

이동 컴퓨팅을 위한 K-Level Indexing Broadcast 기법의 성능분석

정의중, 김재훈
아주대학교 정보통신전문대학원

Performance Analysis of K-Level Indexing Data Broadcast Schemes for Resilient Mobile Computing

Eui-jong Jeong, Jai-Hoon Kim
The Professional Graduate School of ICT, Ajou University

요 약

이동 컴퓨팅에서 사용되는 단말기는 배터리의 제약과 이동통신망의 높은 장애율로 사용에 불편을 느낀다. 여러 mobile client 는 공통 관심이 있는 데이터를 서버로 부터 받는 방법으로 broadcasting 을 많이 쓰는데, 이때 indexing 기법을 이용해 클라이언트는 원하는 데이터를 filtering 해서 수신함으로써 에너지의 효율적 사용을 기할 수 있다. index 를 중복시킴으로써 원하는 데이터 접근(access) 시간을 줄이고 무선 통신망의 장애에 따른 성능저하를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 K-level indexing 기법을 위한 장애율에 따른 최적의 중복회수를 구하고 데이터 수신시 데이터 접근 시간과 튜닝(tuning) 시간을 구한다.

1. 서론

데이터 브로드캐스트(broadcast)는 서버가 클라이언트에 의해 필요로 하는 데이터를 스케줄(schedule)해서 전송 채널(communication channel)에 전송하는 것으로 여러 클라이언트들이 원하는 공통의 데이터를 효과적으로 전하는 방법이다. 그때 클라이언트는 전송 채널로 들어오는 데이터를 filtering 함으로써 원하는 데이터만 읽어 들인다.

클라이언트는 휴면 모드(doze mode)와 동작 모드(active mode)에서 수행된다[1]. 휴면 모드란 최소의 전력만을 사용하여 작업하는 상태이고 방송 채널로 어떤 데이터가 들어오는지 확인하지 않는다. 동작 모드는 방송 채널로 들어오는 데이터가 무엇인지 알기 위해 processor 가 작업하여 배터리를 사용하는 상태를 말한다. 현재의 클라이언트는 원하는 데이터를 받을 때만 동작 모드이고 그렇지 않을 때는 휴면 모드로 있는데 이런 능력을 선택적 데이터 수신(selective tuning)이라고 하고, 전력(energy)의 효율을 높일 수 있다. 선택적 데이터 수신이 가능하려면, 원하는 데이터의 위치를 알아야 한다. 데이터의 사이사에 인덱스(index)를 둬으로써 원하는 데이터를 쉽게 찾을 수 있다. 기존의 인덱스 기법[1]에서는 데이터 접근(data access) 시간을 줄이기 위하여 인덱스를 효과적으로 배치하고 중복시키는 방법을 고려하였다. 본 논문에서는 기존 연구[8]를 바탕으로 무선통신망의 장애를 고려한 k-level 인덱스 기법의 데이터 접근 시간과 튜닝(tuning) 시간을 분석하였고 최적의 인덱스 중복회수를 구하였다.

2. 인덱스 브로드캐스트(Index Broadcast)

다음은 본 논문의 기반인 설명한 index broadcast 기법[1]을 간단히 요약한 것이다.

2.1 브로드캐스트를 위한 Data 구성 [1]

브로드캐스트에 의해 전송된 데이터는 서버에 화일(file)의 형태로 존재하고 화일은 primary key 에 의해 구분되는 레코드(record)들로 구성된다. 화일의 크기와 내용은 자주 변한다. 서버는 다수의 클라이언트들에게 주기적으로 브로드캐스트하며, 클라이언트는 전송되는 데이터를 받아서 primary key 값에 의해 구분되는 레코드를 저장한다. 그러나, 화일에 대한 갱신(update)는 연속된 전송사이에 반영된다. filtering 은 primary key 값의 simple pattern matching 에 의해 이뤄지며, 대부분의 시간

을 휴면 모드로 있게 된다. 데이터 item 은 계속 바뀌므로 서버는 클라이언트에게 지속적으로 이것을 알려야하기 때문에, directory 및 data item name 을 브로드캐스트한다. 다양한 채널(channel)에서 많은 데이터가 전송되므로 클라이언트는 원하는 데이터만 선택해 듣는 선택적 데이터 수신 기능이 필요하다. 서버는 data 와 인덱스(index)를 방송한다.

다음은 본 논문에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명한다.

□ Access time : 클라이언트가 primary key 값으로 원하는 데이터를 찾아 저장하는 데까지의 평균 걸린 시간을 말한다. Probe Wait 과 Broadcast Wait 의 합으로 나타낼 수 있는데, probe wait 은 지난번 데이터를 읽고 index 를 읽는데 걸린 평균 시간을 말하며 broadcast wait 은 최초의 index 를 읽고 원하는 데이터를 읽는데 걸린 평균 시간을 말한다.

