

다중 채널 모바일 방송에서의 동적 스케줄링

박이화, 이용규
 동국대학교 컴퓨터공학과
 {meehwap, yklee}@dongguk.edu

A Dynamic Scheduling Method for Multi Channel Mobile Broadcasting

Mee Hwa Park, Yong Kye Lee
 Dept. of Computer Science & Engineering, Dongguk University

요 약

무선 모바일 환경에서 통신 장비의 에너지와 전송 대역폭의 제한을 해결하기 위하여 방송기법을 사용한다. 기존의 방송 스케줄링 방법들은 고정된 데이터 요청 빈도를 바탕으로 방송 스트림을 구성하기 때문에 사용자의 요구가 동적으로 변화하는 모바일 환경에서 활용하는 것은 비효율적이다. 또한 사용자의 우선순위를 고려하지 않음으로써 요청빈도가 낮은 데이터를 원하는 중요한 사용자가 오랜 시간 대기하는 상황이 발생할 수 있다. 본 논문에서 제안한 DNPS와 FPDNPS 방법은 실제 방송 청취를 시작한 사용자들의 프로파일 정보를 바탕으로 방송 스트림을 구성함으로써 동적인 변화를 반영할 뿐만 아니라, 사용자의 우선순위를 함께 고려함으로써 중요한 사용자의 대기시간을 줄일 수 있다. 또한 동시에 여러 개의 데이터를 요청하는 사용자들의 대기시간을 단축시키는 FPDNPS 알고리즘을 다중 채널환경으로 확장한 M-FPDNPS를 제안하고 실험을 통해 성능을 평가한다.

1. 서 론

무선 통신 기술의 발달과 고성능 휴대용 단말기의 등장으로 사용자가 자유로이 이동하면서 네트워크상의 정보를 접근할 수 있는 이동 컴퓨팅이 빠른 속도로 확산되고 있다. 이에 무선 통신 환경의 협소한 대역폭과 이동 단말기의 제한된 배터리 용량 문제를 보완하면서 사용자에게 효율적으로 정보를 전송할 수 있는 방송 기술이 널리 사용되고 있다.

이동 방송 환경에서 사용자는 필요한 데이터를 전송받기 위해 평균적으로 데이터가 방송될 때까지 기다리는 접근 시간과 실제로 데이터를 전송받는데 소요되는 튜닝 시간을 갖게 된다. 정보 서비스를 제공하는 응용들에서 접근 시간은 서비스의 품질을 결정하는 중요한 요인이며 튜닝 시간은 이동 단말기의 배터리 소비와 밀접한 관련이 있다. 접근 시간과 튜닝 시간을 줄이기 위해 방송 시간 정보를 제공하는 방송 인덱싱과 방송 순서를 결정하는 스케줄링에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

그러나, 기존의 스케줄링 연구들은 정보 서비스를 이용하는 사용자들의 특성을 고려하지 않으며 시간에 따라 사용자의 요청과 데이터가 계속 변화하는 동적인 무선 환경을 고려하지 않는 것과 같이 여러 제약들로 인해 실제 응용 범위가 제한된다는 단점이 있다[1].

본 논문에서는 무선 환경에서 정보 서비스를 이용하는 사용자들의 서비스 만족도를 향상시키기 위해 접근 시간을 줄이는 다중 채널 방송 스케줄링 기법을 제안하고 평가한다.

논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2절에서는 방송

기법과 스케줄링 관련 연구에 관해 기술하고, 3절에서는 새로운 스케줄링 기법을 설명한다. 4절에서 성능 평가와 결과 분석을 수행하고, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 데이터 방송 기법

데이터 방송은 단방향 방송 기법과 양방향 방송, 혼성 방송 기법으로 나눌 수 있다. 단방향 방송 기법은 서버가 사용자의 데이터 요구를 예측하고, 그 예측 결과에 따라 데이터를 일방적으로 사용자에게 전송하는 방식이다[1,2,3,4,5,6].

양방향 전송 기법은 대역폭을 상향과 하향 대역폭으로 분할하고 상향 대역폭을 통해 사용자가 서버에게 원하는 데이터를 요청하고 서버가 하향 대역폭을 통해 사용자들이 요청한 데이터를 방송하는 기법이다[7,8,9,10]. 양방향 전송 기법은 전송 비용과 이동 단말의 에너지 소비가 크지만 사용자가 요청한 데이터를 마감 시간 안에 제공해야 하는 실시간 응용에 적합하다.

