

소거노드 기반 DQDB망의 슬롯 이용률 평가식

조 경 숙[†] · 오 범 석^{††} · 김 종 근^{†††}

요 약

IEEE 802.6에서 MAN의 프로토콜로 제안된 기본 DQDB (Distributed Queue Dual Bus)망에서는 버스 효율이 최대 1을 넘지 못한다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서는 소거노드 기반 DQDB망에서 슬롯 선이용/재이용 방식을 이용하여 망의 이용률을 향상시키는 제어 메카니즘을 가정하여 이용률을 계산할 수 있는 세가지 방법을 제안하였다. 소거노드에 기반한 영역별 전송밀도함수에 의한 이용률 계산 방법과, 두 번째 영역 이하의 슬롯을 모두 선이용하여 얻는 최대 이용률 계산법, 그리고 DQDB메카니즘을 밀접하게 따르는 확률적 방법에 의한 슬롯 이용률 계산법으로 그들의 버스이용률을 구하였다. 이들 방법에 의한 수치실험 결과는 소거노드가 세 개일때 기본 DQDB망보다 최대 2배를 넘는 뛰어난 버스이용률 향상을 확인할 수 있었다. 또한 이 방법은 노드 수와 소거노드 수의 확장이 용이하며 이들 변화에 따른 슬롯 이용률 상태를 확인할 수 있다.

Calculation Methods for Slot Utilization Based on Erasure nodes in DQDB Networks

Kyoung-Sook Cho[†] · Bum-Suk Oh^{††} · Chong-Gun Kim^{†††}

ABSTRACT

Maximum single bus throughput of standard IEEE 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus) is not obtained over 1. Therefore, lots of studies for improving bus throughput have done by QA slot preuse/reuse. We propose three calculation methods for network's utilization with preuse/reuse scheme based on erasure nodes. One is calculation method by traffic density function, other is calculation method for obtaining maximum throughput. The other is calculation method using probability concept which follows real DQDB operation mechanisms. The calculated throughputs are compared with each others. The results shows some favorite phenomena. The proposed calculation methods can be easily expanded in number of nodes or in number of erasure nodes.

1. 서 론

IEEE 802.6에서 MAN의 프로토콜로 제안된 DQDB는 단방향 버스의 헤드노드에서 생성된 빈 슬롯이 각

노드의 세그먼트 전송을 위해 망내에서 최대 한번 밖에 사용되지 않는다. 그러므로 망의 통신성능은 헤드의 슬롯 발생기에서 발생하는 슬롯의 최대 용량을 넘지 못하는 단점을 갖고 있다. 따라서 각 노드에서 슬롯 이용시 공정성과 슬롯 이용률을 높이기 위한 DQDB의 새로운 제어 메카니즘들이 연구되고 있다. 특히 QA슬롯 이용률을 증가시키기 위해 슬롯 재이용(Reuse)과

[†] 정 회 원 : 창신대학 전산정보처리과 교수
^{††} 정 회 원 : 경동정보대학 사무자동화과 교수
^{†††} 정 회 원 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수
논문접수: 1998년 4월 13일, 심사완료: 1998년 8월 5일

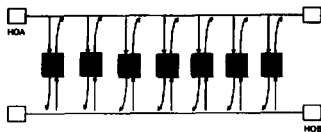
슬롯 선이용(Preuse)에 관한 연구가 있으며 이들 구현 방법은 목적지 해제(Destination Release)방식과 소거노드(Erasure Node)방식이 있다.

본 연구에서는 DQDB망 내에 등간격의 복수 소거노드를 두고 슬롯 선이용/재이용을 위한 제어메커니즘을 구축하였을 경우 이용률의 증가를 확인할 수 있는 계산법을 제안한다. 2장에서는 기본 DQDB망의 버스 효율에 관한 연구를 다루고 3장에서는 트래픽 전송밀도함수 이용법, 최대 이용률 계산법과 선이용 슬롯 추출식을 제안한다. 4장에서는 DQDB메커니즘을 밀접히 따르는 확률적 방법에 의한 슬롯 이용률 계산식과 수치분석 결과들, 5장에서 결론을 기술하였다.

2. 기본 DQDB망의 버스 효율에 관한 연구

2.1 기본 DQDB망의 구조

DQDB망은 (그림 1)과 같이 두 개의 단 방향 버스로 구성되어 있다. 버스의 헤드 노드에서는 고정된 길이의 슬롯이 주기적으로 생성되고, 전송할 세그먼트가 있는 노드에서는 반대편 버스를 통해 슬롯 사용을 예약하고 자기 순서가 되면 빈 슬롯에 세그먼트를 실어 보낸다. 버스A와 B는 대칭구성이므로 본 연구에서는 한쪽 방향의 버스만 고려하기로 한다.



(그림 1) DQDB망의 구조
(Fig. 1) DQDB architecture

2.2 이용률 계산을 위한 변수 가정

슬롯을 선이용/재이용하는 계산식을 구하기 위해 앞으로 사용될 변수들을 미리 정의하면 다음과 같다.

