

VANET에서 효율적이며 엄격한 데이터 일관성을 유지하는 캐쉬 관리 기법

문성훈*, 박광진**

Efficient Cache Management Scheme with Maintaining Strong Data Consistency in a VANET

SungHoon Moon *, Kwangjin Park **

요약

차량용 애드혹 네트워크 (VANET: Vehicular Ad-hoc Network)는 차량으로 구성된 모바일 애드혹 네트워크로서 기간망의 도움 없이 차량 간 통신을 가능하게 한다. VANET에서 차량 노드는 네트워크의 일원으로 참여하면서 에너지와 자원을 사용한다. 지금까지 VANET에서 질의처리시간과 통신 과부하를 줄이기 위하여 데이터 복제와 협력 캐싱이 연구되어 왔다. 또한 VANET에서 협력 캐싱 기법 관련 연구는 주로 약한 일관성에 중점을 두고 있다. 이 논문에서는 VANET에서 엄격한 데이터 일관성을 유지하면서 효율적인 캐쉬 관리가 가능한 기법을 제안한다. 본 논문에서는 강한 데이터 일관성을 유지하면서 질의 지연과 통신 과부하를 줄일 수 있도록 IR (Invalidation Report)을 방송하는 스케줄링 기법을 제안한다. 성능 평가는 제안한 기법이 질의 지연과 통신 과부하에서 강점을 가지고 있음을 보여준다.

▶ Keyword : VANET, 무효화보고, 일관성, 캐시관리, 질의지연

Abstract

A Vehicular Ad-hoc Network (VANET) is a vehicular specific type of a mobile ad-hoc network, to provide temporary communications among nearby vehicles. Mobile node of VANET consumes energy and resource with participating in the member of network. In a VANET, data replication

• 제1저자 : 문성훈 • 교신저자 : 박광진

• 투고일 : 2012. 03. 06, 심사일 : 2012. 03. 30, 게재확정일 : 2012. 04. 04.

* 고려대학교 컴퓨터학과(Dept. of Computer Science, Korea University)

** 원광대학교 정보통신학과(Dept. of Information and Communication, Wonkwang University), 원광대학교 공업기술개발연구소 연구위원

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0007311).

and cooperative caching have been used as promising solutions to improve system performance. Existing cooperative caching scheme in a VANET mostly focuses on weak consistency is not always satisfactory. In this paper, we propose an efficient cache management scheme to maintain strong data consistency in a VANET. We make an adaptive scheduling scheme to broadcast Invalidation Report (IR) in order to reduce query delay and communication overhead to maintain strong data consistency. The simulation result shows that our proposed method has a strength in terms of query delay and communication overhead.

▶ Keyword : VANET, Invalidation report, Consistency, Cache management, Query delay

1. 서 론

차량용 애드혹 네트워크 (VANET: Vehicular Ad-Hoc Network)는 이동 애드혹 네트워크 (MANET: Mobile Ad-Hoc Network)의 한 형태로 차량 간 통신 또는 차량과 노변 장치의 통신을 제공하는 네트워크를 말한다 [1, 2]. VANET은 주로 충돌 회피, 장애물 경고, 협업주행 등과 같이 운전자의 안전을 위한 기술과 데이터 전송과 음성, 영상 통화 등의 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 운전자의 편의를 위한 기술을 중심으로 발전하고 있다. VANET 분야는 지능형 차량 및 ITS 연구개발을 통해 차량에 IT기술을 접목하는 주요 분야 중 하나이다.

VANET은 MANET과 마찬가지로 미리 갖추어진 통신망이 없어도 차량 간 노드들끼리 임시적인 통신이 가능하다. VANET에서는 네트워크 상의 차량에게 필요한 정보를 한 차량에서 다른 차량으로 전송할 필요가 있다. 이 때, 임시적 네트워크인 VANET의 특성상 필요한 정보를 가진 차량이 네트워크 통신범위를 벗어나 통신을 못하게 되거나, 통신하려는 차량 간 물리적 거리가 멀어져 데이터가 전송되는데 시간이 오래 걸릴 수도 있는 문제가 발생하게 된다.

