

무선 통신 환경을 위한 에어 캐시에 관한 연구

안백송*, 반효경**, 고건***

*한국전자통신연구원

**이화여자대학교 컴퓨터학과

***서울대학교 컴퓨터공학부

A Study of Air-Cache for Wireless Communication Environments

Baiksong Ahn*, Hyokyung Bahn**, Kern Koh***

*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail: bsahn@etri.re.kr

**Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

E-mail: bahn@ewha.ac.kr

***School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

E-mail: kernkoh@oslab.snu.ac.kr

요약

무선 통신 기술 개발에 있어서 가장 핵심적인 사항은 사용자들에게 최대한 효율적으로 데이터를 전달하는 것으로, 최근 멀티미디어 기술 발달과 함께 대용량의 멀티미디어 컨텐츠에 대한 효율적 전송을 위한 기술 개발이 빠른 속도로 진행되고 있다. 본 논문에서는 무선 환경에서 방송 채널을 이용한 에어 캐시 시스템에 대하여 소개하고, 에어 캐시 설계를 위한 고려 사항과 관련 기술에 대하여 언급한다.

1. 서론

컴퓨팅 분야에서 가장 빠르게 성장하는 분야 중 하나인 모바일 통신 기술 개발의 최대 이슈는 사용자들에 얼마나 효율적으로 데이터를 전달할 수 있는가의 문제이다. 무선 통신은 유선 통신과는 다른 특징들을 가지고 있으며, 이를 고려한 새로운 기술 개발이 필요하다.

컴퓨팅 관련 핵심 기술 중 하나인 캐싱 기법은 기존의 컴퓨팅 분야에서 널리 사용되는 기법 중 하나이다. 저장 장치 계층 간의 속도 차를 완화하기 위한 목적으로 컴퓨터 구조, 운영 체제, 데이터베이스 등의 많은 분야에서 다양하게 연구, 사용되고 있는 기술이다. 모바일 통신 환경의 발달로 인해 이러한 캐싱 기법을 새로운 무선 환경에 적합하도록 수정, 개량시켜야 할 필요성이 증대되면서 에어 캐싱 기법에 관한 연구의 중요성이 향후 인터넷 및 무선 통신 기술과 맞물려 부각되고 있다.

에어 캐싱 기법이란 사용자들의 요청이 찾은 데이터들을 사용자들에 의해 공유되는 방송 채널 (Broadcast Channel)을 이용하여 전달하는 기법을

말한다. ‘캐싱’이라는 단어의 사용에서 알 수 있듯이, 사용자들은 다른 데이터들에 비해 인기도가 높은 데이터들을 에어 캐싱이라는 방송 채널을 통하여 보다 빨리 전달받을 수 있다. 에어 캐싱 기법은 기존의 캐싱 기법과 비교하여 여러 가지 측면에서 많은 차이점을 가지고 있으며, 이와 관련된 연구들이 다양한 접근 방법들을 통해 이루어지고 있다.

본 논문에서는 무선 통신 환경의 특징과 이를 위해 제안된 에어 캐싱 기법에 대하여 간략히 소개한다. 2장에서는 유선 통신 환경과 다른 무선 통신 환경의 특징에 대하여 소개하며, 3장에서는 에어 캐싱 기법에 대한 소개와 관련 기술 및 특징에 관해 소개한 후 4장에서 결론을 제시한다.

2. 무선 통신 환경의 특성

전파를 이용한 무선 통신 환경은 기존의 유선 통신 환경과는 다른 다음과 같은 특징들을 가지고 있다. 무선 통신 기술을 개발할 때 이러한 특징들을 고려하여 효율적인 데이터 전달이 가능하도록 해야 한다.

2.1 사용자 관련 정보 수집의 문제

무선 통신 환경에서는 유선 환경에 비해 현재 무선 네트워크를 사용하는 클라이언트에 관한 정보를 얻기가 쉽지 않다. 무선 환경에서 데이터는 ‘전파’라는 매체를 통해 공중에 뿌려지고, 이러한 전파를 수신 가능한 사용자는 누구라도 데이터에 접근, 이를 이용할 수가 있다. 무선 환경은 물리적, 공간적 제약이 유선 환경에 비해 대단히 미미하여 누구나 언제라도 네트워크에 참여할 수 있고, 네트워크에서 벗어날 수 있다. 때문에 서비스 제공자의 입장에서 현재 어떠한 사용자들이 방송 채널을 통해 데이터를 수신하고 있으며, 전달하는 데이터들이 실제 사용자들의 요구 조건에 얼마나 부합하는지의 여부, 그리고 무선 네트워크에서의 사용자 이동 패턴에 관한 정보를 파악하기가 쉽지 않다.