□ Tuning Time : 채널을 결정하기 위해 걸린 시간, 즉 채널을 결정하기 위해 다운받은 인덱스 및 데이터를 읽는 시간을 의미한다. 이 시간동안 mobile client 는 active mode 로 있다.

□ Bucket : 브로드캐스트의 가장 작은 논리적인 단위이다. bucket 의 크기는 모두 같다. access time 과 tuning time 은 bucket 의 수로 측정된다.

□ Index Bucket : 필요한 데이터를 읽기위한 offset 들의 bucket .

□ Access Optimal : Access Time 이 최소로 될려면, index bucket 이 없을 때, 즉 브로드캐스트의 길이가 최소일 때이다. 하지만 이 경우는 tuning time 이 최대가 되어 항상 동작 모드로 있어야 한다. 이때 Access time 은 Data / 2 로 tuning 시간과 동일하다.

□ Tuning Optimal : Index Bucket 을 브로드캐스트의 시작부분에 한번만 넣는 것이다. 클라이언트는 최초로 Index 를 읽고 primary key 로 원하는 데이터의 위치를 알아내어 그때까지 휴면 모드로 들어간다.

원하는 데이터의 위치가 되면, 동작 모드로 전환되어 필요한 데이터를 읽어낸다. Tuning time 은 index level 의 수와 최초의 index 위치를 알기위한 데이터를 읽는 것과 원하는 데이터를 읽는 것의 합으로 구할 수 있다. probe wait 는 (Data + Index) / 2 이고 broadcast wait 는 (Data + Index) / 2 이다. 따라서 access time 은 (Data + Index)이다. 이것은 access time 이 최대가 된다.

2.2 1 : m index[1]

그림 1 은 1 : m index 를 나타내기 위한 설명이다. Index bucket 과 data bucket 을 구분해야 한다. 한 broadcast cycle 에 m 번 index 를 넣는 방법으로, 모든 bucket 은 시작부분에

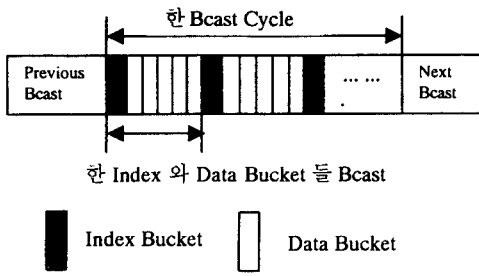


그림 1.1 : m Index

다음 index segment 에 대한 offset 을 갖고 있다. 각 index segment 의 첫 bucket 은 첫 field 에 마지막에 브로드캐스트되었던 레코드 의 primary key 가 들어가 있고, 두번째 field 는 다음번 브로드캐스트의 시작 offset 이 들어가 있다. 이것은 클라이언트가 원하는 데이터의 읽기가 실패했을 때, 다음번 브로드캐스트의 시작으로 tune 하게 한다.

3. 무선 통신망의 장애를 고려한 Indexing Broadcast

이동 computing 환경에서는 무선 통신망에 장애가 발생할 가능성이 높다. 이때 어떻게 인덱스를 배치하고 어느정도 중복해야 하는 가를 고려하는 것이 중요하다. 기본적으로 원하는 데이터를 읽다가 데이터가 손상되었을 경우, 다음번 주기의 데이터를 읽는다.

무선 통신망의 장애를 고려한 index broadcast protocol 은 다음과 같다.

- ① 현재의 bucket 을 읽는다. 여기서 데이터가 손상되면, 다음 bucket 을 읽는다.
- ② 다음의 가장 가까운 index segment 의 주소를 알려주는 offset 을 읽는다.
- ③ doze mode 도 들어가고 index segment 에서 tune 한다.
- ④ index segment 에서 primary key 로 원하는 데이터의 위치를 결정한다. multilevel index 이기때문에 연속적인 probe 가 일어난다. 이때, 데이터 읽기가 실패하면, ①부터 다시한다.
- ⑤ primary key 에 의해 구해진 데이터의 위치에서 tune 해서 down 받는다. 실패하면, ①부터 다시한다.

위의 protocol 을 이용할 때 access 시간과 tune 시간을 구하면 다음과 같다. 무선통신망 장애는 지수분포간격(평균 1/p 마다 발생)으로 발생한다고 가정하였으며 이 때 한 bucket 의 index 또는 데이터가 손상된다고 가정하였다.

기존 연구[8]에서는 1 level 인덱스를 가정하여 분석하였지만 본 논문에서는 k level 의 인덱스를 가정하여 보다 일반적인 경우를 분석하였다.