λ	버스 최대 효율
$f_T(x)$	전송밀도함수
$F_O(x)$	분포함수
n	버스 A의 전체 노드 수

r	네트워크 내의 영역 수
m_i	i 번째 소거노드 번호
u_i	DQDB망에서 노드 i 의 슬롯 이용률
Preuse	영역0내의 노드들이 사용할 선이용 슬롯량
Short(i)	영역 i 내에 있는 노드들 사이에 세그먼트를 전송하는 슬롯량
Remote(i)	영역 i 에 있는 노드가 하위 영역으로 세그먼트를 전송하는 슬롯량
Reuse(i)	영역 i 에서의 재이용 슬롯량
$\alpha(i)$	선이용, 재이용할 슬롯량을 각 노드로 할당하는 비율
$F(i)$	각 노드의 슬롯 이용률
T	단방향 버스의 처리율

2.3 전송밀도함수

기본 DQDB망에서 상위 노드는 슬롯을 사용할 수 있는 기회가 하위노드보다 많아 슬롯 이용률이 높고 하위 영역으로 갈수록 사용기회가 낮아져 슬롯 이용률도 낮다. 기본 DQDB망에서 식 (1)은 슬롯 선이용/재이용이 없을 때의 전송밀도함수를 의미한다. 식 (2)는 버스A의 전체 슬롯 이용률을 나타내는 분포함수가 되고, 이 때 λ 는 슬롯 선이용/재이용이 없을 때의 최대 버스효율을 의미한다[3,4].

$$f_T(x) = 2\lambda(1-x), \quad 0 \leq x \leq 1. \quad (1)$$

$$F_O(x) = \int_0^x f_T(x) dx = \lambda x(2-x). \quad (2)$$

2.4 각 노드별 기본 슬롯 이용률

기본 DQDB망은 그림 1과 같은 구조로 n 개의 노드를 갖고 있으며 노드 i 에서 발생하는 세그먼트는 동일확률 $1/(n-i)$ 로 각 하위노드에 전송될 기회를 갖는다고 가정한다. n 개 노드 중 노드 i 가 상위노드일수록 슬롯 전송 기회가 많아지기 때문에 i 번째 노드의 슬롯 이용률 u_i 는 식 (3)과 같이 표현할 수 있다[9].

$$u_i = \frac{n-i}{\sum_{k=1}^{n-1} k} = \frac{2(n-i)}{n(n-1)} \quad (3)$$

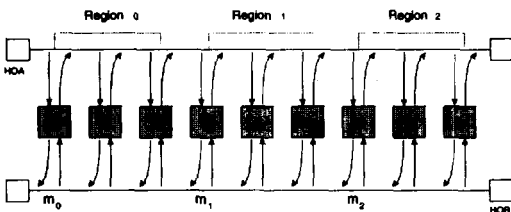
3. 전송밀도함수에 의한 이용률 계산 및 선이용량 결정

본 장에서는 DQDB망 내에 복수 소거노드를 두고 소거노드를 중심으로 망의 노드들을 몇 개 영역 그룹으로 나누어 헤드에서 생성되어 내려오는 슬롯의 일부가 선이용 또는 재이용되는 개념을 정의한다. 이 정의에 따라 영역별 슬롯 이용률에 의한 전송밀도함수를 구하고 슬롯 선이용에 따른 기준을 찾아 선이용 계산식을 제안한다. 또 첫째 영역에서 나머지 영역의 슬롯을 100% 선이용하여 얻을 수 있는 버스 최대이용률을 구한다.

3.1 슬롯 선이용과 재이용

(그림 2)와 같이 DQDB망 가운데 두 개의 소거노드를 두었다고 가정할 때 왼쪽을 영역0, 가운데를 영역1, 오른쪽을 영역2라고 가정한다. 이때 슬롯 재이용을 위해 영역0 내에 있는 1번 노드가 동일한 영역0 내의 다른 노드인 3번 노드로 세그먼트를 전송한다고 할 때 첫번째 소거노드 m_1 에서는 영역0내의 3번 노드로 전송이 끝난 슬롯을 빈 슬롯으로 재생시키는 특별한 기능을 갖고 있다고 가정한다. 하위영역인 영역1의 노드들은 소거된 빈 슬롯에 세그먼트를 실어 전송할 수 있도록 하는 것이 슬롯 재이용의 개념이다.

슬롯 선이용은 하위영역의 노드에서 예약한 슬롯이 빈 슬롯으로 상위영역(영역0)을 지나갈 때, 이빈 슬롯을 영역0의 노드들이 세그먼트를 전송에 사용할 수 있도록 허용하는 것이다. 선이용 슬롯은 영역0에서만 사



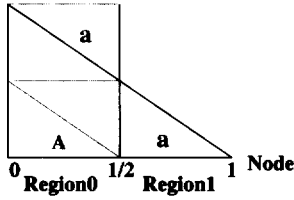
(그림 2) 두 개의 소거노드를 갖는 DQDB망의 구조
(Fig. 2) DQDB network with 2 Erasure nodes

용할 수 있으며 하위영역에서는 소거노드에서 소거된 재생슬롯에 세그먼트를 실어 전송한다. 이때 하위 영역에서 선이용을 위해 제공한 슬롯으로 인해 이용률이 기본 DQDB이하로 떨어지는 경우는 선이용 비율을 조정하여 보완할 수 있다.

