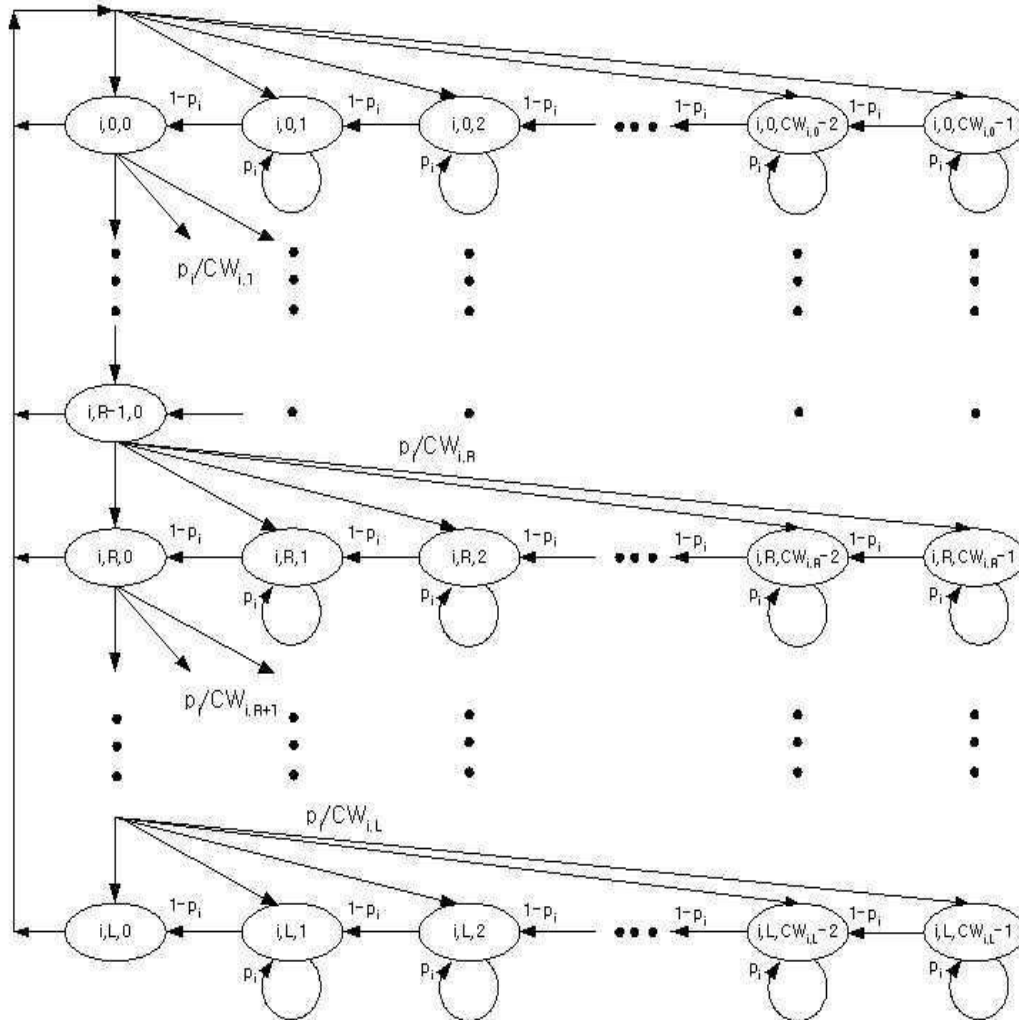
<7>

도 7은 도 5의 결과를 이용하여 우선순위 등급간 패킷 손실률의 비율을 나타낸 그래프이다.