이러한 경우에 효과적인 대책으로 제안되는 기법이 데이터 복제 (data replication)와 협동 캐싱 (cooperative caching)이다 [3, 4]. 이 기법들은 원본 데이터를 가진 차량과는 다른 차량이 원본과 같은 복제본을 가지고 있을 수 있도록 하는 기술들이다. 이 기술들을 이용하면 복제된 데이터를 가진 차량은 데이터 원본을 가진 차량에게 언제나 데이터를 요구하지 않아도 되므로 각 차량은 높은 데이터 접근성과 질의 지연 또한 매우 줄게 된다.

그러나 데이터 복제 기술과 협동 캐싱 기술이 활용되면, 원본 데이터와 복제본 데이터 사이에 일관성 (consistency)이 보장되어야만 한다. 다시 말해, 원본과 복제본을 동일하게 유지시켜 줄 수 있는 일관성 관리기법이 필요하다. 일관성 관

리기법은 원본을 가진 노드가 데이터가 업데이트 되는 경우, 업데이트 된 정보를 복제본을 가진 노드들에게 전달하여 원본과 복제본을 일관되게 유지시켜주는 방법을 말한다. 그러나 VANET에서는 네트워크 구성이 임시적이며, 차량의 이동으로 인해 구성된 네트워크가 안정적이지 못해서 데이터의 일관성을 유지하기가 어렵다.

협력 캐싱은 유용한 기술이기는 하지만 캐시 일관성이 반드시 유지되어야함이 전제되어 있다. 즉 캐싱된 복제본은 원본이 바뀌면 반드시 변경되어야 한다. 최근에 몇몇 일관성 모델이 MANET 환경에서 연구되어 왔고 [5, 6] VANET 역시 이 모델이 적용가능하다.

기존 MANET에서 연구된 일관성 모델은 느슨한 일관성 (weak consistency), 엄격한 일관성 (strong consistency), 델타 일관성 (delta consistency)의 세 종류로 크게 분류할 수 있다. 느슨한 일관성은 사용자에게 전송된 데이터 아이템이 갱신되기 전의 아이템이 전송될 가능성이 있는 방법이다. 원본이 업데이트 되어도 복사본이 무효화되지 않고 사용될 수 있는 기법으로 일관성을 관리하기 위한 기법이 필요하지 않다. 이 일관성은 데이터간 일관성이 완전히 보장되지 않아도 되는 응용분야에서 활용한다. 예를 들면, 음악파일 같은 데이터는 리믹스된 버전, 원본 버전 등의 일관성이 확보되지 않아도, 같은 노래라고 인식이 가능한데, 이 경우 느슨한 일관성이 활용될 수 있다. 즉, 느슨한 일관성은 어느 정도의 일관성의 차이는 인정될 수 있는 경우이며, 인정될 수 있는 일관성의 범위를 정하는 것이 중요하다.

반면에 엄격한 일관성은 원본의 데이터가 갱신되자마자 그 원본의 복제본을 가진 모든 차량이 이 데이터를 갱신하는 방법이다. VANET에서 사고 정보나, 장애물 경고 등은 안전과 관련된 중요한 정보이므로, 엄격한 일관성이 적용되어야하는 데이터로 볼 수 있다. 엄격한 일관성이 적용될 경우, 원본과 다른 복제본은 모두 사용을 할 수 없다. 델타 일관성은 일관성 유지에 어느정도 여유를 두는 기법이다. 예를 들면, 일정한 시간을 두고 그 기간 내에서는 사용하고 그 기간을 벗어나

면 다시 갱신하는 방법이다. 데이터의 복제본을 주면서 일관성을 일정시간 동안 보장해 주는 방법으로, 일정시간 동안은 느슨한 일관성과 같이 원본과 복제본 사이에 차이가 발생할 수도 있는 특징을 가진다. 교통량 등의 정보는 실시간 정보이지만 일정 시간 동안에는 교통량의 큰 차이가 없어 일정 시간 동안은 느슨한 일관성으로 가지는 방법이다.