다음은 access 시간과 tuning 시간을 분석한다. 사용되는 parameter 는

- n = 한 bucket 이 index 할 수 있는 양
- index tree 의 level 의 수로서, index tree 가 fully balanced 할 때 이다.

$$K = \lceil \log_n Data \rceil$$

- Index = Index bucket 의 크기
- Data = 한 브로드캐스트 주기의 Bucket 의 수
- m = index bucket 의 중복도

그림 2 에서와 같이 Markov model 로 나타낼때, state 0 은 첫번째 데이터를 읽는 상태를 나타내며, state 1 은 root index 를 읽는 상태를 나타내며, state 2 ~ K 는 index 를 읽는 상태를 나타내며, state D 는 Data 를 읽는 상태를 나타내며, state F 는 종료상태를 나타낸다. state F 에선 다시 state 0 부터 다시 시작한다. C_{ab} 는 state a 에서 state b 로의 상태전이에 따른 cost 를 나타낸다. access 시간을 계산하기 위하여 상태전이

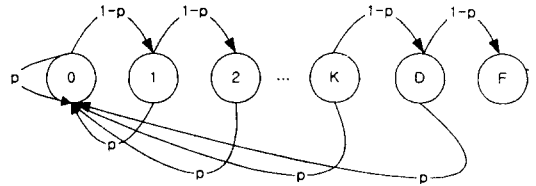


그림 2. Markov Model

에 따른 cost 를 구하면,

- C_{00} : 1 (데이터나 index bucket 을 읽다가 실패 했을 경우 다음 bucket 을 읽는다.)
- C_{01} : $(D/m + 1)/2$ (가장 가까운 root index 를 읽는데 걸리는 평균시간.)
- C_{10} : 1 (root index 을 읽기가 실패했을 경우 다음 bucket 을 읽는다.)
- C_{12} : $n/2$ (root index 를 읽고 다음 level index 를 읽는 평균시간.)
- C_{20} : 1 (실패했을 경우 0 부터 다시 시작.)
- C_{23} : $(n + n^2)/2$ (다음 level 의 index 를 읽는데 걸리는 평균시간.)

- ...
- $C_{(k-1)0}$: 1
- $C_{(k-1)k}$: $(n^{k2} + n^{k1})/2$ (다음 level 의 index 를 읽는데 걸리는 평균시간.)
- C_{k0} : 1
- C_{kD} : $(D + mI)/2$ (마지막 level 의 index 를 읽고 data bucket 을 읽는데 걸리는 평균시간.)

그리고 tuning 시간을 계산하기 위하여 transition cost 를 구하면 다음과 같다. 각 cost 는 한 bucket 만 읽으면 된다.

- C_{00} : 1
- C_{01} : 1
- C_{10} : 1
- C_{12} : 1

- ...
- $C_{(k-1)0}$: 1
- $C_{(k-1)k}$: 1
- C_{k0} : 1
- C_{kD} : 1

위의 전이비용을 바탕으로 access 시간과 tuning 시간을 구할 수 있다.

$$access \ time = (p + \frac{n^{k+1}}{2} + \frac{n^k}{2}) \sum_{i=1}^{k-1} \frac{1}{(1-p)^i} + \frac{1}{(1-p)^k} (p + \frac{D}{2m} + \frac{I}{2}) + \frac{1}{2}(D + mI)$$

$$tuning \ time = (1 + p) \sum_{i=0}^k \frac{1}{(1-p)^i} - p$$

access 시간을 최소화 하기위한 최적의 인덱스 중복도(m)를 구하기위해 미분하여 해를 구하면, (k level 의 index level)

$$m = \sqrt{\frac{D}{I(1-p)^k}}$$

4. 파라메터 분석

다음은 파라메터 변화에 따른 성능을 측정하였다. 여기서 각각의 인덱스는 각 데이터 버킷이 트리에 잘 분산되어있는 상태를 가정하고 파라메터를 분석하였다. 여기서 D 는 한 브로드캐스트 주기당 데이터 버킷의 크기를 나타내며, k 는 인덱스 레벨을 나타내며, I 는 인덱스 세그먼트의 크기를 나타내며, n 은 한 인덱스버킷이 인덱싱할 수 있는 데이터 버킷의 크기를 나타낸

다.

그림 3 과 그림 4 는 무선통신망의 장애율에 따른 액세스 시간의 변화를 나타낸다. 무선통신망 장애율에 따른 액세스 시간의 변화를 보면, 장애율이 높아질수록 액세스 시간이 증가한다.

그림 5, 6, 7 은 인덱스 중복회수에 따른 액세스 시간의 변화를 나타낸다. 액세스 시간은 데이터 크기, 인덱스 레벨, 무선통신망 장애율, 인덱스 중복회수에 따라 영향을 받음을 알 수 있다. 장애율에 따라 최적의 인덱스 중복회수가 존재함을 알 수 있다.