2.2 제한적인 대역폭

무선 통신 기술이 빠른 속도로 발전하고 있는 것은 사실이지만 아직은 유선 통신망에 비해 그 대역폭이 제한적이다. 뿐만 아니라 전파의 수신 감도에 따라 실제 클라이언트가 접할 수 있는 대역폭의 편차가 커지므로, 무선 통신 기술을 개발할 때 이러한 특성들을 고려하여 설계해야만 한다.

2.3 클라이언트의 하드웨어적 제약 조건

무선 통신을 이용하는 클라이언트는 기본적으로 휴대용 배터리를 통해 전력을 공급받는다. 일정한 전력을 지속적으로 공급받을 수 있는 유선 통신 환경에 비해 배터리의 용량이 제한적이기 때문에 한정된 전기로 오래 사용 가능한 솔루션의 개발이 절대적으로 필요하다. 따라서 필요 이상의 부가적인 채널 스위칭이나 데이터 수신을 피할 수 있는 통신 기술이 요구된다. 또한 휴대용 클라이언트에 탑재된 메모리의 용량은 데스크탑에 비해 작기 때문에 클라이언트 단말기 설계시 적은 용량의 캐시를 최대한 효율적으로 사용할 수 있는 운영정책을 마련해야 한다.

3. 에어 캐싱 기법

3.1 개요

에어 캐싱 기법이란 사용자들의 요청이 갖은 데이터들을 사용자들에 의해 공유되는 브로드캐스트 채널(broadcast channel)을 이용하여 전달하는 기법을 말한다. 일대일 채널을 통해 사용자들의 요청을 서버에서 on-demand 방식으로 처리하는 방법에 비해 다수의 사용자들을 보다 효율적으로 서비스할 수 있다. 에어 캐싱을 사용함으로써 얻을 수 있는 장점에는 다음과 같은 점들이 있다.

- 방송 채널(에어 캐쉬)로부터 데이터를 얻어갈 수 있는 클라이언트의 수에 제한이 없다.
- 클라이언트는 서버에게 별도로 요청하지 않고서도 에어 캐쉬로부터 데이터를 전달받을 수 있으므로, 별도의 요청을 위해 사용되는 업로드 대역폭을 줄일 수 있다.

에어 캐쉬는 하나 이상의 방송 채널과 클라이언트에게 전달될 데이터(컨텐츠)로 이루어진다. 서버는 방송 채널을 통해 클라이언트에게 전달하고자 하는 데이터를 반복적으로 송신하며, 반복적으로 송신하는 데이터 집합체의 단위를 방송 유닛(broadcast unit)이라고 한다. 에어 캐쉬의 크기는 각 채널별로 송신되는 방송 유닛의 크기의 총합으로 정의한다. m 개의 채널과 n 개의 컨텐츠가 존재하고, 채널 i 에서 방송중인 컨텐츠 각각의 크기를 S_{ii}, \dots, S_{ik_i} 이라 가정하면, 현재 에어 캐쉬의 크기는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Size of Air-Cache}$$

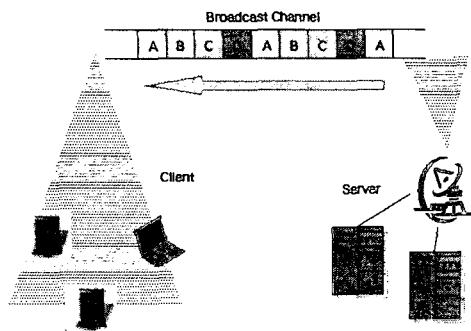
$$= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k_i} S_{ij}$$

$$(\sum_{i=1}^m k_i = n)$$

<그림 1>은 4개의 컨텐츠 A,B,C,D를 1개의 방송 채널을 통해 방송하는 에어 캐쉬 시스템을 구성한 그림이다. 이때 방송 유닛은 {A,B,C,D}가 되며 에어 캐쉬의 크기는

$$(size\ of\ A) + (size\ of\ B) + (size\ of\ C) + (size\ of\ D)$$

가 된다.

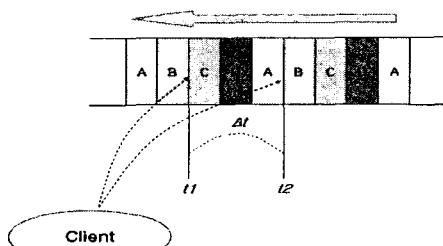


<그림 1> 에어 캐시를 이용한 데이터의 송,수신

에어 캐싱은 전통적인 캐싱 기법과 비교해 다음과 같은 차이점이 존재한다.