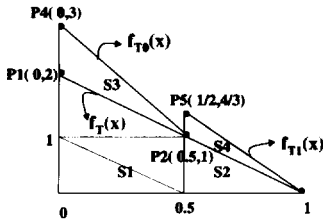
3.2 영역별 전송밀도함수와 버스이용률

이 절에서는 위에서 정의한 슬롯의 선이용/재이용이 고려된다는 가정하에 영역별 슬롯 선이용/재이용량을 계산하여 전송밀도함수를 유도한다. (그림 3)에서는 0과 1사이의 무한 노드를 가정한 망 가운데 하나의 소거노드가 있다고 가정한다. 대문자 A는 동일 영역0 내의 노드들 사이에 세그먼트를 전송하는데 사용된 슬롯량으로 소거노드에서 재생하여 하위 영역1의 노드들이 사용할 수 있는 기본 재이용 슬롯량을 나타낸다. 소문자 a는 영역0에서 선이용할 슬롯량으로 영역1의 노드들이 예약한 슬롯이다. 이와 같이 영역0에서 세그먼트 전송을 위해 사용할 수 있는 슬롯이용률을 그림의 삼각형 구조에서 찾아보면, 영역0의 기본 슬롯량 $3\lambda/4$ 와 선이용 슬롯 a만큼인 $\lambda/4$ 를 선이용할 수 있으므로 이들을 합한 1λ 가 된다. 영역1에서 사용할 수 있는 슬롯 이용률은 영역0내로 세그먼트가 전송완료된 기본 재이용 슬롯량 A와 영역0에서 사용한 선이용 슬롯량 a가 소거노드를 지나 소거된 슬롯량을 합하면 0.33λ 가 된다. 소거노드 한 개일 때 버스이용률은 두 영역의 이용률을 합한 1.33λ 로 기본 DQDB망의 버스이용률보다 33%의 이용률 향상을 보이고 있다.

전송밀도함수를 유도하기 위해 우선 기본 DQDB 메카니즘의 전송밀도함수는 $f_T(x) = 2\lambda(1-x)$ 로 표현되고[3,4] 이것은 삼각형의 빗변에 대한 식이 된다. 그림4에서 선이용, 재이용, 영역별 슬롯 이용률을 분석하면 $S_1 = 3/4, S_2 = 1/4, S_3 = 1/4, S_4 = 1/12$ 가 된다. $f_T(x)$ 와 분석한 이용률이 해당 면적이 됨을 이용하여 (그림 4)와 같이 원하는 점의 좌표를 찾을 수 있다. 두 점을 알면 직선의 방정식을 구할 수 있으므로 영역별 전송밀도함수를 식(4)와 같이 구할 수 있다. 이것을 적분하면 분포함수가 되고 이것은 영역별 슬롯 이용률이 된다. 소거노드가 두 개 이상인 경우에서도 이와 유사한 방법으로 확장하여 전송밀도함수를 구할 수 있다.



(그림 3) 소거노드 1개
(Fig. 3) 1 Erasure node



(그림 4) 전송밀도함수를 위한 좌표
(Fig. 4) Points for the function

$$f_{T_0}(x) = \lambda(3 - 4x), \quad 0 \leq x \leq 0.5,$$

$$f_{T_1}(x) = \frac{8}{3} \lambda(1 - x), \quad 0.5 \leq x \leq 1. \quad (4)$$

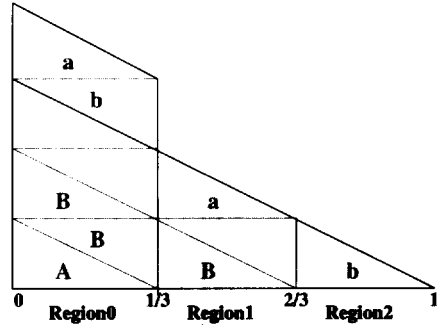
(그림 5)와 같이 등간격의 소거노드 두 개를 둘 때 각 대문자는 기본 재이용량을 나타내는 것으로 영역1에서는 A, 영역2에서는 3B만큼의 재이용에 의한 슬롯을 사용할 수 있다. 영역0내의 노드들이 선이용할 수 있는 슬롯량은 영역1의 슬롯 할당량 중 a만큼과 영역2의 슬롯량 b를 합한 량 a+b가 된다. 따라서 영역0에서 이용할 수 있는 슬롯량은 기본 슬롯할당량 5λ/9에 a, b가 더해진 량이 된다. 영역1의 노드들이 사용할 슬롯량은 기본슬롯이용량 3λ/9에서 영역0의 노드들에게 선이용으로 제공한 슬롯량 a만큼 제하고 남은 2λ/9와 영역0내로 세그먼트가 전송완료되어 사용할 수 있는 재이용 슬롯량 A와, 선이용분 a, b중에서 영역0내 세그먼트 전송에 이용된 슬롯을 재사용할 수 있다. 영역2에서는 영역1에 있는 노드들로 세그먼트가 전송되어 소거노드에서 소거된 기본 재이용 슬롯량을 사용할 수 있다. 마지막 영역에서는 항상 앞 영역으로 세그먼트 전송이 끝난 슬롯을 소거한 재이용 슬롯만 사용할 수 있다. 이와 같은 방법으로 영역0, 1, 2의 전송밀도함수