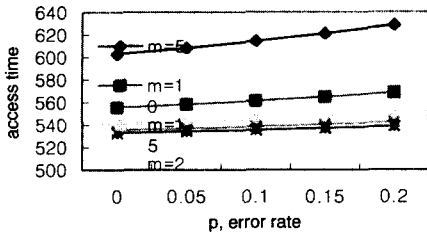


그림 3. 무선통신망 장애율에 따른 액세스 시간의 변화.(D=1000, k=1, l=1, n=1000)

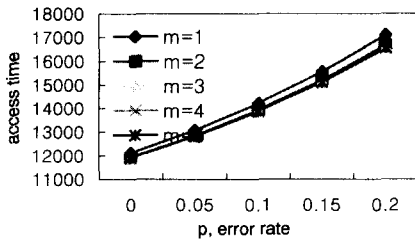


그림 4. 무선통신망 장애율에 따른 액세스 시간의 변화.(D=1000, k=3, l=111, n=10)

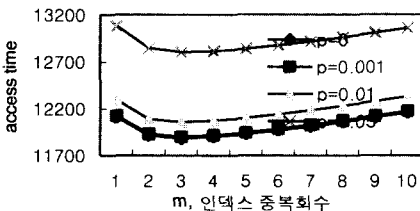


그림 5. 인덱스 중복회수에 따른 액세스 시간의 변화.(D=1000, k=3, l=111, n=10)

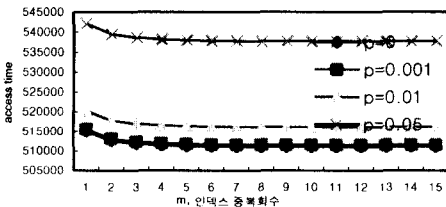


그림 6. 인덱스 중복회수에 따른 액세스 시간의 변화.(D=10000, k=2, l=101, n=100)

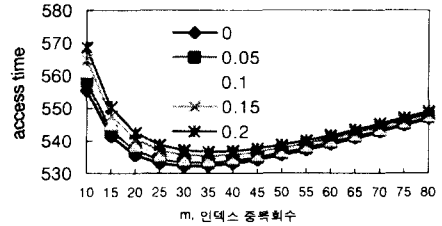


그림 7. 인덱스 중복회수에 따른 액세스 시간의 변화.(D=1000, k=1, l=1, n=1000)

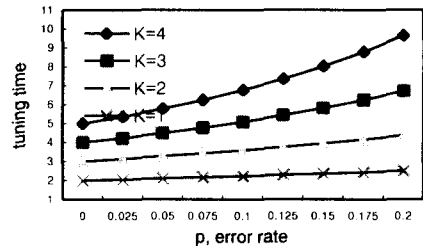


그림 8. 무선통신망 장애율에 따른 튜닝 시간의 변화.

그림 8 은 무선통신망 장애율에 따른 튜닝 시간의 변화를 나타낸다. 튜닝 시간은 무선통신망의 장애율과 인덱스 레벨에만 영향을 받지 인덱스 중복회수에는 영향을 받지 않는다. 인덱스 레벨이 증가함에 따라 인덱스 액세스시 장애발생 가능성이 높기 때문에 장애율의 변화에 더욱 민감함을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

무선통신망의 장애를 고려하여 인덱스 기법을 이용한 방송기법의 액세스 시간과 튜닝 시간을 분석하였고 액세스 시간을 최소화 시키기 위한 최적의 인덱스 중복도를 구하였다. 분석결과에 따르면, 장애율이 높을수록 인덱스 중복도를 높이는 것이 효과적임을 알 수 있다. 추가 연구로 인덱스 버킷이 분산되어 있을 경우 어떻게 배치하고 어떻게 중복시켜야 효율적인가를 고려중이다.

참고 자료

- [1] T. Imielinski, S. Viswanathan, B. R. Badrinath "Energy efficient indexing on air" SIGMOD 94-5/94 Minneapolis, Minnesota, USA, 1994 ACM.
- [2] E. Pitoura, G. Samaras "Data management for mobile computing".
- [3] David Cheriton, "Dissemination oriented communication systems", Stanford University, Tech. Rept. 1992.
- [4] David J. Goodman, "Trends in cellular and cordless communications," IEEE Communications Magazine, June 1991.
- [5] G. Herman et al., "The datacycle architecture for very large high throughput database systems," in Proc ACM SIGMOD Conf., 1987, pp 97-103.
- [6] T. Imielinski, S. Viswanathan, B. R. Badrinath "Power efficient filtering of data on air" Proc of 4th Intl Conference on Extending Database Technology, Cambridge - Mach 94.
- [7] T. Imielinski, S. Viswanathan, B. R. Badrinath "Data on Air : Organization and Access," Submitted for publication.
- [8] 정의중, 김재훈, "무선통신 장애를 고려한 indexing broadcast 기법의 성능분석," 한국정보과학회 춘계학술발표대회 논문지, 2000. 4.