

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.6.165>

IIBC 2016-6-21

다중 방송 채널 환경을 위한 질의 기반 데이터 할당 기법

A Query-Based Data Allocation Scheme for Multiple Broadcast-Channel Environments

권혁민*

Hyeokmin Kwon*

요약 데이터 할당 기술은 데이터 방송 시스템의 성능을 향상시키기 위해서 필수적이다. 본 논문은 질의 프로파일과 질의 요청 확률이 주어진 환경에서 다중 데이터 질의를 처리하기 위하여 방송채널에 데이터를 할당하는 주제를 연구하여 QBDA(Query-Based Data Allocation)로 명명된 새로운 데이터 할당 기법을 제안한다. 제안된 기법은 요청율이 높은 질의에 우선권을 주어 데이터를 스케줄링하며, 데이터 충돌을 줄이기 위하여 마킹 개념을 도입한다. QBDA 기법의 성능 평가를 위해 시뮬레이션이 수행되었다. 실험 결과에 따르면, 제안된 기법은 요청 확률이 높은 질의들을 빠르게 처리할 수 있을 뿐만 아니라 질의 데이터 인접성 및 데이터 충돌 확률 측면에서 매우 바람직한 특성을 보이기 때문에 평균 응답시간의 성능에서 다른 기법보다 우수한 성능을 보인다.

Abstract A data allocation technique is essential to improve the performance of data broadcast systems. This paper explores the issues for allocating data items on broadcast channels to process multiple-data queries in the environment where query profiles and query request rates are given, and proposes a new data allocation scheme named QBDA. The proposed scheme allows the query with higher request rate to have higher priority to schedule its data items and introduces the concept of marking to reduce data conflicts. Simulation is performed to evaluate the performance of QBDA. The simulation results show that the proposed scheme outperforms other schemes in terms of the average response time since it can process queries with high request rate fast and show a very desirable characteristics in the aspects of query data adjacency and data conflict probability.

Key Words : Data allocation, data broadcast, broadcast schedule, simulation

1. 서론

방송 방식의 데이터 전달 기법을 채택한 정보 시스템에서 어떤 데이터의 방송은 이를 필요로 하는 모든 클라이언트들의 요구를 충족시킬 수 있기 때문에 클라이언트

가 어떤 데이터를 액세스하는데 걸리는 지연 시간과 데이터 전송 비용이 클라이언트 수에 영향을 받지 않는다. 따라서 데이터 방송 시스템은 시스템 확장성이 매우 우수하다. 그리고 모바일 컴퓨팅 환경에서 모바일 클라이언트로부터 서버로의 상향 통신 대역폭은 하향 대역폭에

*종신회원, 세명대학교 정보통신학부
접수일자 : 2016년 8월 29일, 수정완료 : 2016년 10월 6일
게재확정일자 : 2016년 12월 9일

Received: 29 August, 2016 / Revised: 6 November, 2016 /
Accepted: 9 December, 2016

*Corresponding Author: hmkwon@semyung.ac.kr
School of Information and Communication System, Semyung
University, Korea

비해서는 매우 제한적이라는 특징을 보인다^[1-3]. 따라서 방송 방식의 데이터 전달 기법은 방대한 규모의 클라이언트들을 지원해야 하는 환경이나 모바일 컴퓨팅 환경에서 정보 전달을 위한 주요 기술로 인정받고 있다^[1-9].

데이터 방송 시스템에서 서버는 방송채널을 통하여 데이터들을 순차적으로 방송하며, 각 클라이언트들은 방송채널을 감시하고 있다가 자신이 원하는 데이터가 방송되면 이를 수신한다. 데이터 방송 시스템의 주요 성능 지수는 질의의 평균 응답시간(response time)인데, 질의 응답시간이란 클라이언트가 특정 질의를 제기한 순간부터 그 질의가 필요로 하는 모든 데이터들을 수신할 때까지 걸린 대기시간을 의미한다. 질의 응답시간의 성능은 데이터 할당 기법에 크게 영향을 받기 때문에 이에 대한 많은 연구들이 수행되었는데^[1-9], 데이터 할당 기법에서는 전체 데이터들을 어떻게 분할하여 각 방송채널에 할당하고, 각 채널에 할당된 데이터들은 어떤 순서 그리고 어떤 빈도로 방송할 것인가의 주제를 연구한다.

데이터 할당 기법은 방송채널의 수에 따라 단일 방송채널과 다중 방송채널 환경용으로 분류할 수 있고, 클라이언트가 제기하는 질의의 특성에 따라 단일 데이터 질의와 다중 데이터 질의 환경용으로 분류할 수 있다^[2]. 단일 채널 환경은 질의 응답시간의 개선에 한계가 있고 다중 데이터 질의가 더 범용성이 있기 때문에 본 연구에서는 다중 방송채널 모델에서 다중 데이터 질의가 제기되는 환경에 한하여 연구를 수행한다. 하나의 데이터를 액세스하는 단일 데이터 질의 환경을 위하여 DP(Dynamic Programming)^[3]와 NODA(Near Optimal Data Allocation)^[4] 등을 비롯한 많은 기법들이 제안되었다. DP 기법은 각 방송채널이 평형(Flat) 방송을 실시하는 시스템 모델에서는 최적(optimal) 알고리즘이지만, 시스템 모델의 제약으로 같은 방송채널에 할당된 데이터들은 모두 동일한 빈도로 방송된다는 단점이 있다. NODA 기법은 이 단점을 해결하기 위하여 각 방송채널을 동일 대역폭을 갖는 다수의 서브채널로 구성하고 각 서브채널 별로 평형 방식으로 방송하는 시스템 모델을 사용하여 단일 데이터 질의의 이론적 최적 응답시간에 거의 필적하는 성능을 실현했다.

다수의 데이터를 액세스하는 다중 데이터 질의가 제기되는 환경을 위한 대표적인 데이터 할당 기법에는 IDAS(Interdependent Data Allocation Scheme)^[2], PBA(Placement-Based Allocation)^[5], 그리고 MA2D^[6]

등이 있는데, 이들은 모두 질의가 액세스하는 데이터 집합을 의미하는 질의 프로파일과 질의 요청 확률이 제시된 환경에서 다중 방송채널에 데이터를 할당하는 연구를 수행하였다. 다중 데이터 질의 환경에서 어떤 질의가 액세스하려는 데이터들이 서로 다른 채널을 통하여 동시에 방송될 때 데이터 충돌이 발생되었다고 한다. 어떤 질의를 처리할 때 데이터 충돌이 발생하면, 이 중 하나의 데이터를 수신하고 다른 데이터는 다음 방송에서 수신해야 하므로 응답시간이 매우 길어지게 된다. PBA 기법은 이와 같은 점을 고려하여 각 방송채널의 데이터 할당 위치에 기초한 알고리즘을 개발하여, 데이터 충돌 확률을 획기적으로 감소시켜 질의 응답시간 성능을 개선하고자 했다. 그러나 이 기법은 각 질의의 요청 확률에 관계없이 모든 데이터들을 한 방송주기에서 한 번만 방송하는 정책을 사용했다. 따라서 PBA 기법은 각 질의의 요청 확률이 유사한 환경에서는 우수한 평균 응답시간의 성능을 발휘하지만, 각 질의 간의 요청 확률의 편차가 클 경우에는 그 성능을 개선하는 데는 한계가 있었다.