를 구하면 식(5)와 같이 나타낼 수 있다. 전체 버스효율은 영역별 슬롯 이용률을 합한 1.5926λ로 기본 DQDB망에서보다 59%의 이용률이 향상된 것을 알 수 있다.

$$f_{T_0}(x) = \lambda\left(\frac{10}{3} - 6x\right), \quad 0 \leq x \leq \frac{1}{3},$$

$$f_{T_1}(x) = \frac{2\lambda}{15}(19 - 21x), \quad \frac{1}{3} \leq x \leq \frac{2}{3},$$

$$f_{T_2}(x) = \frac{118\lambda}{15}(1 - x), \quad \frac{2}{3} \leq x \leq 1. \quad (5)$$



(그림 5) 소거노드 2개
(Fig. 5) 2 Erasure nodes

소거노드 세 개를 등간격으로 둘 때에도 위와 유사한 방법으로 영역별 슬롯이용률을 구하여 영역별 전송밀도함수를 구하면 식(6)과 같이 나타낼 수 있고 버스 이용률은 1.845λ로 기본 DQDB망에서보다 84% 이상의 이용률 증가를 보이고 있다. 이와 같은 방법으로 영역수를 확장으로 영역수를 확장하여 전송밀도함수를 구해 나갈 수 있다.

$$f_{T_0}(x) = \lambda\left(\frac{9}{2} - 12x\right), \quad 0 \leq x \leq \frac{1}{4},$$

$$f_{T_1}(x) = \frac{\lambda}{7}(19 - 24x), \quad \frac{1}{4} \leq x \leq \frac{2}{4},$$

$$f_{T_2}(x) = \frac{\lambda}{14}(61 - 72x), \quad \frac{2}{4} \leq x \leq \frac{3}{4},$$

$$f_{T_3}(x) = \frac{304\lambda}{21}(1 - x), \quad \frac{3}{4} \leq x \leq 1. \quad (6)$$

3.3 선이용 슬롯량의 결정

전송밀도함수를 구하기 위하여 각 영역에서 제공하 는 선이용 슬롯에 대한 규칙을 삼각형 모양의 슬롯 이

용 상태에서 조사해 보면, 영역1에서는 항상 작은 삼각형 하나 분의 슬롯량을 제공하고 나머지 영역에서는 그 영역에 할당된 모든 슬롯을 선이용 슬롯으로 제공한다. 그러면 영역2 이하에서의 노드들은 소거노드에서 재생된 슬롯에만 세그먼트를 실어 전송하게 된다. 이렇게 선이용하는 이유는 영역1에서 재이용할 수 있는 기본 재이용량이 삼각형 하나분이기 때문에 두 개 이상을 선이용하게 되면 영역1에서는 기본 DQDB 슬롯이용량 이하로 떨어지게 되므로 바람직하지 않다. 이와 같이 소거노드 수에 따라 삼각형 수를 기준으로 한 선이용비율을 찾아보면 분모는 (선이용 영역 + 1)², 분자는 제차수열 형태로 표1과 같이 나타나며 이를 정리하면 식(7)과 같이 표현할 수 있다.

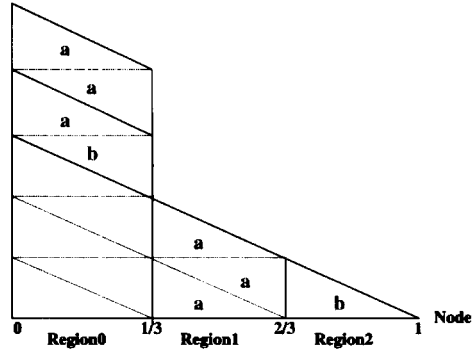
$$Preuse = \frac{e^2 - 2e + 2}{(e + 1)^2}, e \geq 1, e = r - 1. \quad (7)$$

〈표 1〉 소거노드별 슬롯 선이용량
 〈Table 1〉 Preusing slot upon erasure nodes

소거노드 수	1개	2개	3개	4개	5개	...
선이용량	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{10}{25}$	$\frac{17}{36}$...

3.4 버스 최대 효율

위와 같은 구조의 소거노드를 가진 망에서 슬롯 이용률을 극대화하기 위해 영역0의 노드들이 하위영역에 할당된 슬롯을 100% 선이용하여 슬롯을 사용하는 방안을 제안한다. 영역1의 노드들이 사용할 슬롯량은 목적지 노드를 영역0의 노드로 하여 세그먼트를 전송하는데 강제 사용하게 하여 소거노드에서 슬롯을 재생한다고 가정한다. (그림 6)의 예에서 3a와 b를 합한 슬롯량을 선이용하므로 결국 기본슬롯할당량 전체를 영역0에서 사용하게 되며, 영역1부터는 재이용 슬롯만 사용하게 된다. 소거노드가 1개, 2개, 3개일 때의 최대 슬롯이용률은 각각 1.5, 1.8, 2.1429의 결과를 얻을 수 있다. 이 방법은 현실적으로 슬롯 선이용/재이용을 하였을 때 이용률 향상이 최대 어느 정도까지 가능한가를 살펴보기 위한 하나의 기준으로 현실 메커니즘에서는 슬롯을 선이용/재이용하더라도 그 결과는 항상 이 이하가 될 것으로 추측할 수 있다.