현재 많이 사용하고 있는 협력캐싱에서 데이터 일관성을 확보하는 방법은 주로 느슨한 일관성기법과 델타 일관성기법이다. 이 경우 간혹 오래된 데이터가 사용자에게 전달될 수 있으며 사용자는 때때로 정확한 데이터, 다시 말하면, 원본과 동일한 데이터가 전송되지 않을 수도 있음을 인지하여야 한다. 이러한 상황을 방지하기 위해 MANET 및 무선 환경에서는 데이터 일관성 확보를 위한 연구가 이루어져왔다.

무선통신 환경에서 가장 많이 알려져 있는 데이터 일관성 확보 기법은 캐쉬 무효화 레포트 (IR: Invalidation Report)를 발송하는 방법이다 [7]. 무선 방송환경에서, 서버는 IR을 주기적으로 발송하고 클라이언트는 받은 IR을 기반으로 데이터 일관성을 유지한다. 그러나 VANET은 원본 데이터를 가진 차량과 복제본을 가진 차량이 빈번하게 연결이 끊어진다. 따라서 많은 노드들이 IR을 받을 수 없게 된다. 이를 보완하기 위해 최근에 릴레이-피어 기반 캐쉬 일관성 방법 (RPCC: Relay-peer based Cache Consistency)이 제안되었다 [3]. 그러나 이 기법은 엄격한 데이터 일관성을 보장하지 못한다는 문제가 있다.

본 논문에서는 VANET에서 자주 요구되는 엄격한 데이터 일관성을 유지하는 효율적인 캐싱 관리 기법을 제안하려 한다. 즉, IR 브로드캐스팅을 기본적으로 수행하되 IR 브로드캐스팅 주기가 너무 길면 질의 지연이 심각하게 커지는 것을 막고 또한 IR 브로드캐스팅이 주기가 너무 짧으면 갱신되는 데이터를 발송하는 통신 트래픽이 너무 커지는 것을 막는 방법을 제안한다. 제안기법에서는 원본을 가지고 있는 차량이 IR을 보내며, 데이터 사용빈도 및 업데이트 빈도를 감시하여, 상황에 따라 IR 주기를 조절 할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서 본 논문과 관련된 선행 연구에 대해 알아보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 3장에서 제안한 기법의 성능평가를 수행한다. 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

이 장에서는 본 논문과 관련된 기존의 연구를 살펴보고 기존 연구에서 제안한 기법을 분석하여 본 연구와의 차이점을

살펴보려 한다.

1. IR 기반의 캐쉬 무효화 기법

논문 [7]에서는 모바일 환경에서 IR (Invalidation Report) 기반의 캐싱 무효화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 서버는 매 δ 초마다 IR을 발송한다. IR은 현재의 타임스탬프 T_i 에서 (dx, tx) 로 이루어진 짝의 데이터를 포함하고 있다. 이때, dx 는 데이터베이스 내에 포함된 데이터 아이탬이고 tx 는 이 dx 의 데이터 아이탬의 최근에 업데이트된 타임스탬프이다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$IR_i = \{ \langle d_x, t_x \rangle \mid (d_x \in DB) \wedge (T_i - \omega * \delta < t_x \leq T_i) \} \quad (1)$$