만일 요청 확률이 높은 질의가 액세스하는 데이터들을 한 방송주기에서 여러 번 할당한다면 이 질의의 평균 응답시간 성능이 대폭 개선되어 전체 응답시간의 성능이 크게 개선될 수 있을 것이다. IDAS 기법에서는 이와 같은 점을 고려하여 질의 프로파일과 질의 요청 확률에서 각 데이터의 상대적 액세스 확률을 계산한 후, 이 값에 근거하여 각 데이터들의 방송빈도를 다르게 설정할 수 있는 알고리즘을 제안했다. IDAS 기법은 요청 확률이 높은 질의일수록 빠르게 처리할 수 있을 뿐만 아니라, 적절한 수준의 데이터 충돌률을 보이기 때문에 질의 응답시간의 성능을 크게 개선할 수 있었다^[2]. 그러나 이 기법은 데이터 액세스 확률에만 근거하여 방송채널에 데이터를 할당하는 데이터 기반 정책을 사용하므로 동일 질의에 속한 데이터들도 방송빈도가 다르게 설정될 가능성이 높다. 따라서 IDAS 기법에서는 어느 정도의 데이터 충돌은 발생하기 마련이고, 동일 질의에 속한 데이터들의 인접성도 훼손되는 단점이 있다.

본 논문에서는 이 단점을 극복하기 위하여 질의에 최우선권을 주어 방송채널에 데이터들을 할당하는 질의 기반의 연구를 수행하여, 데이터 충돌 가능성을 최소화하면서도 동일 질의가 액세스하는 데이터들은 가급적 방송채널에서 서로 인접하게 배치하여 질의 응답시간의 성능을 개선할 수 있는 새로운 데이터 할당 기법을 제안할 것이

다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 기존에 개발된 기법에 대하여 기술하고, 3 장에서는 본 논문이 제안하는 새로운 데이터 할당 기법에 대하여 기술한다. 4 장에서는 제안된 기법의 성능을 평가, 분석하고, 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

이 장에서는 성능 평가에서 사용된 기법들을 중심으로 하여 기존에 제안된 기법들에 대하여 기술한다. 평형 (FLAT)^[1] 기법은 가장 기본이 되는 데이터 할당 기법으로 각 방송채널에 동일 개수의 데이터를 배정하고, 각 채널은 이들을 라운드-로빈 형태로 평형 방송한다. 평형 기법은 단순하여 구현이 용이한 장점이 있지만, 모든 데이터를 동일 빈도로 방송하기 때문에 평균 응답시간의 성능이 낮다는 단점이 있다.

다중 방송채널 환경에서 다중 데이터 질의를 효율적으로 처리하기 위하여 PBA^[5], GA(Genetic Algorithm)^[7], DAMA(Data Allocation using Moving Average)^[8], 그리고 IDAS^[2] 등과 같은 많은 기법들이 제안되었다. GA 기법은 유전자 알고리즘을 이용하여 다중채널에 데이터들을 할당하는 문제를 연구했다. GA 기법은 초기 해를 휴리스틱하게 결정된 후 반복적인 적합성 평가를 통하여 최적의 방송 스케줄을 찾아 나가는데, 세대가 진행될수록 더 바람직한 해가 구해지긴 하지만 우수한 해를 구하기 위해서는 많은 세대를 거쳐야 하기 때문에 많은 실행 시간을 필요로 한다는 단점이 있다.

PBA 기법의 연구에서는 질의가 필요로 하는 데이터들이 동시에 방송되는 것을 방지하기 위하여 각 방송채널의 데이터 할당 위치에 기초한 알고리즘을 개발했다. 이 기법은 요청확률이 높은 질의의 순서대로 그 질의의 데이터들을 가급적 데이터 충돌이 발생하지 않도록 하면서도 서로 인접하게 방송채널에 할당한다. 이 기법에서는 우선순위가 낮은 질의일수록 방송채널에 아직 데이터가 할당되지 않고 남아있는 방송구간의 제약으로 인하여 데이터 충돌 가능성이 더 높아지게 된다. 그렇지만 요청확률이 높은 질의의 경우에는 데이터 충돌이 거의 발생하지 않을 뿐만 아니라, 그 질의의 데이터들은 대부분 서로 인접해서 할당되기 때문에 PBA는 데이터 충돌 및 데이터 인접성 측면에서는 매우 이상적인 기법이다. 그러

나 이 기법은 한 방송주기에서 모든 데이터들을 한번만 할당하는 정책을 사용하기 때문에 응답시간의 성능을 개선하는 데는 한계가 있었다.

요청 확률이 높은 질의일수록 전체 질의의 평균 응답시간 성능에 더 큰 영향을 미친다. 따라서 요청 확률이 낮은 질의를 약간 희생하더라도 요청 확률이 높은 질의를 빠르게 처리할 수 있다면 전체 질의의 평균 응답시간 성능을 크게 개선할 수 있을 것이다. IDAS 기법은 이와 같은 점을 고려하여 요청 확률이 높은 질의를 빠르게 처리하기 위하여 요청 확률이 높은 데이터일수록 더 빈번하게 방송하는 정책을 채택했다. MA2D^[6] 기법도 이와 같은 정책을 사용하는데, 이 기법은 데이터 액세스 확률에 너무 큰 가중치를 부여하는 경향이 있기 때문에 요청 확률이 높은 질의의 응답시간은 대폭 개선할 수 있지만 요청 확률이 낮은 질의의 응답시간이 너무 길어지는 단점이 있다. IDAS 기법은 질의 프로파일과 요청 확률로부터 각 데이터들의 상대적인 액세스 확률을 계산한 후, 한 방송주기에서 각 데이터의 방송빈도를 자신의 액세스 확률의 제곱근 값에 비례하게 설정함에 의해 이와 같은 단점을 개선했다. IDAS 기법은 각 데이터의 방송빈도를 액세스 확률 대비 적절한 수준에서 결정할 뿐만 아니라 요청 확률이 높은 질의일수록 빠르게 처리할 수 있기 때문에 다른 기법들에^[5, 8] 비해 질의 응답시간의 성능을 크게 개선할 수 있었다. 그러나 이 기법은 동일 질의가 액세스하는 데이터들의 방송빈도가 서로 다르게 설정될 가능성이 높기 때문에 어느 정도의 데이터 충돌은 발생하며, 질의의 데이터 인접성도 훼손되는 단점이 있다.