(그림 6) 영역0에서의 슬롯 최대 선이용
 (Fig. 6) Maximum preusing in region 0

4. DQDB 메커니즘에 밀접한 슬롯 이용률 계산식

본 절에서는 망에 복수 소거노드를 두고 DQDB 메커니즘에 밀접하게 동작하는 슬롯을 선이용/재이용하는 이용률 계산식을 제안한다. 그리고 이들 식에 의한 노드의 슬롯 이용률에 대한 수치실험 결과를 분석하고, 선이용 비율에 따른 문제점을 보완하는 방안을 제안한다.

4.1 슬롯 재이용

DQDB망의 헤드노드에서 생성된 슬롯이 선이용/재이용됨에 따라 한번 이상 사용되는 슬롯이용률을 구하기 위하여 앞의 그림 2와 같이 두 개의 소거노드 (m₁, m₂)를 가진 DQDB망의 예가 존재한다고 가정한다. 이 그림을 기초로 DQDB메커니즘에 밀접한 확률적 방법에 의한 슬롯 재이용 방법을 제안하고 식을 유도한다.

영역1에서의 슬롯 재이용은 영역0 내에서 세그먼트 전송에 사용된 슬롯을 소거노드 m₁에서 빈 슬롯으로 만들어 재이용할 수 있다. 예를 들면, 그림 2의 1번 노드가 동일 영역인 영역0내의 다른 노드로 세그먼트를 전송할 경우를 확률적 광범으로 구해보면, 노드 1에서의 슬롯 이용률을 나타내는 p₁이 노드 2나 노드 3으로 세그먼트를 전송할 확률은 p₁ · $\frac{2}{8}$ 이 된다. 또 노드 2의 슬롯 이용률 p₂가 노드 3으로 전송될 확률은 p₂ · $\frac{1}{7}$ 이므로 영역0 내의 전송에 사용되는 슬롯 이용

률은 $p_1 \cdot \frac{2}{8} + p_2 \cdot \frac{1}{7}$ 이 된다. 소거노드 m_1 에서는 영역0으로 전송하는데 사용된 슬롯을 소거하여 영역1의 각 노드에서 재이용하도록 하는데 이 때 영역1에서는 영역1의 기본 이용률과 영역0의 재이용량을 사용한다. 그리고 영역2 이하에서는 재이용 슬롯만 이용한다. 영역에 따라 이용하는 슬롯의 형태가 다르기는 하지만 최종 p_i 는 노드 i 에서의 슬롯 이용률을 나타낸다.

이와 같이 확률적 방법에 의해 동일영역으로 세그먼트 전송이 이루어지는 슬롯량을 식(8)의 $Short(i)$ 로 나타내며 이것은 영역 $i+1$ 에서 재이용할 수 있는 슬롯량이 된다. 영역2에서 재이용할 수 있는 슬롯은 영역0에서 영역1로 세그먼트를 전송한 슬롯과 영역1에서 영역1로 세그먼트를 전송한 슬롯을 m_2 에서 소거한 슬롯이 된다. 영역1의 노드가 영역2의 노드로 세그먼트를 전송하는 것처럼, 다른 영역간 세그먼트를 전송하는 슬롯량을 $Remote(i)$ 로 표현하고 식(9)와 같이 나타낼 수 있다. 영역 i 에서의 노드들이 재이용할 슬롯량은 $Short(i-1)$ 과 $Remote(i-1)$ 을 합한 슬롯량인 식(10)의 $Reuse(i)$ 가 된다. 영역별 재이용 슬롯량을 살펴보면, 영역1의 노드들이 사용할 수 있는 재이용 슬롯량은 $Reuse(1)$ 으로 동일 영역간 전송인 영역0내로의 재이용량 $Short(0)$ 만 존재한다. 영역2에서는 영역1에서 1로 세그먼트를 전송한 슬롯량 $Short(1)$ 과 영역0에서 영역1로의 전송량 $Remote(1)$ 만큼 사용할 수 있어서 재이용량 $Reuse(2)$ 는 이들 둘을 합한량이 된다. 영역별 슬롯 재이용량이 결정되면 식(12)의 비율로 재이용 슬롯을 나누어 식(11)과 같이 노드별로 사용할 수 있다.

$$Short(i) = \sum_{j=0}^{i-1} \sum_{k=1}^{m_{i+1}-m_i} p(m_i+j-1) \cdot \frac{m_{i+1}-m_i-j}{n-m_i-j} \quad (8)$$

$$Remote(i) = \sum_{j=0}^{i-1} \sum_{k=1}^{m_{i+1}-m_i} p(m_{i-1}+j-1) \cdot \frac{m_{i+1}-m_i}{n-m_i-j+1} \quad (9)$$

$$Reuse(i) = \begin{cases} Short(0), & i=1, \\ Short(i-1) + Remote(i-1), & 1 < i < r. \end{cases} \quad (10)$$

$$Node_reuse(i) = Reuse(k) \cdot \alpha(i), \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq k \leq r-1. \quad (11)$$

$$\alpha(i) = \frac{n-i+1}{\sum_{j=m_{i-1}}^{m_i-1} (n-j)}, \quad 1 \leq i \leq n. \quad (12)$$