여기에서 ω 는 발송하는 윈도우 크기를 나타낸다. IR 기법의 기본원리는 다음과 같으며 그림 1은 이를 도식화하였다. 우선 모바일 클라이언트가 T_i 와 T_{i+1} 사이에서 새로운 질의를 생성하면 클라이언트가 자신의 캐쉬에 해당 데이터의 복제본이 있는지 확인하고 복제본이 있다면, 다음 IR까지 기다려야 한다. 반면에 복제본이 없다면 클라이언트는 서버에 해당 데이터 dx 데이터를 요청하는 정보를 보낸다. T_{i+1} 시간에서 다음 IR을 받은 후에 클라이언트는 자신이 캐싱한 데이터의 복제본이 유효한지 확인한다. 복제본이 유효하면 질의는 노드 내에서 처리된다. 반면에 복제본이 유효하지 않으면 클라이언트는 서버에 질의요청을 하게 되고 질의는 T_{i+2} 후에 전송된다. IR 기반의 캐싱 무효화기법의 장점은 확장성과 에너지 효율성이다. 서버는 주기적으로 IR을 발송하고 클라이언트는 무선채널을 통해 IR을 듣고 자신의 캐쉬에 있는 데이터 복제본의 유효성을 확인한다. 본 기법은 IR을 듣는 모든 클라이언트에 적용가능하기 때문에 좋은 확장성을 가지며, IR을 듣지 않는 시간동안 통신모듈을 꺼놓을 수 있으므로 에너지 효율적인 방법이다. 그러나, IR 기반의 캐싱 무효화 기법은 VANET 환경에는 맞지 않는다. VANET 환경은 모바일 환경에 비해서 더욱 잦은 연결 끊김 현상이 발생한다. 또한, VANET환경에서는 노드들 개개인이 원본 데이터를 가진 서버 역할을 해야 하기 때문에, 서버들이 자유롭게 이동하는 상황이라고도 할 수 있는데, 이는 서버들이 매우 빈번하게 연결이 끊기고 연결됨이 반복되는 상황으로도 볼 수 있다. 이와 같이, 매우 자유롭게 서버들이 이동하는 환경에서 많은 IR이 복사본을 가지고 있는 노드들에게 전달되지 않아서, IR이 활용되지 못하는 상황이 빈번히 발생할 수 있다. 본 논문에서는 IR 기반 캐쉬 무효화 기법의 장점인 통신부하를 최소화 시키면서 IR이 효과적으로 사용될 수 있는 기법을 제안한다.

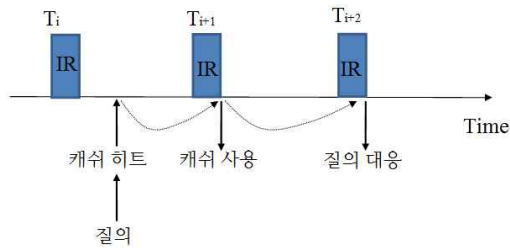


그림 1. IR 기반의 캐시 무효화 기법 예제
 Fig. 1. An Example of IR-based Cache Invalidation

2. MANET에서의 캐시 무효화 기법

모바일 환경에서 제안된 기존의 IR 기법은 MANET의 특수한 환경, 즉 연결이 자주 끊기고 모바일 노드의 높은 이동성 때문에 잘 적용되지 않는다. 지금까지 MANET에서 효율적으로 캐시 무효화를 수행하고자 하는 몇 가지 연구들이 진행되어왔으며, MANET 환경에서 캐시 무효화 기법을 적용한 대표적인 연구는 RPCC (Relay-peer based Cache Consistency) 기법이다 [3]. PRCC 기법은 캐시 무효화 기법에 PUSH 기법과 PULL 기법을 적용하였고, 중간에 노드 중에 낮은 이동성, 높은 에너지, 원본노드와의 높은 연결성을 가진 노드를 릴레이 노드로 선정한다. PULL 기법으로는 이 릴레이 노드는 연결된 노드로부터 캐시된 복제본의 유효성을 검증한다. PUSH 기법으로는 원본을 가진 노드는 복제본의 유효성을 검증하고 갱신하므로 원본 노드와 릴레이 노드까지 PUSH 기법을 적용한다. 하지만, RPCC 기법은 엄격한 데이터 일관성을 유지할 때 PUSH 기법과 PULL 기법 모두 같은 성능을 나타내어 엄격한 데이터 일관성을 적용하기 어렵다. VANET 환경에서는 교통정보와 같이 데이터의 갱신이 매우 중요한 정보가 전송되므로, 엄격한 데이터 일관성이 요구되는 경우가 많다. 따라서 IR 기반의 캐시 무효화 기법을 VANET에서 적용하며 엄격한 데이터 일관성을 유지할 기법이 필요하다.

III. 캐시 관리 기법

이 장에서는 본 논문에서 제안한 기법을 설명한다. 우선 본 기법을 설계함에 있어서의 시스템 모델을 제안하고 그 모델에 따른 기법을 설명한다.