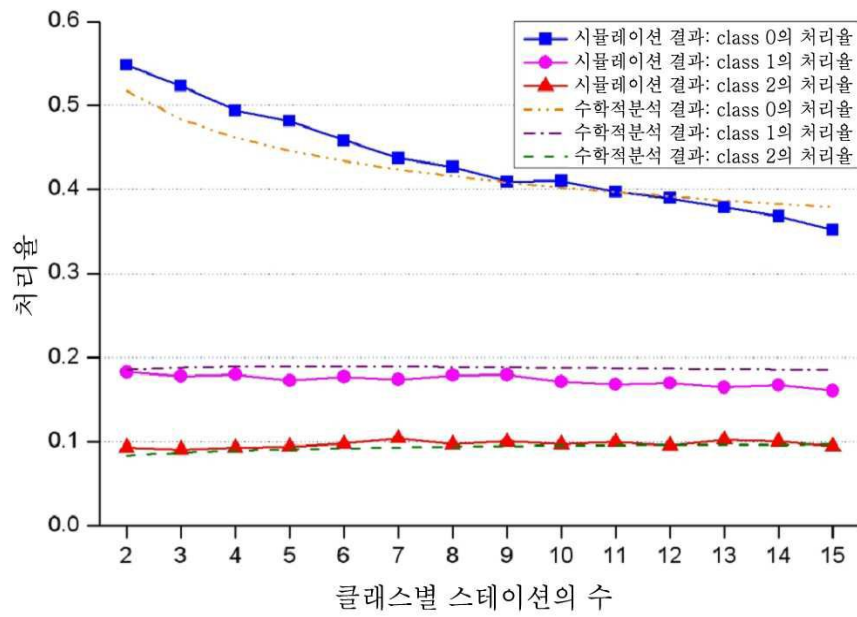
도면

도면1

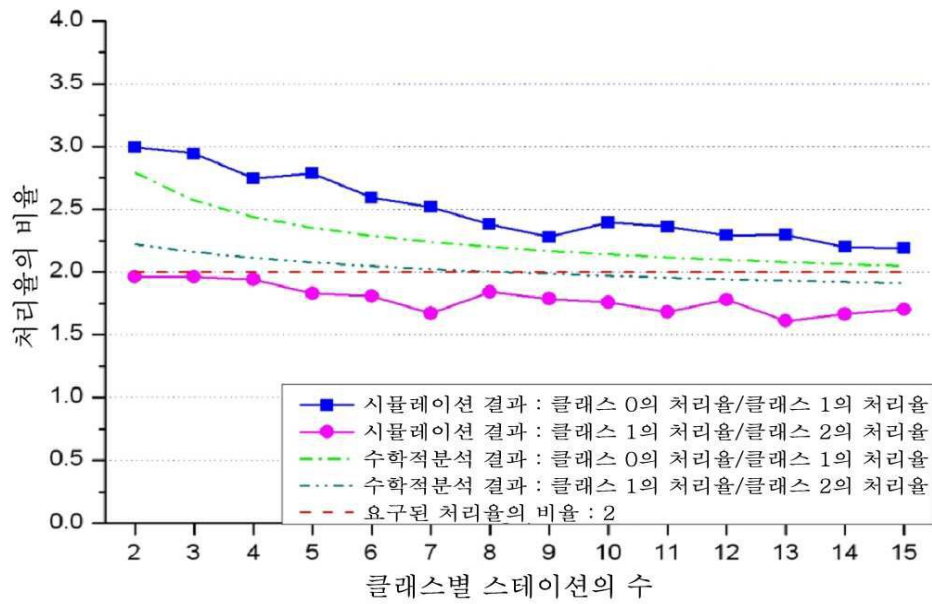
(i,L,0)에서 오는 경우  $1/CW_{i,0}$ ; 그 외에는  $(1-p_i)/CW_{i,0}$