- 저장 공간의 유동성 : 기존의 캐싱 환경은 저장 공간의 크기가 제한되어있는 반면에, 에어 캐싱 환경에서의 캐싱 크기는 이론적으로 무한대로 커질 수 있다. 에어 캐싱의 크기는 각 채널별 방송 유닛 크기의 총합이며, 채널을 통해 방송 가능한 유닛의 크기는 충분한 시간만 확보할 수 있다면 얼마든지 늘릴 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라 에어 캐싱에서는 방송하는 데이터를 동적으로 변경함으로써 캐싱 크기가 가변적으로 변경될 수 있다.

- 데이터 접근 시간의 유동성 : 기존의 캐싱 기법에서는 캐싱 내에 존재하는 객체에 접근하는데 소요되는 시간(hit time)이 항상 일정하지만, 에어 캐싱 기법에서는 각 컨텐츠별로 접근 시간이 달라진다. <그림 2>의 에어 캐싱에서 컨텐츠가 A,B,C,D의 순서대로 방송될 때 클라이언트가 현재 컨텐츠 C를 접근하는 시각이 t_1 이고, 이후에 컨텐츠 B에 접근하는 시간이 t_2 라고 할 때, $t_2 - t_1$, 즉 Δt 만큼의 시간차가 발생하게 된다.



<그림 2> 데이터 접근 시간의 차이

- 캐싱 적중 정보의 부재 : 에어 캐싱의 경우 클라이언트가 요청한 데이터가 캐싱에 존재하면 서버에게 별도의 요청이나 피드백 없이 캐싱로부터 데이터를 전송받으며, 캐싱에 존재하지 않는 데이터에 대해서만 서버에 요청을 하게 된다. 따라서 서버의 입장에서는 현재 캐싱에 올려진 데이터 중에 어느 것이 자주 참조되었는지 알 수 없다. 또한 캐싱 서버의 입장에서 캐싱을 관리할 때 캐싱 적중(cache hit) 정보를 이용하는 것이 불가능하며, 오직 캐싱 부재(cache miss) 정보만을 가지고서 캐싱을 관리해야 한다는 점이 기존의 캐싱 기법과 다르다.

3.2 다중 채널 에어 캐싱의 특징

최근에는 여러 개의 채널을 가진 방송 환경이 점차 증가하는 추세이기 때문에 이를 활용하여 채널에 우선 순위를 주고 객체의 인기도에 따라 서로 다른 채널을 통해 방송하는 다중 채널 에어 캐싱 기법이 등장하게 되었다. 다중 채널 환경이란 에어 캐싱으로 사용하는 방송 채널(broadcast channel)의 수가 여러 개인 환경을 말하는 것으로, 하나의 채널만을 사용하는 시스템에 비해 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 확장성(Scalability) : 보다 많은 수의 모바일 클라이언트들을 서비스하기 위해 서버 용용 프로그램을 확장시켜야 할 경우, 물리적인 채널을 추가해야 할 필요성이 생기게 될 수 있다. 이 때, 만약 각 채널들의 주파수 대역이 연속적이지 않다면 이를 각각 다른 채널로 이용하는 수밖에 없으며, 이 경우 다수의 채널을 효율적으로 운영할 수 있는 서버 정책의 설계가 필수적이다.

- 결함 내성(Fault Tolerance) : 하나의 채널만을 사용하는 시스템의 경우 해당 채널에 이상이 생기면 더 이상 채널을 이용한 방송이 불가능하다. 하지만 여러 개의 채널을 사용할 경우, 하나의 채널에 이상이 생기는 경우에도 나머지 채널들을 가지고 계속적으로 시스템을 운영하는 것이 가능하다.

기존의 단일 채널 시스템에서 사용하던 설계 방식을 그대로 다중 채널에 적용하기에는 여러 가지 무리가 따른다. 단일 채널 시스템은 채널 간의 우선 순위(priority)를 고려하고 있지 않기 때문에 다중 채널의

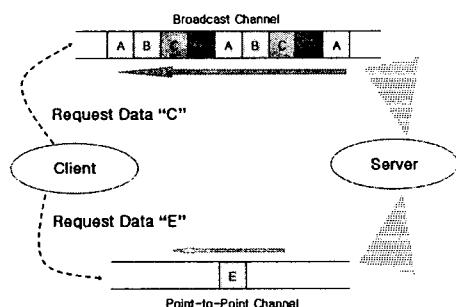
이점을 제대로 살리지 못한다. 따라서 다중 채널 환경에 적합한 새로운 에어 캐쉬 시스템이 필요하다.