1. 시스템 모델링

본 논문에서는 VANET 모델링을 함에 있어 각 차량은 통신 가능한 거리에 있을 때 차량 간 통신경로가 생김을 가정하

였다. 본 시스템에는 캐시 일관성을 검증하는 서버는 없고 무선 통신은 실제 상황과 비슷하게 페이딩과 멀티패스 효과를 가질 수 있게 설정하였다. 각 차량은 원본 데이터를 하나 이상씩 가질 수 있으며, 다른 차량의 원본 데이터를 제한 없이 모두 요구할 수 있도록 하였다. 본 시스템은 각 차량이 모두 자신의 메모리 공간이 MANET에 비해 풍부한 VANET 환경으로 설정하였다. 각 차량은 질의를 피어-to-피어가 아닌 브로드캐스팅방식으로 전송할 수 있도록 하였다.

세부적으로 각 차량은 자신만의 인식자를 가지고 있다. 본 시스템에서는 각 차량은 $\{N1, N2, N3, \dots, Nm\}$ 으로 표현하였으며 m 은 모든 차량의 수를 나타낸다. m 의 수는 VANET 환경에서 가장 빈번하게 생성될 수 있는 수를 기준으로 설정하였으며, 그 수는 평균 100대 정도로 설정하였다. 또한, 각 차량은 차량의 성격상 내부의 메모리는 충분히 크게 설정하였고, 본 실험은 고속도로가 아닌 시내의 일반 도로를 주로 주요 목적으로 함으로 각 차량의 속도는 10에서 50km/h으로 그 속도를 설정하였다.

또한, 차량에서 가지고 있고 다른 차량으로 전송하는 데이터의 크기는 모두 동일하게 설정하였다. 각 데이터 역시 각각의 데이터를 표기하는 인식자를 가지고 있고, 각각의 데이터는 $\{D1, D2, D3, \dots, Dn\}$ 으로 표현하였고, n 은 모든 데이터의 개수를 나타낸 것이다. 데이터 아이템은 원본을 가지고 있던 차량에서만 변형이 가능하다. 하나의 데이터 아이템은 원본을 가진 이외의 차량에서는 복제본만을 가질 수 있고 가질 수 있는 복제본은 제한이 없다.

본 시스템 모델링에서는 각 차량은 모두 질의를 요구할 수 있고 각 차량은 이를 우선적으로 자신이 가지고 있는 캐시와 비교하여 확인한다. 각 차량이 요구된 데이터를 캐시하고 있다면 각 차량은 캐시된 데이터를 사용할 것인지 아니면 캐시된 데이터의 일관성을 확인한 후에 사용할 것인지 결정한다. 각 차량이 질의에 대한 데이터가 캐시에 없다면 질의는 다시 다른 차량에게 방송된다. 이 경우 원본을 가진 차량이 이 방송을 듣게 된다면 이 질의에 대답할 수 있다.

2. 캐시 관리 기법

본 논문에서 제안하는 캐시 관리 기법은 IR 기반의 캐시 무효화 기법에 기인한다. 본 기법의 가장 큰 목적은 낮은 통신 비용으로 질의 지연을 줄이는 것이다. 기존의 대표적인 IR 기반의 캐시 무효화 기법은 바로 VANET에 적용하기 힘들다. 그 이유는 각 차량들이 매우 빠르고 역동적으로 이동하여 네트워크 단절이 매우 빈번히 발생하기 때문이다. 그러므로, 본 논문에서는 기존의 IR기반의 캐시 무효화 기법을 기반으

로 효율적인 기법을 제안하려 한다.

기존의 릴레이-피어 기반 캐쉬 일관성 방식 (RPCC) [3]은 엄격한 일관성을 유지하기 위해 PULL 또는 PUSH 방식으로 동작하여야 한다. PUSH 방식은 원본의 데이터가 갱신될 때마다 갱신된 데이터를 모든 노드에 전송하는 방식이고 PULL 방식은 각 데이터를 사용하려는 요청이 있는 경우에 갱신된 데이터를 그때그때 전송하는 방식이다. 즉, PULL 방식은 딜레이는 짧지만 너무 많은 데이터를 전송하여 많은 트래픽을 발생시키고 PUSH 방식은 IR 주기 때문에 트래픽은 작지만 딜레이가 너무 길다. 모바일 환경에서 트래픽을 덜 발생시키는 PUSH 방식이 좋지만 딜레이가 너무 길어서 딜레이를 줄이는 것이 필요하다.