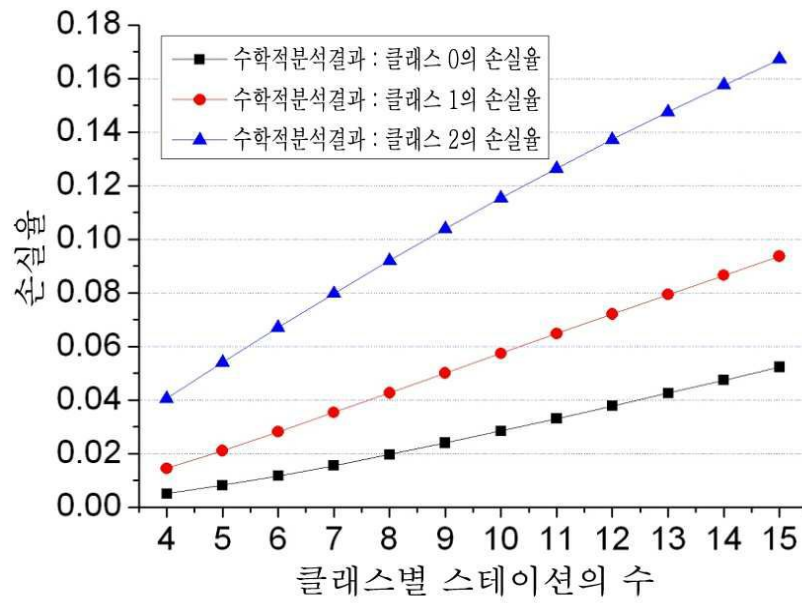
도면2



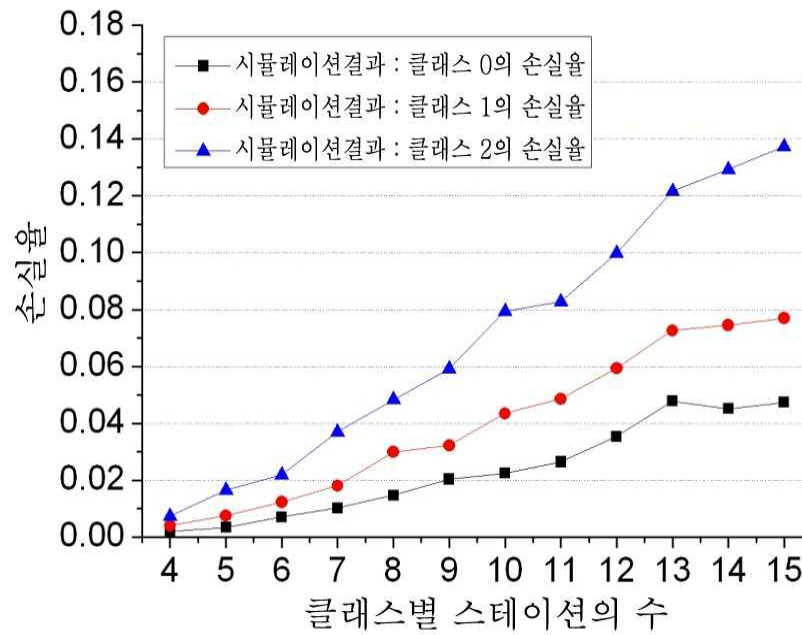
도면3



도면4

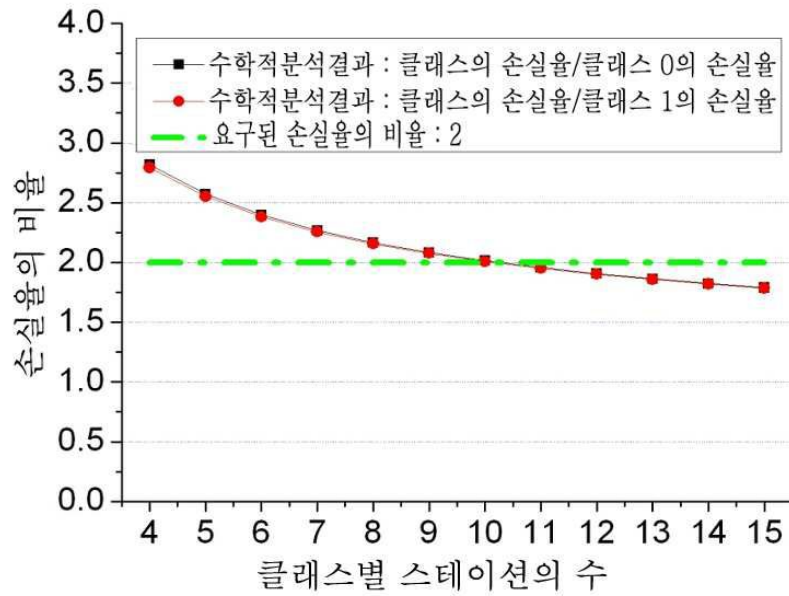


도면5





도면6



도면7