사용자와의 상호작용을 제공하는 혼성 방송 기법에 대한 연구들도 있다[11,12,13]. 혼성 방송에서 이동 사용자는 방송을 듣다가 필요한 데이터가 방송되지 않으면 상향 링크를 통해 요청한다.

기존 연구들에서 상향 링크를 통한 데이터 요청 처리는 대부분 FCFS(First Come First Served)와 EDF(Earliest Deadline First), LWF(Longest Wait First)와 같은 실시간 스케줄링 알고리즘을 이용하고 있거나[9,11] 이를 혼합한 방법들이므로[7,8,10] 혼성 방송에서의 스케줄링 연구는 결국 단방향 방송을 위한 스케줄

링 문제와 하향 대역폭 분할 문제로 귀결된다. 즉, 방송 환경에서의 스케줄링 연구는 요청한 데이터에 대한 처리 보다는 요청하지 않았지만 많은 사용자들이 원할 것으로 예상되는 데이터를 효율적으로 방송하는 문제를 우선적으로 해결해야 한다. 이에 본 논문에서는 단방향 방송에서의 하향 링크를 위한 방송 데이터 집합 선정과 방송 순서 결정 방법, 채널 할당 방법을 중점적으로 다룬다.

2.2 방송 스케줄링 기법

방송 데이터 선정은 다수의 사용자들이 요구할 것으로 예상되는 데이터들을 인기도와 요청 기록, 피드백 정보 등을 기반으로 선정하는 예측 기반 기법과 사용자가 실시간으로 요청한 데이터 집합을 방송하는 요청 기반 기법으로 분류할 수 있다.

예측 기반 기법은 단방향 방송 환경에서 많이 이용되며 많은 연구들이 데이터 인기도와 요청 빈도가 높은 순서대로 선정된 데이터 집합을 주기적으로 방송한다 [1,2,3,4,5,6].

요청 기반 기법은 사용자의 요청 정보를 기반으로 요청 빈도가 높고 시급성이 요구되는 데이터들을 선정하여 실시간으로 방송하며 양방향 방송과 혼성 방송 환경에서 이용된다 [7,8,9,10,11,12,13].

[1]에서는 데이터에 대한 요청 빈도나 중요도, 요청 시간과 같은 특정 속성에 기반을 둔 기존의 단편적인 스케줄링 기법과 달리 데이터를 사용하는 사용자의 중요도와 함께 데이터의 연관성을 동시에 고려하는 스케줄링 기법을 제안하였다. 또한, 사용자의 동적인 요구 패턴을 반영함으로써 시간에 따라 사용자의 요청과 데이터가 계속 변화하는 동적인 무선 환경에 유용한 스케줄링 기법을 제안하였다.

그러나 방송 채널수가 한 개로 고정된다는 점에서 무선 방송 환경에서의 실용성이 제한된다는 단점이 있다.

2.3 다중 채널 환경에서의 방송 스케줄 생성

다중 채널 환경에서의 방송 스케줄 생성에 관한 연구에는 연관 데이터들의 검색 순서를 고려한 DAG 기반 방법 [4], 해쉬 함수를 이용하여 데이터를 임의로 할당 한 후 연관 데이터들이 동일한 채널에 방송되도록 조정하는 기법 [5], 연관 데이터들의 방송 시간이 겹치지 않도록 할당하는 PBA(Placement Based Allocation) 기법 [6] 등이 있다. [4,5]의 연구는 채널에 할당된 데이터들의 방송 위치를 여러 단계를 거쳐 다시 조정하므로 인해 스케줄링 시간이 많이 소요되는 반면, PBA 기법 [6]은 [4,5]에 비해 알고리즘이 단순하고 데이터베이스를 한번 스캔하여 방송 스케줄을 생성함으로써 스케줄링 시간이 짧다는 장점이 있다.

그러나 PBA 기법 [6]은 데이터의 크기가 동일하다고 가정하였으며 인덱스의 방송 위치를 전혀 고려하지 않아서 실효성이 떨어진다.