딜레이를 줄이기 위해서 IR주기를 동적으로 조정하는 방식을 제안한다. 기존의 IR 방식은 특정 주기를 가지고 데이터의 업데이트 여부를 전파한다. 하지만 자주 사용하는 데이터가 있고 덜 사용하는 데이터가 존재하므로 모두 다 같은 IR 주기를 가지는 것은 비효율적이다. 이에 IR 주기를 동적으로 조절하기 위해서 데이터에 대한 질의요청 시간을 고려한다. 즉, 질의 요청 시간이 늘어나고 있으면 데이터의 캐쉬 히트 (cache hit)와 갱신이 느리게 일어나 원본을 가진 차량으로 질의요청이 드물다는 것을 의미한다. 이 경우 IR 주기를 늘리는 것이 효율적이다. 반대로 질의 요청 시간이 짧아질 경우 IR 주기를 줄이는 것이 좋다.

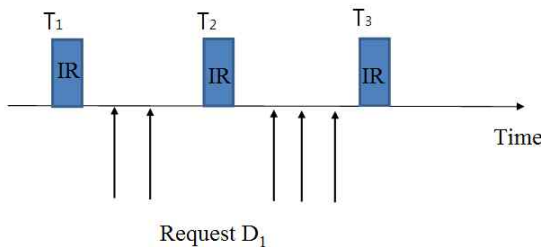


그림 2. RDA를 구하는 예제
Fig. 2. An Example to Calculate RDA

일단 하나의 데이터 아이템이 다른 차량에 의해 빈번하게 사용되면, 데이터 아이템의 IR은 질의 지연을 줄이기 위해 더 빈번하게 방송되어야 한다. 빈번한 방송이 많은 통신 트래픽을 발생시킨 하지만, 이는 질의 지연을 줄이기 위한 좋은 방법이다. 제안하는 기법이 PUSH 기법에 기반하고 있기 때문에 우선적으로 질의 지연을 줄이는 게 중요하다. 하지만 반대의 경우에 데이터 아이템의 IR이 빈번하게 방송될 필요가 없을 때는 이는 이득 없이 큰 통신 트래픽만 발생시키게 된다.

본 기법을 위해서는 우선 각 데이터 아이템의 접근 빈도를

예측하는 것이 필요하다. 본 기법에서는 각 차량은 다른 노드의 캐쉬 사용을 예측하고 각 노드가 데이터 아이템의 IR구간을 조절하게 한다. 우리의 측정 방법은 특정 조사 구간을 돕으로서 이 구간동안 원본을 가진 차량에 요청받은 요청의 수를 기반으로 한다. 이를 통해 다른 차량에서 특정 데이터 아이템이 얼마나 자주 사용되는지 알 수 있다.

그림 2은 우리의 측정 방법의 간단한 예제이다. 이 예제에서 원본의 데이터를 D1이라 하면 이는 원본을 가진 차량이 가지고 있는 다른 차량에서 요청하게 되면 이를 제공하게 된다. 이때 IR주기, 즉 IR이 한번 방송된 후 다시 방송되는데 걸리는 시간이 T라고 한다면, 원본을 가진 차량은 T시간 동안 원본 데이터를 몇 번 요청받았는지 계산한다. 그림에서 보면 T2-T1 구간엔 두 번 T3-T2구간엔 세 번 데이터를 요청 받았음을 알 수 있다. 즉 각각의 구간에서 측정된 데이터의 요청 횟수를 이전의 데이터 요청 횟수와 비교하여 크다면 이는 현재 본 데이터 아이템을 많이 사용하는 것이고 이전과 비교해 적다면 본 데이터 아이템을 적게 사용한 것이다. 최근의 데이터 접근 횟수는 RDA (Recent Data Accessibility)로 정의한다.