4.2 슬롯 선이용과 이용률 계산식

앞 절에서 DQDB망의 메커니즘에 밀접히 따르는 확률적 방법에 의한 슬롯재이용 계산식에 대해 살펴보았다. 이제 유사한 슬롯 선이용 계산법을 제안하고 식을 유도해 보기로 한다. DQDB망의 헤드노드에서 생성된 슬롯이 하위노드의 세그먼트 전송을 위해 빈 슬롯으로 내려갈 때 상위영역(영역0)에서는 이 슬롯을 세그먼트 전송에 사용한다. 슬롯 선이용을 위한 영역별 기준을 살펴보면 영역1에서는 영역0의 기본 슬롯량 가운데서 영역0내의 노드로 세그먼트 전송이 이루어지는 슬롯량만큼을 영역0에 제공한다. 그것은 영역0내로 세그먼트가 전송하는 슬롯량이 많지 않으므로 영역1의 슬롯 이용률이 최소 기본 슬롯할당량 이상은 유지할 수 있도록 하기 위해서이다. 영역2이하부터는 그 영역에 할당된 기본 슬롯량을 모두 선이용 슬롯으로 제공하므로 이들 영역에서는 재이용 슬롯만 사용할 수 있다.

이러한 가정 하에서 그림 2를 이용하여 구체적인 슬롯 선이용에 관한 식을 유도한다. 예를 들면 영역1에 예약된 슬롯 중에서 선이용할 수 있는 슬롯량은 1번 노드의 세그먼트 전송 목적지가 노드 2나 3으로, 노드 2가 노드 3으로 세그먼트를 실어 보내는 슬롯량만큼이다. 이들은 영역0내에서 사용된 후 소거노드에서 소거되어 영역1에서 다시 사용되므로 영역1의 기본 슬롯량만큼은 항상 보존할 수 있다. 이것은 재이용에서와 같이 확률에 의한 방법으로 구할 수 있는데 영역1에서 영역0에 제공할 선이용량은 $Preuse1$ 로 식(14)와 같이 표현할 수 있다. 이와 같이 영역0에서 선이용할 슬롯 총량은 영역1에서의 $Preuse1$ 과, 영역2 이하 모든 기본 슬롯할당량을 합한 값인 식(15)와 같이 표현할 수 있다. 이때 $U(i)$ 는 영역 i 의 기본슬롯할당량의 합을 의미한다. 영역0내 각 노드에서의 슬롯 선이용은 식(12)의 비율로 할당하면 식(16)으로 표현된다.

앞에서 구한 기본슬롯할당량과 선이용, 재이용 슬롯량을 조합하여 버시이용률을 구해 보자. 노드의 슬롯 이용은 영역의 특성에 따라 슬롯을 사용하게 되는데 영역0에서의 슬롯 이용률은 기본슬롯할당량과 선이용

슬롯량의 합으로 나타낼 수 있다. 식 (16)에서는 영역0 내 노드들이 선이용하는 슬롯량이다. 영역1에서 사용할 수 있는 슬롯량은 기본할당량에서 Preusel을 제외한 량과 영역0으로 세그먼트 전송완료된 슬롯을 재이용할 수 있어 식 (17)과 같이 나타낼 수 있다. 나머지 영역에서는 식(11)의 재이용 슬롯만 사용할 수 있는데 영역별 특성에 따른 각 노드의 슬롯 이용률은 식 (18)과 같이 구할 수 있다. 각 노드별 이용률을 합하면 버스이용률이 되는데 이것은 식 (19)와 같다.

$$U(i) = \sum_{k=1}^{m_1-i} u_k, \quad 0 \leq i \leq r-1. \tag{13}$$

$$Preusel = \sum_{i=1}^{m_1-m_0} u_i \cdot \frac{m_1 - m_0 - i}{n - m_0 - i + 1}. \tag{14}$$

$$Preuse = Preusel + \sum_{i=2}^{r-1} U(i). \tag{15}$$

$$Node_preusel(i) = Preuse \cdot a(i). \tag{16}$$

$$Region1(i) = (U(1) - Preusel + Reusel(1)) \cdot a(i), \tag{17}$$

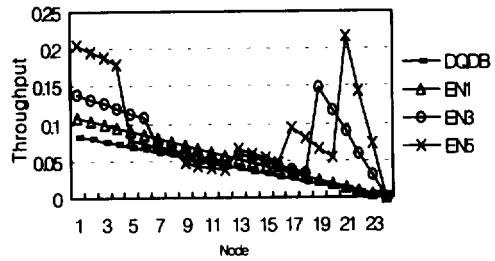
$$m_1 \leq i < m_2. \tag{17}$$

$$P(i) = \left(u_i + Node_preusel(i) \right)_{1 \leq i < m_1} + Region1(i)_{m_1 \leq i < m_2} + Node_reusel(i)_{m_2 \leq i < n}. \tag{18}$$