3.3 데이터 전송 방식

기본적으로 에어 캐쉬 환경에서 데이터를 전송하는 방식은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

- 브로드캐스팅(broadcasting) 방식 : 푸쉬 기반(push-based) 방식이라고도 하며, 캐쉬 서버가 클라이언트들에 의해 공유되는 방송용 채널을 통해 데이터를 방송하는 형식이다. ‘에어 캐쉬’라는 용어 자체가 바로 여기서 사용되는 방송용 채널을 가리키는 것이라 할 수 있다.
- 일대일(point-to-point) 방식 : 풀 기반(pull-based) 방식이라고도 하며, 클라이언트가 별도로 마련된 채널을 통해 서버에 직접 데이터를 요청하면서 서버가 이 요청을 처리하여 클라이언트에게 전달하는 방식이다.

기본적으로 에어 캐쉬는 브로드캐스팅 방식을 채용하며, 일대일 방식을 병용하여 사용할 수 있다. 이렇듯 두 가지 방식을 모두 사용하는 방식을 하이브리드(hybrid) 방식이라고 부르며, 클라이언트에서 데이터 요청시 먼저 방송 채널을 검색하여 요청하는 데이터가 에어 캐쉬 내에 존재하는지를 확인하고 캐쉬에 존재하는 데이터의 경우 캐쉬에서 받아오고 그렇지 않은 데이터는 서버에게 요청해서 일대일 방식으로 데이터를 전송받는다. <그림 3>은 하이브리드 방식의 에어 캐쉬 시스템을 나타낸 것이다. 클라이언트에서 요청한 데이터 C는 에어 캐쉬에서 방송중인 컨텐츠이므로 캐쉬로부터 받아오고, 에어 캐쉬에 없는 데이터 E는 일대일 채널을 통해 받아온다.



<그림 3> 하이브리드 방식의 에어 캐쉬 시스템

3.4 성능 평가 수단

일반적으로 에어 캐쉬 시스템에 대한 성능 척도로 사용되는 것은 평균 반응 시간(average response time)이다. 기존의 캐슁 시스템의 경우 단일 시스템 내부에서 캐슁이 이루어지기 때문에 캐슁 적중 정보와 캐슁 부재 정보를 모두 활용할 수 있으며, 따라서 캐슁 적중률(hit rate)을 계산하여 이를 성능 척도로 사용이 가능하다. 그러나 에어 캐슁의 경우 캐슁이 서버와는 별도로 분리가 되어 있는 시스템이기 때문에 캐슁 적중 정보를 알 수가 없다. 따라서 캐슁 적중률을 계산하는 것이 불가능하며, 대신 클라이언트가 데이터를 요청한 시점에서부터 요청한 데이터에 대한 전송이 완료되는 시점까지 소요된 시간에 대한 평균값인 평균 반응 시간을 성능 척도로 사용하게 된다.

4. 결론

모바일 통신 환경에서의 효율적인 데이터 전송을 위한 기술 개발의 한 방법으로, 본 논문에서는 에어 캐슁 기법에 관하여 설명하였다. 기존의 캐슁 기법과의 유사점과 차이점을 비교, 소개한 후 다중 채널에 에어 캐슁 시스템의 구조, 에어 캐슁 시스템의 데이터 전송 방식과 성능 평가 척도에 관해 소개하였다. 무선 통신 기술과 멀티미디어 기술의 발전과 함께 에어 캐슁 기법에 관한 연구는 향후 많은 발전이 있을 것으로 전망된다.

[참고문헌]

- [1] H.V. Leong, A. Si, "Caching Literal and Multimedia Data Over the Air," Global Communications Interactive '97
- [2] K. Stathatos, N. Roussopoulos, J. S. Baras, "Adaptive Data Broadcasting Using Air-Cache," Proceedings of WOSBIS '96, pp.30-37, 1996
- [3] K. Prabhakara, K. Hua and J. Oh, "Multi-Level Multi-Channel Air Cache Designs for Broadcasting in a Mobile Environment," Proceedings of ICDE, 2000
- [4] Duc A. Tran, K. Hua and N. Jiang, "A Generalized Design for Broadcasting on Multiple Physical-Channel Air-Cache", Proceedings of ACM SAC 2001, pp.387-392, 2001