대부분의 기법들이^[2, 5-7] 질의 프로파일과 요청 확률이 주어진 환경에서 연구를 수행했는데, DAMA^[8] 기법은 이와 같은 정보들을 정형화하기 어려운 환경을 위해 각 데이터의 액세스 확률만이 주어진 환경에서 방송채널에 데이터를 할당하는 연구를 수행했다. 일반적으로 액세스 확률이 높은 데이터일수록 더 빈번하게 방송해야 응답시간 성능을 개선할 수 있다. 그러나 다중 데이터 질의는 가장 늦게 수신된 데이터에 의해 응답시간이 결정되는 특성이 있기 때문에, 질의가 액세스하는 데이터의 수가 많아질수록 액세스 확률이 방송 빈도에 미치는 영향력이 작아져야 한다. DAMA 기법은 이와 같은 점을 고려하여 각 데이터를 액세스 확률의 내림차순으로 정렬한 후 이들의 이동 평균 값을 이용하여 방송채널에 데이터들을 할당한다. 비록 DAMA 기법이 질의 크기와 데이터의 액

세스 확률에 따라 각 데이터의 방송빈도를 적절하게 제어하기는 하지만, 질의 프로파일과 요청 확률이 주어진 환경에서 그대로 적용하기에는 무리가 있다.

III. 새로운 질의기반 데이터 할당 기법

이 장에서는 본 논문이 제안한 새로운 데이터 할당 기법에 대하여 기술하는데, 제안된 기법은 질의에 기반하여 방송채널에 데이터들을 할당하기 때문에 QBDA (Query-Based Data Allocation) 기법이라 명명한다.

1. 기본 시스템 모델 및 용어

본 논문은 IDAS와^[2] 유사하게 다음과 같은 시스템 모델과 용어를 사용한다.

- 1) 전체 데이터들은 $d_k(1 \leq k \leq N)$ 로 표현되는 동일 크기의 N 개의 데이터들로 구성되고, 전체 질의들은 $q_j(1 \leq j \leq m)$ 로 표현되는 m 개의 질의로 구성되는데 각 질의의 요청 확률은 $p(q)$ 로 표현하며 내림차순으로 정렬되어 있다고 가정한다.
- 2) 각 질의는 자신이 액세스하는 데이터의 집합으로 정의하는데, 질의의 데이터를 방송채널에 할당하는 것을 질의를 스케줄링한다고 표현한다.
- 3) 방송 서버에는 $CH_i(1 \leq i \leq K)$ 로 표현되는 동일 대역폭을 갖는 K 개의 방송채널이 존재한다. 한 방송채널에서 하나의 데이터를 방송하는데 걸리는 논리적인 시간을 1 tick으로 정의하고, 방송주기 및 응답시간 성능의 단위로써 tick을 사용한다.
- 4) 각 방송채널에는 그림 1과 같이 동일한 수 T 개의 데이터들이 할당되어 방송주기는 T 가 된다. 방송채널에서 각 데이터가 할당되는 구간을 슬롯(slot)으로 표현하는데, 각 슬롯은 슬롯번호로서 구분한다. $Slot_{i,j}(1 \leq i \leq K, 1 \leq j \leq T)$ 는 CH_i 의 j 번째 슬롯을 의미한다.

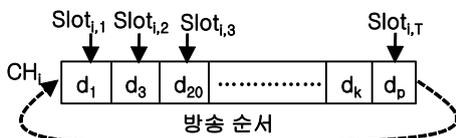


그림 1. 슬롯에 데이터 할당 및 방송 순서
Fig. 1. Data Allocation On Slots and Broadcast Order

- 5) 각 방송채널은 자신의 슬롯에 할당된 데이터들을

라운드-로빈 형태로 주기적으로 방송하며, 클라이언트는 어느 한 순간에는 한 방송채널만을 수신할 수 있다.

2. 기본 개념 및 데이터 할당 알고리즘

데이터 인접성이란 질의의 데이터들이 서로 얼마나 근접해서 방송채널에 할당되어 있느냐를 의미한다. 다중 데이터 질의는 가장 늦게 수신된 데이터에 의해 응답시간이 결정되기 때문에 질의가 액세스하는 데이터들이 서로 인접해서 할당되어 있지 않을 경우에는 응답시간의 성능이 크게 저하될 수 있다. 이에 대한 이해를 돕기 위해 그림 2를 살펴보자. 어떤 질의 q_i 가 $\{d_1, d_2, d_3, d_4\}$ 의 데이터들을 액세스한다고 가정하자. 일반적으로 방송주기 T 는 질의의 크기에 비해 매우 크다는 점을 고려하면, 그림 2의 a)와 같이 인접성이 높게 데이터를 할당하면 q_i 의 평균 응답시간은 $T/2$ 가 될 것이다. 그러나 b)와 같이 데이터를 할당하면 q_i 의 평균 응답시간은 $7T/8$ 정도가 될 것이다. 이와 같이 한 방송주기에서 질의가 액세스하는 데이터들을 동일한 빈도로 방송하더라도 데이터의 인접성에 따라 응답시간의 성능은 크게 영향을 받는다.

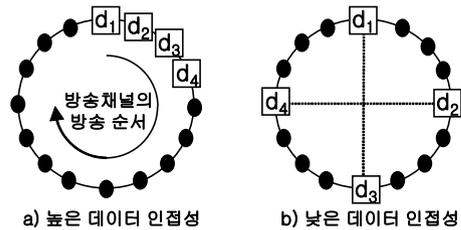


그림 2. 데이터 인접성 비교
Fig. 2. Comparison of Data Adjacency

기존에 제안된 데이터 할당 기법들은^[2, 6, 8] 각 데이터의 액세스 확률에 근거하여 방송빈도를 결정하는 정책을 사용하는 데이터 기반의 기법이므로 질의가 액세스하는 데이터들의 인접성이 크게 훼손될 가능성이 있다. 그리고 데이터 기반의 데이터 할당 기법들은 다중 채널에 데이터를 할당하는 과정에서 동일 질의의 데이터들이 같은 슬롯 번호에 할당될 수 있기 때문에 데이터 충돌 가능성도 높아지게 된다. 질의 기반 데이터 할당 정책을 사용하는 PBA 기법은 데이터 인접성 및 데이터 충돌 측면에서는 매우 이상적인 기법이기도 하지만, 이 기법은 한 방송주기에서 모든 데이터들을 한번만 스케줄링하기 때문에

응답시간 성능을 개선하는 데는 한계가 있었다. 전체 질의의 평균 응답시간의 성능은 식 (1)과 같이 표현되는데 이를 향상시키기 위해서는 요청 확률이 높은 질의일수록 더 빠른 응답시간의 성능을 발휘하도록 데이터를 할당해야 한다. 이 수식에서 $AvgResTime(q_j)$ 는 질의 q_j 의 평균 응답시간을 의미한다.

$$\sum_{j=1}^m (p(q_j) \times AvgResTime(q_j)) \quad (1)$$

IDAS 기법은 이와 같은 정책을 사용하기는 하지만, 데이터 기반의 스케줄링 정책으로 인하여 데이터 충돌 및 질의의 데이터 인접성 측면에서 바람직하지 않은 특성을 보인다. 본 논문이 제안하는 QBDA 기법은 질의 기반의 스케줄링 정책을 채택하여 데이터 기반 기법의 단점을 개선하고자 한다. 데이터 기반 기법^[2, 6] 질의 요청 확률에서 각 데이터의 상대적인 액세스 확률을 계산한 후 이에 근거하여 한 방송주기에서 각 데이터의 방송 빈도를 다르게 설정하는 반면, 제안된 기법은 질의의 요청 확률에 근거하여 각 질의의 방송빈도를 다르게 설정한다. 질의의 방송빈도란 그 질의가 액세스하는 모든 데이터들을 한 방송주기에서 몇 번 할당하는가를 의미한다.