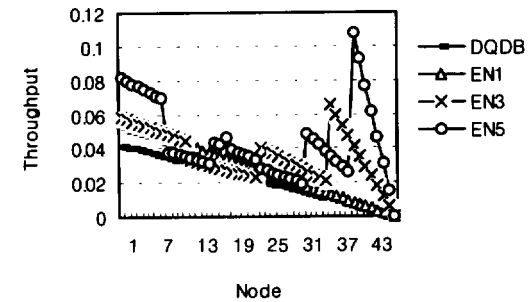
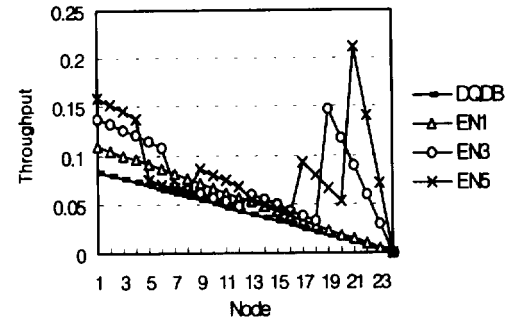
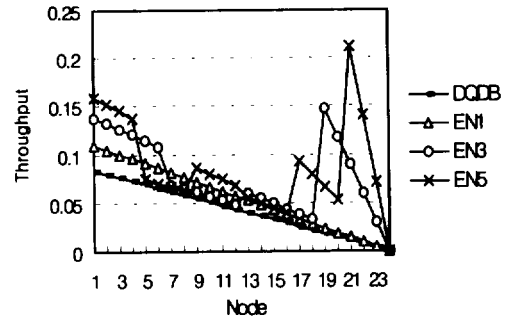
$$T = \sum_{i=1}^n P(i). \tag{19}$$

4.3 선이용량에 따른 버스이용률 수치 분석

(그림 7)은 4.1, 4.2절에서 유도한 슬롯 선이용/재이용 방법에 의해 노드 수 24개일 때 등간격의 소거노드 1, 3, 5개로 두고 노드별 슬롯 이용률을 분석한 결과이다. 그림에서 <DQDB>는 기본 DQDB망의 슬롯 이용률을 나타내고 <ENi>는 소거노드 i개일 때 노드의 슬롯 이용률결과를 나타낸다. 노드의 슬롯 이용률의 합인 버스이용률은 노드와 소거노드 수가 많을수록 높았고 소거노드 수가 증가함에 따라 이용률이 향상되었다. 그러나 소거노드가 5개 이상일 때는 영역2의 이용률이 기본 DQDB망의 이용률보다 낮아지는 경향이 있었다. 그것은 영역수가 증가함에 따라 재이용 슬롯량이 영역2의 기본슬롯할당량을 채워줄 만큼 확보되지 못하기 때문이다. 선이용이 많은 영역0이나 재이용이 많아지



(그림 7) 소거노드별 버스이용률(노드24개)
(Fig. 7) Bus utilization on erasure nodes(24 nodes)



(그림 8) 선이용 변경에 따른 이용률(노드12, 24, 48개)
(Fig. 8) Bus utilization upon changed preuse slot (12, 24, 48 nodes)

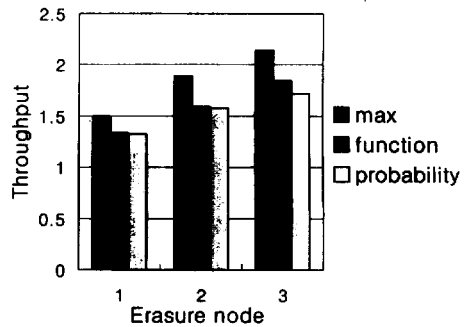
는 하위영역에서는 기본슬롯할당량보다 월등히 높은 이용률을 가지게 되지만 소거노드가 증가하게 되면 가운데 영역에서의 슬롯 이용률은 상대적으로 낮아진다.

이렇게 이용률이 높아지더라도 기본슬롯할당량보다 슬롯이용률이 낮아지는 영역이 존재하는 것은 바람직하지 않으므로 이를 수정보완하기 위하여 영역2에서 제공하는 선이용량을 영역1에서와 같은 수준으로 하고 나머지량은 영역2의 세그먼트 전송을 위해 사용할 수 있도록 개선하였다. 수정한 버스이용률은 (그림 8)로써 (그림 7)와 같은 노드 환경에서 영역2의 선이용량만을 변경하여 얻은 것이다. 그 결과, 기본 DQDB망의 이용률보다 낮은 영역이 없으면서 버스이용률이 전체적으로 향상되었다. 소거노드 5개일때의 $EA5$ 를 살펴보면 영역2에서 제공하는 선이용 슬롯량이 줄어들어 영역0의 이용률은 (그림 7)보다 낮아졌지만 영역2의 이용률은 보완되었다. 그림에서 나타나듯이 슬롯 선이용/재이용에 의한 방법은 기본 DQDB망의 경우보다 상당히 향상된 이용률 증가를 확인할 수 있다.