3. 사용자 프로파일을 활용한 동적 스케줄링

3.1 스케줄링 방법

기존 연구 [14]에서 최적 방송 스케줄을 구하는 문제는 NP-Complete임을 밝혔다. 최적 방송 스케줄에 가까운 방송 스트림을 생성하기 위한 기존의 연구들은 수학적 계산 방법을 통해 평균 접근 시간의 최소값에 가까운 접근 시간을 갖는 스케줄을 구하는 근사(Approximation) 방법을 사용한다 [14,15]. 이러한 연구들은 질의에 대한 평균 접근 시간을 줄이는데 좋은 성능을 발휘하지만, 스케줄링 알고리즘의 수행 시간이 오래 걸리므로 데이터가 빈번하게 변경되는 응용이나 실시간 방송이 중요한 응용에는 적용하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 선행연구 [1]에서 제시된 휴리스틱(Huristic)을 사용하여 스케줄링 알고리즘의 수행 시간을 단축시키고자 한다.

본 논문에서 제안하는 스케줄링 기법은 우수 사용자를 위한 차별화된 서비스를 제공하면서도 일반 사용자들의 접근 시간을 보장하는 불평등 스케줄링 기법이다. 또한 데이터의 요청 빈도와 데이터 집합의 변화를 반영한 동적인 방송 스케줄링 기법이다. 본 논문에서는 다음과 같은 연구 방법을 제시하고 있다.

① 우수 사용자들이 요청할 것으로 예상되는 데이터를 우선적으로 방송한다. 사용자들이 요청할 것으로 예상되는 데이터는 사용자의 프로파일에 등록된 관심 데이터 정보를 이용한다.

② 일반 사용자의 접근 시간을 크게 희생하지 않도록 인기도가 높은 데이터를 우선적으로 방송한다. 즉, 데이터 자체의 인기도와 우수 사용자의 관심도를 동시에 고려한다.

③ 동시에 여러 개의 데이터를 요구하는 복합 질의의 평균 접근 시간을 단축하기 위해 동시에 요청할 것으로 예상되는 데이터 집합을 시간적으로 인접한 위치에 방송한다. 이 데이터 집합을 본 논문에서는 FP(Frequency Pattern)라 부른다. 동시에 자주 요청되는 데이터 항목들은 FP-tree [18]를 이용하여 분석한다.

④ 데이터의 요청 빈도와 데이터 집합의 동적인 변화를 반영하기 위해 기존 연구 [17]에서 웹 사이트의 요청 빈도를 모델링하는데 적합하다고 판명된 Zipf 분포를 데이터의 요청빈도를 모델링 하는데 사용한다. 또한 방송 주기마다 방송에 포함할 후보 데이터를 선정할 때 실제로 청취를 시작한 사용자의 프로파일 정보를 이용함으로써 데이터 집합의 동적인 변화를 스케줄링에 반영한다.

⑤ 복합 질의에 포함된 데이터들과 FP에 속한 데이터들은 방송 시간이 겹치지 않도록 한다. 서로 다른 채널에서 동일 시간대에 방송될 경우, 평균 접근 시간은 오히려 증가할 수 있기 때문이다.

3.2 단일 채널 스케줄링 알고리즘

본 논문에서는 실제로 방송 청취를 시작한 사용자들의 관심 데이터들을 대상으로 요청 확률이 크고 다수의 우수 사용자들이 관심 있는 데이터를 등급별 큐에 할당하는 동적 스케줄링 기법 DNPS(Dynamic & Prime Scheduling)와 동시에 자주 나타나는 데이터 항목들을

시간적으로 인접한 위치에 방송하도록 DNPS를 확장한 FPDNPS(Frequent Pattern based Dynamic & Prime Scheduling) 알고리즘을 제안한다.

스케줄링 알고리즘에서 질의는 사용자 프로파일에 등록된 관심 데이터들의 집합을 의미한다. 여러 사용자가 동일한 관심 데이터 집합을 프로파일에 등록할 수 있으므로 일반적으로 질의 집합의 크기는 사용자 집합의 크기보다 작다. 질의에 대한 요청 빈도와 질의에 포함된 데이터 항목의 요청빈도를 동시에 고려하기 위해, 질의 집합에 등록된 모든 질의는 FP-tree 분석을 통해 요청 빈도가 큰 순서대로 내림차순 정렬된다. 같은 질의에 포함된 데이터 항목들이더라도 자주 요청되는 데이터 항목을 먼저 방송함으로써 해당 질의의 부분집합에 관심 있는 사용자들의 접근 시간을 줄일 수 있다.

<표1>은 논문에서 제안한 스케줄링 기법을 설명하기 위해 필요한 용어와 수식들이다.