QBDA 기법은 요청 확률이 높은 질의를 빠르게 처리하기 위하여 요청 확률이 높은 질의일수록 방송빈도를 높게 설정한다. 단일 데이터 질의에서 각 데이터들의 방송빈도를 액세스 확률의 제곱근 값에 비례하게 설정할 때 가장 최적의 응답시간 성능을 발휘한다는 사실을 고려하여, QBDA 기법은 각 질의의 방송빈도를 요청 확률의 제곱근 값에 비례하게 할 때 최적의 응답시간 성능을 보일 것이라는 휴리스틱을 적용하여 각 질의의 방송빈도를 결정한다. 이를 위해 QBDA 기법은 식 (2)와 같이 각 질의의 방송빈도를 질의의 요청 확률의 제곱근 값에 비례하게 결정한다.

$$BCastFreq(q_i) = \lfloor \sqrt{p(q_i)} / \sqrt{p(q_m)} + 0.5 \rfloor \quad (2)$$

시스템에는 m 가지 종류의 질의가 있고, 이들은 요청 확률의 내림차순으로 정렬되어 있다고 가정하고 있기 때문에 이 수식에서 q_m 은 요청 확률이 가장 낮은 질의를 의미한다. 이 수식에 의하면 q_m 의 방송빈도를 1로 해서 각 질의의 방송빈도를 요청 확률의 제곱근 값에 비례하게 설정하기 때문에 요청 확률이 높을수록 더 빈번하게 스케줄링되어 이들의 응답시간을 감소시킬 수 있게 된다.

본 논문이 제안하는 QBDA의 전체 알고리즘이 그림 3에 제시되어 있는데, 이 알고리즘은 우선 식 (2)에 의해 각 질의의 방송빈도를 결정한다. QBDA 기법은 데이터

```

//N: number of data items, m: number of queries,
//K: number of broadcast channels
BCastFreq(qi) = ⌊ √p(qi) / √p(qm) + 0.5 ⌋
set all BCastFreq(di) to zero.
①for each query qi from i=m to i=1
    for each data dk in qi
        BCastFreq(dk) = BCastFreq(qi)
② TotalNumOfBCastData = ∑i=1N BCastFreq(di)
   BCastPeriod = ⌈ TotalNumOfBCastData / K ⌉
   BCastInt(qi) = ⌈ BCastPeriod / BCastFreq(qi) ⌉
set all NAD(i) to zero (i = 1 ~ BCastPeriod).
for each query qi from i=1 to i=m
    unmark all slot numbers except the ones where K
    data items are allocated.
    find whether the data items in qi have been scheduled
    or not, and store the scheduled items and
    non-scheduled items in qi+ and qi-, respectively.
    mark the slot no. where the items in qi+ are allocated.
③if ((unmarked slot no. exist) and (qi+ is not empty))
    find the smallest slot no. among the ones where the
    items in qi+ are allocated, and set AllocStartSlotNo
    with this value.
    CurSlotNo = FindNextSlotNo(AllocStartSlotNo)
④else
    find an empty slot SlotCurChNo, CurSlotNo such that
    CurChNo is minimized and then CurSlotNo is
    minimized.
    AllocStartSlotNo = CurSlotNo
end if
loop BCastFreq(qi) times
    for each data item dj in qi-
        ⑤allocate dj into SlotNAD(CurSlotNo)+1, CurSlotNo.
        mark CurSlotNo.
        increase NAD(CurSlotNo) by 1.
        ⑥CurSlotNo = FindNextSlotNo(CurSlotNo)
    end for
    shift AllocStartSlotNo to the right by BCastInt(qi)
    with round-robin manner.
⑦CurSlotNo = FindNextSlotNo(AllocStartSlotNo-1)
end loop
end for

procedure FindNextSlotNo(SearchStartSlotNo)
    if (unmarked slot numbers exist)
        find the nearest unmarked slot number(NextSlotNo)
        to SearchStartSlotNo with round-robin way.
    else
        find the nearest empty slot number(NextSlotNo) to
        SearchStartSlotNo with round-robin way.
    end if
    return (NextSlotNo)
end procedure
    
```

그림 3. 질의 기반 데이터 할당 알고리즘
 Fig. 3. Query-Based Data Allocation Algorithm

인접성의 수준을 높이고 데이터 충돌 가능성을 최소화하기 위하여 요청 확률이 높은 질의에 우선권을 주어 방송채널에 데이터를 할당하는데, 어떤 질의 q_i 의 데이터들을 스케줄링하는 방식은 다음과 같다. q_i 의 모든 데이터들을 최대의 인접성을 갖도록 방송채널에 할당한 후, 일정 방송간격 후에 다시 q_i 의 모든 데이터들을 최대의 인접성을 갖도록 할당한다. 이와 같은 과정을 $BCastFreq(q_i)$ 만큼 반복하여 q_i 의 데이터들을 방송채널에 할당한다. 그런데 이때 q_i 의 어떤 데이터가 우선순위가 높은 다른 질의를 처리하는 과정에서 이미 스케줄링되었다면 그 데이터는 방송채널에 할당하지 않는다. 따라서 각 데이터의 방송빈도는 그 데이터를 포함하고 있는 질의들 중 우선순위가 가장 높은 질의의 방송빈도로 결정된다. 알고리즘 ① 부위의 이중 반복문에서는 이 특성을 이용하여 각 데이터의 방송빈도를 결정한다. 알고리즘 ② 부위에서는 각 데이터의 방송빈도의 합을 구해 한 방송주기에 방송해야 할 데이터의 총 개수 $TotalNumOfBCastData$ 를 계산한다. K 개의 방송채널이 존재하므로 방송주기는 식 (3)과 같이 결정된다. 그리고 어떤 질의를 한 방송주기에서 다수 번 스케줄링할 때 그 효율성을 높이기 위해서는 질의의 방송간격을 일정하게 하는 것이 최적 성능을 발휘한다. 이런 특성을 반영하기 위해 각 질의의 방송간격을 식 (4)와 같이 결정한다.