이렇게 측정된 RDA를 이용하여 IR주기를 조절할 수 있다. 주기는 최근의 시간을 그 이전의 시간과 비교하여 요청한 횟수가 더 크면 주기를 늘려주고 더 작으면 주기를 줄여주는 방법으로 수행한다. 이때의 주기(P) 계산 방법은 다음과 같다.

$$P = P - P * k \quad (T_{n+1} - T_n \geq T_{n+2} - T_{n+1}) \quad (2)$$

$$P = P + P * k \quad (T_{n+1} - T_n < T_{n+2} - T_{n+1}) \quad (3)$$

이때 k는 임계값으로서 시스템 환경에 따라 다르게 설정할 수 있으며 k값이 크면 클수록 더욱 환경에 잘 적용할 수 있다. 이와 같은 방법으로 데이터의 요청 빈도에 따라 IR의 주기를 변화시켜 줌으로서 엄격한 일관성을 유지하면서도 통신 과부하나 질의 지연에서 좋은 성능을 보이게 된다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameter

매개변수	값
네트워크 크기 (m2)	1000 * 1000
통신 반경 (m)	130
차량의 속도 (km/h)	10 ~ 50
시뮬레이션 시간 (sec)	1000
네트워크 갱신 주기 (sec)	100
차량내 원본 데이터 개수	5
질의 발생 비율 (질의/sec)	1

IV. 성능평가

본 연구에서 제안한 기법을 검증하기 위한 실험을 수행하였다. 실험은 성능평가를 위해 대표적인 네트워크 시뮬레이션 툴인 NS-3 [8]를 사용하였다. 차량의 이동은 manhattan 이동 모델을 활용하였으며, 차량 이동 관련 내용은 [9] 논문을 참조하여 유사하게 구현하였다. 이 실험에서 차량 노드의 개수는 100개로 정하였고, 차량의 이동은 1000m * 1000m 에서 2차원 도로로 간격 10m의 2차원 도로로 설정하였다. 많은 교차로를 가진 2차원 도로의 특성상 차량의 속도는 10~50km/h로 설정하였다. 시뮬레이션 시간은 1000초로써 총 20회의 시뮬레이션을 수행한 후 평균을 내어 각각의 실험 결과를 도출하였다. 각 차량의 통신 반경은 130m로 설정하였다. 세부적인 매개변수는 표 1과 같다.

본 실험은 협력 캐싱에서 강한 데이터 일관성을 유지하는 가장 많이 사용하는 방법 [3]과 본 논문에서 제안한 방법을 비교 분석하였다. 기존의 대표적인 강한 일관성을 유지하는 PUSH 방식은 통신과부하는 적으나, 질의 지연이 길고, PULL 방식은 질의 지연은 적으나, 통신과부하가 많은 방식으로 알려져 있다. 이러한 PUSH와 PULL 방식을 본 논문에서 제안하는 Adaptive 방식과 비교하여 본 논문에서 제안한 방법이 엄격한 일관성을 유지하면서 얼마나 좋은 성능을 보이는지 알아보았다. 성능 비교를 위한 측정기준으로 질의 지연과 통신 과부하 정도를 측정하였다. 측정기준의 세부적 내용은 다음과 같다.

- 질의 지연: 성공한 데이터 요청에 대해서 데이터 요청이 시작된 시간에서 데이터 요청이 완료된 시간의 평균값
- 통신 과부하: 성공한 데이터 요청에 대해서 데이터 요청이 시작된 시간에서 발생한 트래픽의 전체 합

그림 3은 엄격한 일관성 유지 시 PUSH 방법과 PULL 방법 그리고 제안하는 기법의 질의 지연 시간을 측정된 결과이다. PUSH 방식은 질의 발생 시 관련 데이터가 모두 갱신되었는지 확인해야 하므로 PULL 방식에 비해서 상당히 긴 지연시간이 존재한다. 본 논문에서 제안한 Adaptive 방식은 PUSH 방식에 비해 놀라울 만큼의 성능 향상을 보였다. 다만, PULL 방식에 비교해서는 30~40%정도의 지연시간이 더 소요되었다. 즉, 제안하는 기법은 엄격한 데이터 일관성을 유지하는 상황에서도 기존의 PUSH 방식에 대해 큰 성능향상을 보임으로서 PUSH 방식이 가지고 있는 긴 질의 지연시

간을 보장해주는 효과를 가지고 있다.