표 1. 용어와 수식 설명

용어	설명
DB	데이터베이스, N개의 데이터 항목 d_i 로 구성된 집합, $DB = \{ d_i \mid 1 \leq i \leq N \}$
d	DB에 포함된 번째 데이터 아이템
BS	한 방송 주기 동안 방송되는 방송 스트림, 데이터베이스에 포함된 M 개의 데이터 항목으로 구성된 집합
q	사용자 프로파일에 포함된 관심 데이터 집합, $q = \{ d \in DB \}$, 질의라고 정의함
Q	데이터베이스에 등록된 모든 질의 q 의 집합, $Q = \{ q_j \mid 1 \leq j \leq K \}$
DQ	방송 청취를 시작한 사용자의 질의 집합
Freq(q)	질의 q 가 요청될 확률, Zipf 분포 이용, $0 \leq \text{freq}(q) \leq 1$
Prime(q)	방송을 청취하고 있는 사용자들 중에서 질의 q 에 관심 있는 우수 사용자와 일반 사용자의 비율, $0 \leq \text{prime}(q) \leq 1$
Priority(q)	질의 q 의 스케줄링 순서를 결정하는 우선순위 값, $\text{priority}(q)$ 가 큰 순서대로 방송 스케줄링을 수행 $\text{Priority}(q_i) = \alpha \times \text{Freq}(q_i) + \beta \times \text{Prime}(q_i)$ where, $0 \leq \alpha + \beta \leq 1, \alpha \geq 0, \beta \geq 0$
FP-Rule(d)	데이터 항목 d 가 Key인 FP rule 집합

DNPS와 FPDNPS는 동일한 질의에 접근하는 사용자들 중에서 우수 사용자로 등록된 사용자의 비율이 높으면서 요청할 확률이 높은 질의를 우선 방송한다.

● Algorithm DNPS : Dynamic & Prime Scheduling
 입력 : 동적 질의 집합 DQ, |BS|, 큐, 큐의 개수 n
 출력 : 방송 스케줄 BS
 초기화 : current queue = 1
 단계1 : 모든 질의 $q_i \in DQ$ 에 대해 Priority(q_i) 계산
 단계2 : max(Priority(q_i))인 q_i 를 찾아, $dk \in q_i$ 인 모든 데이터 항목들을 차례로 조사하여
 if (dk not exists BS) then current queue에 삽입
 if full(current queue) then
 broadcast current queue, current queue++
 if current queue > n then exit algorithm

● Algorithm FPDNPS : Frequent Pattern based Dynamic & Prime Scheduling
 입력 : 동적 질의 집합 DQ, |BS|, 큐, 큐의 개수 n, FP-rule
 출력 : 방송 스케줄 BS
 초기화 : current queue = 1
 단계1 : 모든 질의 $q_i \in DQ$ 에 대해 Priority(q_i) 계산

단계2 : max(Priority(q_i))인 q_i 에 대해, $dk \in q_i$ 인 모든 데이터 항목들을 대상으로
 if (dk not exists BS) then
 {
 if (FP-Rule(dk) exists) then
 current queue에 FP-Rule(dk)을 삽입
 else dk 를 current queue에 삽입
 }
 if full(current queue) then
 broadcast current queue, current queue++
 if current queue > n then exit algorithm

FPDNPS는 방송 스트림 중간에 청취를 시작한 사용자들이 일반적으로 동시에 자주 요청되는 데이터 항목들을 원할 경우에 다음 방송 주기를 기다리지 않고 현재 방송 주기 내에서 원하는 데이터를 모두 수신할 확률이 커진다는 장점이 있다. 그러나 DNPS에 비해 우수 사용자의 접근 시간 감소율이 낮으며 요청 빈도가 높은 데이터와 요청 빈도가 낮은 데이터를 동시에 원하는 사용자의 접근 시간이 증가된다는 단점이 있다.

3.3 다중 채널 스케줄링 알고리즘

본 논문에서는 채널 할당을 위한 계산 비용이 적으면서도 연관 데이터의 방송 시간이 겹치지 않도록 보장하는 M-FPDNPS(Multiple channel-FPDNPS) 알고리즘을 제안한다. M-FPDNPS는 FPDNPS 알고리즘을 기반으로 방송집합과 순서를 결정하며, 방송 데이터를 여러 채널에 할당하기 위해 PBA[6]의 단점을 보완한 다중 채널 스케줄링 알고리즘이다. 다음은 M-FPDNPS의 특징이다.