$$BCastPeriod = \lceil TotalNumOfBCastData / K \rceil \quad (3)$$

$$BCastInt(q_i) = \lceil BCastPeriod / BCastFreq(q_i) \rceil \quad (4)$$

QBDA 기법은 우선순위가 높은 질의에 의해 이미 스케줄링된 데이터들은 다시 방송채널에 할당하지 않기 때문에 이미 스케줄링된 데이터와 그렇지 않은 데이터를 구분해야 한다. 이를 위해 질의 q_i 를 처리할 때 다른 질의에 의해 이미 스케줄링된 데이터는 q_i^+ 에, 그렇지 않은 데이터들은 q_i^- 에 저장한다. 본 논문은 데이터의 충돌 가능성을 줄이기 위하여 마킹 개념을 사용하는데, 특정 슬롯번호에 채널 수 만큼의 데이터가 할당되거나 동일 질의의 다른 데이터가 이미 할당되어 있다면 해당 슬롯번호를 마킹한다. 질의 q_i 를 처리할 때 마킹되지 않은 슬롯이 존재하고 그리고 이미 스케줄된 데이터들이 존재하면 q_i^+ 의 데이터들이 할당된 슬롯번호들 중 가장 작은 슬롯번호를 q_i 의 데이터 할당의 시작점으로 설정한다(알고리즘 ③부위 참고). 그렇지 않을 경우에는 낮은 채널번호부터 시작해서 비어있는 첫 번째 슬롯을 찾아내 이를 q_i 의 데이터 할당의 시작점으로 한다(알고리즘 ④부위 참고).

본 논문은 방송채널에 데이터를 할당할 때 인접성에 중점을 두어 우선 그 데이터를 할당할 수 있는 슬롯번호를 찾아낸 후, 채널번호가 낮은 방송채널에 우선권을 주어 데이터를 할당한다. QBDA는 방송채널을 빠르게 결정하기 위하여 $NAD(i)(i=1 \sim T)$ 을 유지 관리하는데, $NAD(i)$ 에는 i 번째 슬롯번호에 저장된 데이터 개수를 저장한다. 만일 어떤 데이터 d_j 의 할당 위치가 $CurSlotNo$ 로 결정되었다면 d_j 를 $Slot_{NAD(CurSlotNo)+1, CurSlotNo}$ 에 할당하면 된다(알고리즘 ⑤부위 참고). QBDA 기법은 q_i^- 의 데이터들을 $BCastFreq(q_i)$ 번 반복해서 방송채널에 할당하는데 q_i^- 의 데이터들을 가능한 인접해서 한번씩 할당한 다음에 $AllocStartSlotNo$ 를 라운드-로빈 방식으로 방송간격 $BCastInt(q_i)$ 만큼 우측으로 이동한 지점을 새로운 데이터 할당의 시작점으로 설정하고 반복적으로 q_i^- 의 데이터들을 할당한다.

$FindNextSlotNo(SearchStartSlotNo)$ 프로시저는 $SearchStartSlotNo$ 부터 시작해서 우측방향으로 검색하면서 데이터를 할당할 수 있는 가장 가까운 슬롯번호를 찾아내는데, 알고리즘 ⑥과 ⑦ 부위에서는 이 프로시저를 호출하여 다음번 할당 가능한 슬롯번호를 찾아낸다. $FindNextSlotNo()$ 는 마킹되지 않은 슬롯이 존재할 경우에는 현재 슬롯에서 가장 가까운 마킹되지 않은 슬롯을 찾아내 이를 다음번 스케줄링 슬롯으로 결정한다. 모든 슬롯번호가 마킹되어 있을 경우에는 현 슬롯에서 가장 가까운 빈 슬롯을 찾아내 다음번 할당 위치로 결정한다.

IV. 성능 평가 모델 및 성능 평가

이 장에서는 본 논문이 제안한 QBDA 기법의 성능을 평가하고 그 결과를 기술한다. 비교 대상으로는 FLAT^[1], IDAS^[2], 그리고 PBA^[6] 기법을 선정하였다.

1. 성능평가 모델 및 입력 변수

본 논문의 성능평가 모델 및 입력 변수들은 연구의 연속성을 위해 IDAS^[2] 연구와 유사하게 설정했다. 성능평가 모델은 크게 K 개의 방송채널 서버와 모바일 클라이언트로 구성되는데, 클라이언트는 질의 확률 모델에 따라 질의를 제기하고 방송채널을 감시하다가 질의가 액세스하고자 하는 데이터가 방송되면 이를 수신한다. 클라이언트는 한 순간에는 한 방송채널만 수신할 수 있으며,

현재 질의가 필요로 하는 모든 데이터를 수신한 후에 다음 질의를 제기한다. 본 성능평가 모델은 CSIM^[10]을 이용하여 구현하였으며, 본 논문에서 사용된 입력변수들은 표 1과 같다. m 은 클라이언트가 제기할 수 있는 질의 종류의 개수이며, Q 는 질의의 평균 크기를 의미하는데 질의가 실제 액세스하는 데이터의 수는 Q 에서 $\pm 20\%$ 편차를 갖도록 무작위로 결정된다.

표 1. 성능 평가를 위한 입력 변수
 Table 1. Input parameters for performance evaluation

입력변수	의미	기본값	설정
N	데이터 항목의 수	5000	5000
K	방송채널의 수	10	1 ~ 20
m	질의의 개수	200	200
Q	질의의 평균 크기	10	1 ~ 20
θ	zipf 분포의 θ 값	0.95	0.0 ~ 1.4

클라이언트가 제기하는 질의들은 zipf 분포 모델을^[11] 따른다고 가정하는데, zipf 분포 모델에서 각 질의의 요청 확률은 식 (5)로 표현되는데, 여기서 θ 값은 각 질의의 요청 확률이 어느 정도 편향되어 있는지를 나타내는 인수로서, θ 값이 커질수록 각 질의들의 요청 확률간의 차이가 커지게 된다. 방송 서버의 데이터베이스는 동일한 크기를 가진 N 개의 데이터들로 구성되는데, 각 질의가 액세스하는 데이터들은 전체 N 개의 데이터들 중에서 임의로 결정된다. N 개의 데이터들 중에서 질의에 포함된 데이터들만이 각 기법에 맞추어 방송채널에 할당되어 주기적으로 방송된다.

$$p(q_i) = \frac{(1/i)^\theta}{\sum_{j=1}^m (1/j)^\theta} \quad (1 \leq i \leq m) \quad (5)$$

성능평가 결과에서 제시된 결과 값은 5 개의 서로 다른 임의의 수를 사용하여 질의를 생성한 후 이 질의를 제기하면서 실시한 실험 결과의 평균값으로, 각 실험은 천만 개의 질의들이 처리될 때까지 실시하였다.

2. 질의 크기에 따른 평균 응답시간의 성능

본 실험에서는 질의 크기를 1에서 20까지 변화시키면서 각 기법의 성능추이를 살펴보았다. 방송채널의 수는 10으로 설정했으며, θ 값은 편향적인 분포를 모델링하기 위한 대표 값으로 많이 사용되는 0.95로 설정하였다^[11]. 평균 응답시간 성능이 그림 4에 제시되어 있고, 이 성능을 해석하기 위한 보조 성능지수로서 데이터 충돌률이 그림

5에 제시되어 있다. 데이터 충돌률은 실험이 실시되는 동안 발생하는 전체 데이터의 액세스 수 대비 데이터 충돌이 발생하는 횟수를 의미한다.