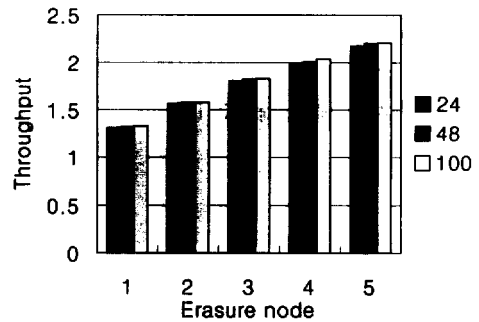
5. 결 론

본 연구는 DQDB망의 단방향 버스에 등간격의 복수 소거노드를 두어 영역별 전송밀도함수와 이용률을 구하고 ((그림 9)에서 function), 영역0에 있는 노드들이 슬롯을 100% 사용하여 영역1의 노드에서 사용될 슬롯량을 영역0에서 강제 소모시켜 얻는 슬롯 최대 이용률을 구하였으며(max), DQDB프로토콜을 밀접하게 따르는 확률적 방법에 의한 슬롯 이용률 계산법을 제안하고 노드의 슬롯 이용률(probability)을 구하였다. (그림 9)는 이들 세 가지 방법에 의한 이용률 비교결과로 소거노드 세 개일 때 기본 DQDB망의 버스이용률보다 최대 두 배 이상의 증가를 보였고 소거노드 수가 많을수록 이용률이 높음을 알 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 계산방식은 노드 수나 소거노드 수가 증가하더라도 쉽게 확장 가능하며 전송밀도함수에 의한 방법은 다른 시스템에도 응용 가능할 것으로 기대된다. 전송밀도함수에 의한 슬롯 사용법이 무한 노드를 가정한다에 비하여 세 번째 방법의 경우는 현실적인 DQDB메커니즘 동작을 밀접히 따르는 제안법으로 가장 타당성이 있다고 볼 수 있다. (그림 10)에서는 DQDB메커니즘을 밀접히 따르는 확률적 방법에 의해 슬롯을 선이용/재이용하여 얻은 버스이용률 결과로 노드 수

24, 48, 100개일 때 각각 소거노드 수 1에서 5개까지의 이용률을 비교하였다. 소거노드 수가 같을 때에는 노드 수가 많은 경우가 다소 이용률이 높았으며 소거노드가 증가할수록 이용률 향상 폭이 높았다. 이와 같이 본 논문에서 제안한 세가지 계산법에 의한 슬롯 이용률은 기본 DQDB망에서보다 월등히 향상되었음을 확인하였다.



(그림 9) 세 가지 방법에 따른 버스이용률 (Fig. 9) Bus utilization for 3 methods



(그림 10) 노드와 소거노드에 따른 버스이용률 (Fig. 10) Bus utilization on nodes and erasure nodes

참 고 문 헌

[1] Rodrigues M. A., "Erasure Node : Performance Improvements for the IEEE 802.6 MAN", INFOCOM'90, June, pp.636-643, 1990.
 [2] Kamal A. E., "Efficient Multi-Segment Message Transmission with Slot Reuse in DQDB", INFOCOM'91, pp.869-878, 1991.

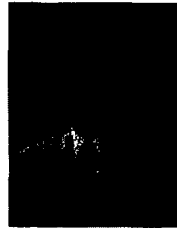
- [3] Garrett M. W., Li San-Qi, "A Study of Slot Reuse in Dual Bus Multiple Access Networks", IEEE J. Select. Areas Comm., Vol.9, No.2, pp.248-256, Feb., 1991
- [4] Kahng Hyun-Kook, Suk Jung-Bong, Yim Chu-Hwan, "Slot Reuse and Preuse in Distributed Queue", IC3N, pp.251-253, June, 1992.
- [5] Tetsuya. Y, Toshihiro. S, "The Erasure Nodes Control Schemes in DQDB", Globecom 92, pp.1214-1218, 1992
- [6] Pach A. R., Palazzo S., Panno D., "Slot Preusing in IEEE 802.6 Metropolitan Area Networks", IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.9, No.2, pp. 1249-1258, Oct., 1993.
- [7] A. E. Kamel, J. W. Wong, H. S. Hassanein, "An algorithm for slot reuse in DQDB networks with erasure nodes", Computer Networks and ISDN Systems 26, pp.695-710, 1994.
- [8] Kim C. G., Cho K. S., Oh B.S., "Throughput Comparison for Multiple Slot Using Mechanism in DQDB Network", ICOIN-10, pp.262-267, Jan., 1996.
- [9] 오범석, 김종근, "DQDB망에서 QA 슬롯의 선이용/재이용에 관한 이용률 분석", 한국정보과학회 논문지 제 24권 제2호, pp.173-182, 1997.



조 경 속

1983년 영남대학교 수학과 졸업 (학사)
 1987년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1996년 영남대학교 대학원 전산공학과 박사과정 수료

1997년~현재 창신대학 전산정보처리과 전임강사
 관심분야 : 고속통신망, 성능평가, 이동통신



오 범 석

1985년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1990년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1995년 영남대학교 대학원 전산공학과 박사과정 수료

1992년~현재 경동정보대학 사무자동화과 조교수
 관심분야 : 컴퓨터망, 분산시스템, 운영체제, 성능분석



김 종 근

1981년 영남대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1987년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1991년 일본 電氣通信大學 정보공학과(공학박사)

1996년~1997년 Virginia Tech. 방문교수
 1991년~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 부교수
 관심분야 : 운영체제, 분산시스템, 컴퓨터망, 시뮬레이션, 성능평가