- 데이터의 크기가 가변적이라고 가정한다.
- 채널에 대한 인덱스의 방송 위치를 겹치지 않도록 조정 한다. 사용자가 원하는 데이터가 방송될 시간 정보를 포함하고 있는 인덱스를 동 시간대에 방송하면, 인덱스 청취를 위해 기다리는 대기시간이 증가할 것이다.
- 복합 질의와 함께 FP를 연관 데이터로 처리함으로써 한 질의에 속한 데이터들뿐만 아니라, 동시에 여러 질의에서 자주 요청하는 데이터 항목들을 시간적으로 인접한 위치에 방송할 수 있도록 하였다.

M-FPDNPS 알고리즘은 동적 질의 집합 DQ 정보를 참조하여 방송 순서 집합 BS를 다음과 같이 m개의 채널에 할당하는 알고리즘이다. search_channel(data)은 연속된 빈공간의 크기가 |data|보다 큰 채널을 검색해서 반환하는 함수이고, search_time(query)은 질의에 속한 데이터들이 방송되지 않은 시간을 검색해서 반환하는 함수이다. search_mintime(channel)은 channel에서 데이터가 할당되지 않은 최소시간을 반환한다.

● Algorithm M-FPDNPS
 입력 : 동적 질의 집합 DQ, |BS|, FP-rule, 채널수 m
 출력 : 다중채널방송스케줄 MBS[][]
 초기화 : free_channel = 1, bs_time = 1, 채널 크기 |CH| = upper(|BS|/m)
 단계1 : 모든 질의 $q_i \in DQ$ 에 대해 Priority(q_i) 계산
 단계2 : max(Priority(q_i))인 q_i 에 대해, $dk \in q_i$ 인 모든 데이터

터 항목들을 대상으로

```

if(dk not exists MBS ) then {
  if( free_space(free_channel) < |dk|) then
  { free_channel = search_channel(dk)
    if(free_channel is null) then goto 단계3 }
  bs_time = search_time(qi)
  MBS[free_channel][bs_time] = dk
  if( FP-Rule(dk) exists ) then {
    for each FP-Rule(dk) {
      if(FP-Rule(dk) not exists MBS ) then {
        if( free_space(free_channel)<FP-Rule(dk)) then
        {
          free_channel = search_channel(FP-Rule(dk))
          if(free_channel is null) then goto 단계3
        }
      }
      bs_time = search_mintime(free_channel)
      MBS[free_channel][bs_time] = FP-Rule(dk)}
    }
  }
}
    
```

단계3 : broadcast all channels, exit algorithm

4. 스케줄링 성능평가

4.1 실험 환경

본 논문에서는 데이터베이스의 크기와 질의 크기, 사용자 수 등을 모바일 방송환경과 유사하도록 설정한 시뮬레이션 시스템을 구축하고 시뮬레이션 결과를 분석하였다. 스케줄링 알고리즘은 Windows OS에서 Visual C++ 언어를 사용하여 구현하였다.

표 2. 실험에 사용된 변수와 값

환경 요소	설명과 값
DB	100개의 서로 다른 데이터 항목
BS	DB 크기의 10%에서 100%까지의 크기를 갖는 10개의 방송 스트림
Q	Zip 분포에 따라 10000명의 사용자가 관심 질의로 등록한 서로 다른 5000개의 질의로 구성된 집합
q	최대 100개까지의 서로 다른 데이터로 구성된 데이터 집합
DQ	방송 청취를 시작한 사용자의 질의 집합, 한 주기 동안 방송 청취를 시작한 최대 사용자 수는 2000이라고 가정했으며 사용자 수에 따라 DQ에 포함된 질의 개수가 동적으로 변함
User	데이터베이스에 등록된 10000명의 사용자에 대한 프로필 정보
Rule	데이터 항목 d를 키로 갖는 FP set의 집합, Rule의 크기는 프로필 정보에 따라 변화함
α, β	Priority(q) 계산에 사용된 가중치, $\alpha = 0, 0.1, 0.2, \dots, 1$ 의 11 단계의 값을 갖도록 실험
User Level	파레토의 법칙에 따라 Gold와 Silver 고객의 비율이 20:80이 되도록 Gold 고객 선정
MAT(q)	질의 q의 평균 접근 시간 (Mean Access Time)
TMAT(BS)	방송 스트림 BS를 청취하는 모든 사용자의 평균 접근 시간의 합

4.2 단일 채널 스케줄링 알고리즘 성능 분석

시뮬레이션 시스템은 제안 알고리즘의 성능 평가 및 비교를 위해 다음과 같은 스케줄링 알고리즘을 포함한다.