데이터 할당 기법에서 가장 중요한 성능지수인 평균 응답시간의 성능에 있어서 QBDA, IDAS, PBA, 그리고 FLAT 기법 순으로 우수한 성능을 보인다. QBDA는 다른 기법에 비해 매우 우수한 성능을 보이는데 이는 주로 다음의 세 가지 원인에서 기인된다. 첫째, QBDA 기법은 식 (2)에 기초하여 각 질의의 방송빈도를 설정하기 때문에 요청 확률이 높은 질의일수록 빠르게 처리할 수 있다. 둘째, QBDA 기법은 마킹 개념을 사용하여 그림 5에서 보는 것과 같이 PBA에 거의 근접하는 데이터 충돌률을 유지할 수 있다. 셋째, 제안된 기법은 질의기반의 데이터 할당 정책을 사용하여 질의에 포함된 대부분의 데이터들을 동일한 빈도로 방송하면 되므로 매우 우수한 데이터 인접성을 보일 수 있다.

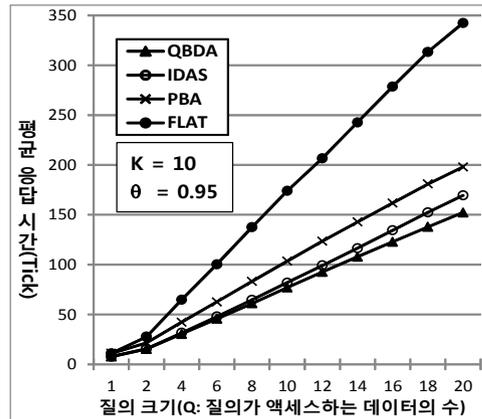


그림 4. 질의 크기에 따른 평균 응답시간
 Fig. 4. Query size vs. average response time

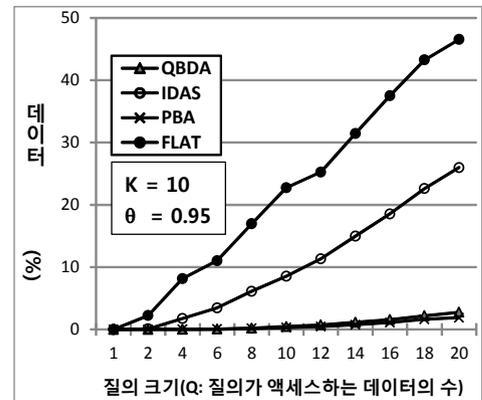


그림 5. 질의 크기에 따른 데이터 충돌률
 Fig. 5. Query size vs. data conflict probability

IDAS도 QBDA 기법과 마찬가지로 요청 확률이 높은 질의일수록 빠르게 처리되는 특성을 가지고 있다. 이는 IDAS 기법은 액세스 확률이 높은 데이터일수록 더 빈번하게 방송하는 정책을 사용하는데, 요청 확률이 높은 질의에 포함된 데이터들은 액세스 확률이 클 가능성이 높기 때문이다. 그러나 IDAS는 QBDA 기법보다 더 높은 데이터 충돌률을 보이며 데이터 인접성도 많이 훼손되는 편이다. 따라서 IDAS는 비교적 우수한 성능을 보이지만 QBDA 기법보다는 낮은 성능을 보인다. 참고로 질의 크기가 10, 20일 경우에 QBDA는 IDAS보다 각각 6.5%, 11.3% 이상 우수한 응답시간의 성능을 보인다.

질의 크기가 증가함에 따라 모든 기법들의 평균 응답시간이 점점 증가하는데, 이는 질의를 처리하기 위하여 방송채널로부터 더 많은 수의 데이터를 수신해야 할 뿐만 아니라 그림 5에서 보는 것과 같이 데이터 충돌률도 점점 더 커지기 때문이다. 질의 크기가 1일 경우에는 모든 기법에서 데이터 충돌이 발생하지 않는다. 그러나 질의 크기가 증가하면 데이터 충돌률도 증가하게 되는데, QBDA와 PBA는 다른 기법들에 비해 그 증가폭이 매우 작은 편이다. 이는 QBDA와 PBA 기법은 남아있는 슬롯의 제약이 있는 경우를 제외하고는 데이터 충돌이 발생하지 않도록 데이터를 할당하는 매커니즘을 가지고 있기 때문이다. IDAS는 데이터 충돌을 회피하기 위한 수단을 가지고 있지는 않지만, 요청 확률이 높은 질의의 데이터들을 우선적으로 방송채널에 할당하기 때문에 이들의 데이터 충돌 가능성이 매우 적게 마련이다. 따라서 IDAS 기법은 중간 정도의 데이터 충돌률을 보이는 것이다.

FLAT 기법은 방송되는 데이터들을 일정한 수로 분할하여 각 방송채널에 할당하므로 모든 데이터들은 동일 빈도로 방송한다. 그리고 질의가 액세스하는 데이터들의 인접 할당 및 데이터 충돌 회피를 위한 어떤 수단도 가지고 있지 않기 때문에 다른 기법에 비해 매우 낮은 평균 응답시간의 성능을 보인다. PBA도 FLAT 기법과 마찬가지로 모든 데이터들을 동일 빈도로 방송한다. 그러나 PBA 기법은 요청 확률이 높은 질의에 우선권을 주어 이들의 충돌 가능성을 최소화시켰고 질의에 포함된 데이터들을 인접하게 할당하기 때문에 FLAT 기법보다는 우수한 응답시간의 성능을 발휘한다.

3. 방송채널 수의 변화에 따른 평균 응답시간의 성능

이 절에서는 방송채널의 수를 변화시키면서 각 기법의 성능 추이를 살펴보았다. 질의 크기를 10으로 설정하고 θ 값은 0.95로 설정하고 실시한 평균 응답시간 성능이 그림 6에 제시되어 있는데, 이 환경에서도 본 논문이 제안한 QBDA는 다른 기법에 비해 전 채널 구간에서 우수한 평균 응답시간의 성능을 보인다.