- ▶ R : Random Schedule : 방송 크기만큼의 랜덤 데이터 항목을 선택하여 방송
- ▶ S : Static Schedule : 정적 질의 집합 Q에 포함된 질의를 대상으로 Freq()가 큰 순서대로 방송
- ▶ D : Dynamic & Prime Schedule

▶ F : Frequency Pattern based DNPS

<표 2>에 기술된 환경에서 동일한 데이터베이스와 동일한 질의에 대해 각각 20번씩의 방송 주기를 시뮬레이션 하였다. 각 방송 주기마다 2000명의 사용자가 방송을 청취하며 이로 인해 동적 질의 집합 DQ도 매번 변경된다. 또한 각 방송 주기별로 가중치 α, β 를 0에서 0.1 간격으로 최대 1까지의 값을 갖도록 변경하면서 각 알고리즘의 TMAT를 계산하였다. MAT, TMAT 계산은 선행연구[1]에서 정의된 식을 이용하였다.

● 방송 크기에 따른 사용자의 TMAT 비교

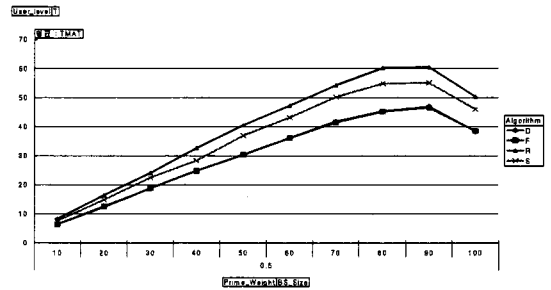


그림 1. $\beta=0.5$, BS에 따른 모든 사용자의 TMAT

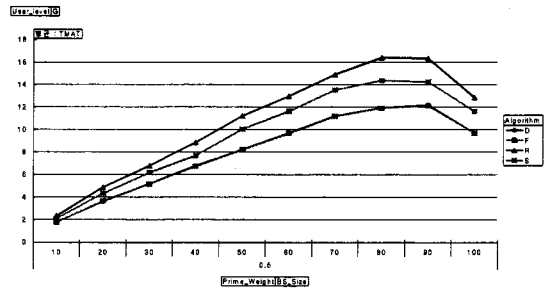


그림 2. $\beta=0.5$, BS에 따른 우수 사용자의 TMAT

<그림 1,2>는 Priority 계산에 사용된 가중치 값을 0.5로 고정했을 때 방송 스트림의 크기에 따른 각 알고리즘의 TMAT의 변화를 보여준다. <그림 1>은 모든 사용자의 TMAT를, <그림 2>는 우수 사용자의 TMAT를 보여준다. 두 경우 모두 본 논문에서 제안한 F와 D 알고리즘의 접근 시간이 R과 S 알고리즘보다 적음을 알 수 있다.

● 사용자 등급 정보 반영에 따른 TMAT 변화

<그림 3, 4>는 방송크기를 90으로 고정하고 Priority 계산에 사용된 요청 빈도에 대한 가중치 α 의 값을 0에서 1사이의 값으로 변경했을 때 각 알고리즘의 TMAT의 변화를 보여준다. <그림 3>은 모든 사용자의 TMAT를, <그림 4>는 우수 사용자의 TMAT를 보여준다. 가중치 α 값이 클수록, 즉, 사용자 등급 정보 반영률이 작아질수록 우수 사용자의 평균 접근 시간이 증가함을 알 수 있다.

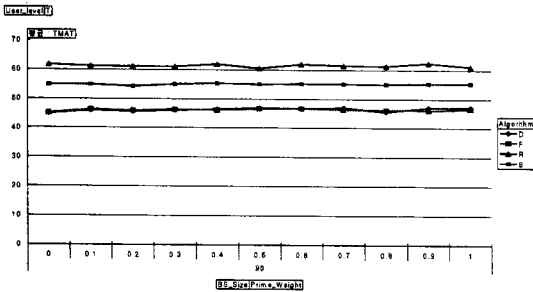


그림 3. BS=90, α 값에 따른 모든 사용자의 TMAT

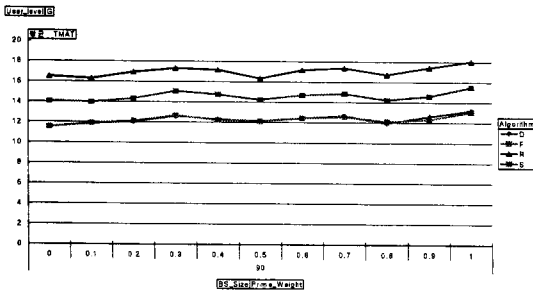


그림 4. BS=90, α 값에 따른 우수 사용자의 TMAT

4.3 다중 채널 스케줄링 알고리즘 성능 분석

단일 채널 스케줄링 알고리즘 FPDNPS와 다중 채널 스케줄링 알고리즘 M-FPDNPS 알고리즘의 성능 비교를 위해 25개의 데이터로 구성된 12개 예제 질의를 이용하였다. <표 4>는 FP 분석을 통해 각 질의에 속한 데이터들을 요청 빈도순으로 정렬한 것이다.

표 4. 예제 질의

질의	요청빈도	질의에 속한 데이터 집합									
q4	10	d3	d9	d14	d10	d13					
q2	8	d5	d7	d6							
q12	7	d18	d16								
q7	6	d1	d2								
q8	5	d22	d23	d24							
q1	4	d3	d1	d2	d4	d5	d11	d15			
q9	4	d19	d20								
q6	3	d3	d4								
q10	3	d22	d25								
q3	2	d7	d9	d14	d8	d12					
q5	1	d15									
q11	1	d18	d17	d19	d21						

<표 5>는 알고리즘 FPDNPS를 이용하여 생성한 방송 스케줄이다. FPDNPS는 단일 채널 환경에서 다중 큐를 이용하여 현재 큐가 가득차면 바로 방송함으로써 대기시간을 줄이려고 노력하였다. <표 6>은 알고리즘 M-FPDNPS를 이용하여 생성한 방송 스케줄이다. 방송 크기는 $40 \times |\text{bucket}|$, 채널수는 4개로 가정하였으며 각 채널에 대한 인덱스 방송 시간을 다르게 배치하였다. <표 7>은 두 알고리즘의 평균 접근 시간을 비교한 것

로 M-FPDNPS가 FPDNPS보다 평균 접근 시간이 49.6% 정도 감소한 것을 알 수 있다.

표 5. FPDNPS를 이용한 방송 스트림

큐	방송 집합 및 순서
A	<d3, d4>, <d9, d14>, d10, d13, d5, d7, d6, d18, d16, <d1, d2>
B	d22, d23, d24, d11, d15, d19, d20, d25
C	d8, d12, d17, d21

표 6. M-FPDNPS를 이용한 방송 스트림

시간	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10
채널4	Ind1	d8	d12						d17	d21
채널3	d24	Ind2	d25	d11	d15		d19			d20
채널2	d7	d6	Ind3	d18	d16	d1	d2	d22	d23	
채널1	d3		d4	Ind4	d9	d14	d10	d13	d13	d5

표 7. FPDNPS와 M-FPDNPS의 평균접근시간비교

질의	FPDNPS			M-FPDNPS		
	MAT	Freq()	MAT*Freq()	MAT	Freq()	MAT*Freq()
q4	17.76	10	177.6	9.5	10	95
q2	15.32	8	122.56	7.55	8	60.4
q12	14.42	7	100.94	7.55	7	52.85
q7	14.42	6	86.52	7.2	6	43.2
q8	15.32	5	76.6	7.55	5	37.75
q1	23.2	4	92.8	9.9	4	39.6
q9	14.42	4	57.68	8.75	4	35
q6	14.42	3	43.26	7.55	3	22.65
q10	20.58	3	61.74	8.3	3	24.9
q3	21.12	2	42.24	9.15	2	18.3
q5	13.48	1	13.48	5.95	1	5.95
q11	21.78	1	21.78	9.55	1	9.55
TMAT			897.2			445.15

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 모바일 환경에서 하향 링크를 위한 방송 데이터 집합 선정과 방송 순서 결정 방법을 중점적으로 다루었다.

DNPS 알고리즘은 실제로 방송 청취를 시작한 사용자들의 관심 데이터들을 대상으로 요청 확률이 크고 다수의 우수 사용자들이 관심 있는 데이터를 등급별 큐에 할당하는 동적 스케줄링 기법이며 FPDNPS는 동시에 자주 나타나는 데이터 항목들을 시간적으로 인접한 위치에 방송하도록 DNPS를 확장한 알고리즘이다. M-FPDNPS는 다중 채널 환경에 적용할 수 있도록 FPDNPS를 확장한 알고리즘이다.