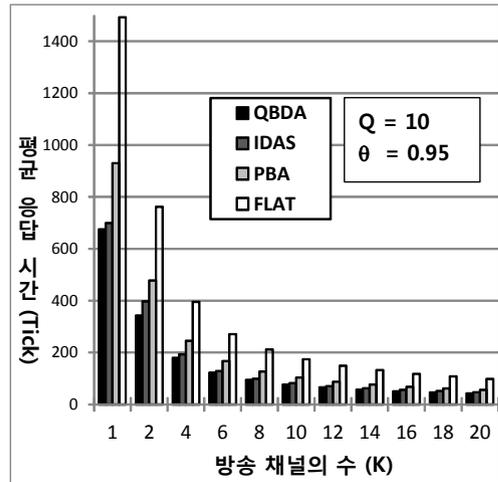


그림 6. 방송채널의 수에 따른 평균 응답시간
Fig. 6. No. of channel vs. average response time

그림 6에서 보는 것과 같이 모든 기법들은 방송채널의 수가 증가함에 따라 평균 응답시간이 감소하는데, 이는 K가 증가하면 각 채널에 할당되는 데이터 개수가 작아져 데이터들을 더 빈번하게 방송할 수 있기 때문이다. 방송채널의 수가 1인 경우에는 모든 기법들은 데이터 충돌이 전혀 발생하지 않기 때문에 유사한 성능을 보일 것 같지만, 이 경우에도 QBDA와 IDAS 기법은 다른 기법보다 훨씬 우수한 성능을 보인다. 이는 이 기법들은 K가 1인 경우에도 요청 확률이 높은 질의일수록 빠르게 처리할 수 있는 기능이 있기 때문이다.

IDAS 기법은 데이터의 액세스 확률에 따라 방송빈도를 다르게 설정하는데, 한 데이터가 여러 질의에 포함될 가능성이 있기 때문에 동일 질의에 포함된 데이터들의 방송빈도가 서로 다르게 설정될 수 있다. 이 환경에서의 질의 생성 모델에 따른 실험 결과를 살펴보면 각 질의는 평균적으로 6.5 개의 데이터들만이 서로 동일 액세스 확률을 가지고 나머지 3.5 개의 데이터는 더 높은 액세스 확률을 가진다. 따라서 IDAS 기법의 경우에는 6.5 개의

데이터들은 동일빈도로 방송하게 되므로 이들은 인접해서 할당하는 것이 어느 정도 가능하지만 다른 데이터들은 인접해서 할당될 가능성이 급격하게 줄어들게 된다. 반면, QBDA 기법은 질의기반 정책을 사용하여 각 질의의 데이터들이 동일빈도로 방송될 가능성 매우 높다. 특히 우선순위가 높은 질의에 포함된 데이터들은 거의 대부분 동일 빈도로 방송된다. 따라서 질의가 액세스하는 데이터들이 서로 인접해서 할당될 가능성이 매우 높게 된다. K 가 1인 경우에 QBDA가 IDAS 기법보다 우수한 성능을 보이는 이유는 이와 같은 데이터 인접성의 차이에서 비롯되는 것이다.

방송채널의 수가 2 이상으로 증가하면 데이터 충돌이 발생하기 시작하므로 데이터 충돌회피 기능을 가지고 있는 QBDA는 다른 기법과 비교하여 더 큰 상대적인 우수한 성능을 보이게 된다. 방송채널의 수가 2인 경우에 QBDA는 IDAS 기법보다 16% 이상의 우수한 평균 응답시간의 성능을 보인다. K 가 4 이상으로 증가하면 모든 기법들이 성능이 우수해져 절대적인 성능 차이는 줄어들지만 상대적인 성능 차이는 커진다. 예를 들어, K 가 6에서 20으로 증가하는 구간에서 QBDA와 IDAS 기법의 상대적인 성능 차이는 5.2%에서 11.7%로 꾸준히 증가한다.

PBA 기법은 요청 확률이 높은 질의 순으로 질의가 액세스하는 데이터들을 방송채널에 할당하기 때문에 요청 확률이 높은 질의의 데이터들은 서로 인접해서 할당될 가능성이 매우 높아져 데이터의 인접성이 우수한 편이다. 반면, FLAT 기법은 데이터들을 자신의 인덱스 순으로 방송채널에 할당하기 때문에 질의의 데이터들의 인접성이 매우 낮은 편이다. PBA와 FLAT 기법은 한 방송주기에 서로 모든 데이터들을 한 번씩 방송하는 동일한 정책을 사용함 불구하고 이와 같은 데이터 인접성의 차이로 인하여 서로 다른 성능을 보이는 것이다. 비록 IDAS가 PBA 기법보다 데이터 인접성은 떨어지지만, IDAS 기법은 전체 평균 응답시간의 성능에 큰 영향을 미치는 요청 확률이 높은 질의들을 빠르게 처리할 수 있기 때문에 PBA 기법보다 우수한 성능을 보인다.

4. θ 값의 변화에 따른 평균 응답시간의 성능

본 실험에서는 θ 값의 변화에 따른 평균 응답시간의 성능추이를 살펴보았다. K 를 10으로, Q 를 10으로 설정하고 θ 값을 변화시키면서 살펴본 성능 결과가 그림 7에 제시되어 있다. 이 실험에서는 θ 값이 증가하게 되면

FLAT을 제외한 다른 기법들은 평균 응답시간의 성능이 급격하게 향상되는데, 이 환경에서도 본 논문이 제안한 QBDA 기법이 항상 우수한 성능을 보인다.

FLAT 기법은 데이터의 인덱스를 기준으로 동일한 수로 분할하여 각 방송채널에 데이터들을 할당하기 때문에 θ 값이 평균 응답시간의 성능에 큰 영향을 미치지 않는다. θ 가 증가하면 질의 간의 요청 확률 차이가 커지게 되므로 요청 확률이 높은 질의들을 빠르게 처리할 수 있는 QBDA와 IDAS 기법의 성능은 매우 급격하게 향상된다. PBA 기법의 경우에는 요청 확률이 높은 질의의 데이터 인접성과 데이터 충돌률이 매우 우수한데, θ 가 증가하면 전체적인 데이터 인접성이 향상되고 데이터 충돌률도 감소하기 때문에 성능이 어느 정도 향상된다.

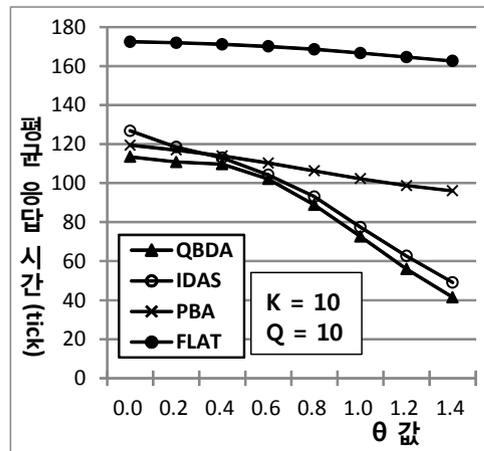


그림 7. θ 값의 변화에 따른 평균 응답시간
 Fig. 7. θ value vs. average response time

θ 가 0일 경우에 QBDA와 PBA 기법은 모두 동일한 방송주기를 가지며 질의에 포함된 모든 데이터들을 한 방송주기에서 한번 방송한다. 그리고 이들은 요청 확률이 높은 질의 순으로 가급적 데이터 충돌이 발생하지 않고 서로 인접하도록 데이터를 방송채널에 할당한다. 그럼에도 불구하고 QBDA는 PBA보다 더 우수한 성능을 보인다. 이는 QBDA 기법은 어떤 질의를 처리할 때 우선순위가 높은 질의에 의해 이미 스케줄링된 데이터가 있을 경우에는 이 데이터를 찾아내 그 데이터에 인접하게 다른 데이터를 배치하므로 PBA 기법보다 데이터의 인접성이 더 우수하기 때문이다. θ 값이 작으면 각 질의간의 요청 확률이 비슷하기 때문에 방송되는 데이터들은 대부분 유사한 액세스 확률을 보이며, 다수의 질의에 포함된

일부 데이터들만이 더 높은 액세스 확률을 보인다. 예를 들어, θ 값이 0이면 모든 질의의 요청 확률이 동일한데, 이 경우에는 80% 이상의 데이터들은 같은 액세스 확률을 보인다^[2]. 이 경우에 IDAS 기법은 80% 이상의 데이터들은 한 방송주기에서 한번 방송하며 일부의 데이터들만을 다수 번 방송하게 된다. 그런데 다중 데이터 질의는 가장 늦게 수신된 데이터에 의해 응답시간이 결정되는 특성이 있기 때문에 이 경우에 IDAS 기법에서는 이들 80% 이상의 데이터들의 수신 시간에 의해 응답시간이 결정될 가능성이 높게 된다. 따라서 이와 같이 대부분의 데이터들은 유사한 액세스 확률을 보이는 환경에서는 일부의 데이터들만을 더 높은 빈도로 방송하는 것은 응답시간의 개선에는 큰 도움이 되지 않고 오히려 이들이 데이터 인접성 및 데이터 충돌률을 악화시키기만 할 뿐이다. 따라서 θ 가 0일 경우에는 IDAS는 PBA 기법보다 더 낮은 성능을 보인다.

IDAS 기법은 θ 가 작으면 데이터 인접성 및 데이터 충돌률로 인하여 PBA 기법보다 낮은 성능을 보이지만, θ 가 0.4 이상이 되면 PBA 기법보다 우수한 성능을 보이기 시작한다. 이는 θ 값이 증가하면 동일 질의에 포함된 데이터들은 유사한 비율로 액세스 확률이 높아지게 되고 이를 반영하여 방송 빈도를 다르게 설정하는 정책이 효과를 발휘하기 때문이다. QBDA와 IDAS 기법의 상대적인 성능 차이를 비교하면, θ 가 0.6까지 증가하는 구간에서는 성능 차이가 줄어들다가 그 이후에는 성능 차이가 점점 커져 θ 가 1.4가 되면 QBDA는 IDAS 기법보다 18% 이상의 우수한 평균 응답시간의 성능을 보인다.

V. 결론

본 논문은 방송 방식의 데이터 전달 방법을 채택한 다중 방송채널 환경의 정보시스템에서 다중 데이터 질의를 효율적으로 처리하기 위한 연구를 수행하였다. 기존의 데이터 할당 기법들은 대부분 데이터 액세스 확률에 근거하여 방송채널에 데이터들을 할당하는 정책을 사용했기 때문에 데이터 충돌률이 커질 수 밖에 없고 동일 질의가 액세스하는 데이터들의 인접성이 훼손될 가능성이 높아져 질의의 응답시간 성능이 저하될 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 점을 고려하여 질의가 액세스하는 데이터들의 인접성을 극대화시키고 데이터 충돌률을 최소화시키는 방향으로 연구를 진행하여 QBDA로 명명된 새로

운 기법을 제안하였다.

본 논문은 시뮬레이션 모델을 설계 구현하여 성능평가 실시했는데, 제안된 기법은 대부분의 환경에서 다른 기법보다 우수한 평균 응답시간의 성능을 보였다. 이는 QBDA 기법은 요청 확률이 높은 질의일수록 빠르게 처리할 수 있을 뿐만 아니라, 질의의 데이터 인접성 및 데이터 충돌률 측면에서도 매우 바람직한 특성을 가지고 있기 때문이다. 본 논문의 미래 연구로서는 클라이언트에서 직접 서버로 질의 처리를 요청하고 서버는 이 정보를 취합하여 동적으로 방송 데이터를 결정하는 요청형 방송(on-demand broadcast) 시스템 모델을 사용하여 방송채널에 데이터를 할당하는 연구를 진행할 것이다.

References

- [1] S. Acharya, "Broadcast Disks: Dissemination-based Data Management for Asymmetric Communication Environments," Ph.D. thesis, Brown University, 1998.
- [2] H.M. Kwon, "An Interdependent Data Allocation Scheme Using Square Root Rule of Data Access Probability," The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 15, No. 5, pp. 75-84, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.5.75>.
- [3] W. G. Yee, S. Navathe, E. Omiecinski, and C. Jermaine, "Efficient Data Allocation over Multiple Channels at Broadcast Servers," IEEE Trans. on Computers, Vol. 51, No. 10, pp. 1231-1236, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1109/TC.2002.1039849>.
- [4] H.M. Kwon, "A Near Optimal Data Allocation Scheme for Multiple Broadcast-Channel Environments," The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 12, No. 1, pp. 17-27, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.17>.
- [5] H.P. Hung, J.W. Huang, J.L. Huang, and M.S. Chen, "Scheduling dependent items in data broadcasting environments," ACM SAC 2006. DOI: <https://doi.org/10.1145/1141277.1141555>.

- [6] S.W. Park and S.W. Jung, "Interdependent Data Allocation a scheme over Multiple Wireless Broadcast Channels," Journal of KIISE : Database, Vol. 36, No. 1, pp. 30-43, 2009.
- [7] J.L. Huang and M.S. Chen, "Dependent data broadcasting for unordered queries in a multiple channel mobile environment," IEEE Trans. on Knowledge and Data Engr., Vol. 16, No. 6, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TKDE.2004.39>.
- [8] H.M. Kwon, "A Broadcast Data Allocation Scheme for Multiple-Data Queries Using Moving Average of Data Access Probability," The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 14, No. 5, pp. 35-43, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.5.35>.
- [9] C. Hsu, G. Lee, A.L.P. Chen, "A near optimal algorithm for generating broadcast programs on multiple channels," Proc. ACM 10th Int'l Conf. CIKM, Atlanta, Georgia, pp. 303-309, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1145/502585.502637>.
- [10] H. Schwetman, 'CSIM Users' Guide for Use with CSIM Revision 16', Microelectronics and Computer Technology Corporation, 1992.

저자 소개

권혁민(중신회원)



- 1984년 : 서울대학교 제어계측공학과 학사
 - 1994년 : 한국과학기술원 정보및통신공학과 석사
 - 1998년 : 한국과학기술원 정보및통신공학과 박사
 - 1984년 ~ 1991년 : 대우전자 중앙연구소 컴퓨터개발부 선임연구원
 - 1999년 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신학부 교수
- <주관심분야 : 트랜잭션 처리, 분산/병렬 데이터베이스, 모바일 컴퓨팅>

※ 이 논문은 2015학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임