실험을 통해 DNPS와 FPDNPS 알고리즘이 기존의 정적인 요청 빈도 기반 알고리즘과 Random 알고리즘보다 접근 시간과 서비스 만족도 면에서 우수함을 보였다. 또한 예제 질의 분석을 통해 M-FPDNPS가 FPDNPS에 비해 접근 시간이 49.6% 감소한 것을 알 수 있었다.

그러나, 실험을 통해 방향 링크가 없는 하향 링크 기반 주기적 방송 시스템으로는 사용자들의 요구를 충족할 수 없음을 알 수 있게 되었다. 향후 M-FPDNPS를 양방향 방송 환경에서 적용할 수 있도록 개선하는 연구가

필요하다.

참고문헌

- [1] 박미화, 이용규, "사용자 프로파일을 활용한 모바일 방송에서의 동적 스케줄링," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제12권 2호, pp. 111-121, 2007. 5
- [2] 최성환, 정성원, 이승아, "이동컴퓨팅환경에서 데이터의 접근 빈도 및 시맨틱 관계를 고려한 방송 방법", 한국정보과학회 논문지, 제30권 제5호, pp. 476-493, 2003.
- [3] 이상돈, "효율적인 다중 데이터 접근을 위한 방송 스케줄 생성", 한국정보과학회 논문지, 제29권 제4호, pp. 285-296, 2002.
- [4] Hurson A.R., Chahadeh, Y.C., and Hannan J., "Object Organization on Parallel Broadcast Channels in a Global Information Sharing Environment", IEEE Conference on Performance, Computing, and Communications, pp. 347-353, 2000.
- [5] 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 Engineering, 16(6), Jun. pp1143-1156, 2004.
- [6] Hao-Ping Hung, Jen-Wei Huang, Jung-Long Huang, Ming-Syan Chen, Scheduling dependent items in data broadcasting environments, Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied computing, pp 1177-1181, 2006
- [7] Adesola Omotayo, Moustafa A. Hammad, Ken Barker, "Update-Aware Scheduling Algorithms for Hierarchical Data Dissemination Systems." Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Data Management(MDM), pp. 18-23, 2006.
- [8] S. Acharya and S. Muthukrishnan. "Scheduling on-demand broadcasts: New metrics and algorithms," In Proceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), pp 43- 54, 1998.
- [9] D. Aksoy and M. Franklin, "Scheduling for large-scale on-demand data broadcasting," In Proceedings of the Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM), pp. 651-659, 1998.
- [10] J. Xu, X. Tang, and W.C. Lee, "On Scheduling Time-Critical On-Demand Broadcast,"IEEE Transaction on Distributed and Parallel Systems, Volume 17, Issue 1, pp. 3-14, 2006.
- [11] 윤혜숙, 김영국, "이동 컴퓨팅 환경에서 데이터 특성을 고려한 실시간 혼성 방송 알고리즘", 한국정보과학회 논문지, 제32권 3호 pp.339-349, 2005.
- [12] J. Fernandez and K. Ramamritham. "Adaptive dissemination of data in time-critical asymmetric communication environments," In Proc. Euromicro Real-Time Systems Symp., pp. 195-203, 1999.
- [13] Chih-Lin Hu, Ming-Syan Chen, "Adaptive Information Dissemination: An Extended Wireless Data Broadcasting Scheme with Loan-Based Feedback Control," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 02, no. 4, pp. 322-336, 2003.
- [14] Yon Dohn Chung, Myoung-Ho Kim, "QEM: A Scheduling Method for Wireless Broadcast Data." Proceedings of the Sixth International Conference on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA), pp. 135-142, 1999.
- [15] Nitin H. Vaidya and Sohail Hameed. "Scheduling data broadcast in asymmetric communication environments," Technical Report 96-022, Computer Science Department, Texas A&M University, College Station, 1996.
- [16] Y.D.Chung and M.H.Kim, "A Wireless Data Clustering Method for Multi-point Queries," Decision Support Systems, vol 30, pp. 469-482, 2001.
- [17] L. Breslau, P. Cao, L. Fan, G. Phillips, and S. Shenker, "Web caching and zipf-like distributions: Evidence and implications," in Proc. of IEEE INFOCOM, pp. 126-134, 1999.
- [18] J. Han, J. Pei, and Y. Yin, "Mining Frequent Patterns without Candidate Generation," SIGMOD Conference, pp. 1-12, 2000.