그림 4은 엄격한 일관성 유지 시 PUSH 방법과 PULL 방법 그리고 제안하는 기법의 통신 과부하를 측정된 결과이다. PULL 방식은 질의의 여부와는 관계없이 데이터가 갱신되면 관련된 복제본도 모두 갱신하는 방식으로 PUSH 방식에 비해서 많은 데이터를 전송해야 하므로 많은 통신 과부하가 존재한다. 본 논문에서 제안한 Adaptive 방식은 PULL 방식에 비해 절반 정도의 통신 과부하를 줄였다. 또한, PUSH 방식에 비해서도 약 20%정도의 통신 과부하가 발생했다. 즉, 제안하는 방식은 기존의 PULL 방식이 가진 큰 통신 과부하를 크게 줄였으며, 이를 통해 VANET 전체 통신량을 크게 줄일 수 있다.

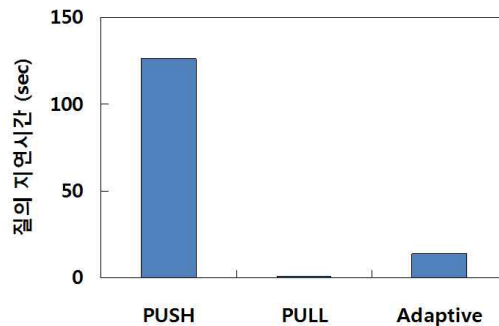


그림 3. 질의 지연 시간
Fig. 3. Query Delay Time

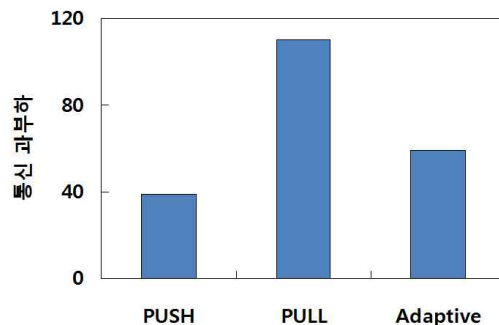


그림 4. 통신 과부하
Fig. 4. Communication Overhead

이 두 가지 측정기준으로 비교해본 결과 본 논문에서 제안한 방법은 PUSH 방법에 비해서 큰 질의지연 감소의 효과를 보였고, PULL 방법에 비해서는 통신 과부하가 좋아짐을 나타내었다. 또한, PUSH에 비해서 통신과부하가 크게 나빠지지 않았으며, 질의 지연에서도 PULL 방식과 비교하여 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 제안하는 기법은

PUSH와 PULL 방식이 가진 극단적인 통신 과부하와 질의 시간을 줄임으로서 실제 VANET 통신에서 사용가능한 방법임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 VANET 환경에서 사고 정보, 위험 정보 등의 활용 시 엄격한 데이터 일관성이 요구되는 중요한 정보에 대한 캐쉬 관리 기법에 대해서 제안하였다. 제안하는 기법은 각 차량이 가지고 있는 캐쉬 데이터에 대해 엄격한 데이터 일관성을 유지시키면서 동시에 질의시간을 줄이고, 통신과부하를 줄이기 위한 방법을 제안하였다. 제안한 기법은 각 차량이 자신이 가지고 있는 원본 데이터에 대한 IR을 방송하는 것을 기본으로 하고 요청한 데이터의 접근 빈도를 측정하여 이를 통해 IR의 주기가 동적으로 변화할 수 있도록 하였다. 이를 통해 기존의 강한 일관성을 보장하는 대표적인 두 방식, PUSH와 PULL 방식을 절충하여 질의 지연과 통신 과부하 측면에서 효율적인 캐쉬 관리 기법을 제안하였다. 즉, PUSH 방식이 가진 단점인 긴 질의 지연 시간을 줄이고, PULL 방식이 가진 단점인 많은 통신 과부하를 적절하게 줄임으로서 실제 VANET에 적용 가능한 모델을 제안하였다. 본 기법을 통해 향후 항상 일관성이 보장되는 엄격한 데이터 일관성을 유지하면서 VANET에서 많은 정보를 서로 공유할 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] V. Nambodiri, M. Agarwal, and L. Gao, "A study on the feasibility of mobile gateways for vehicular ad-hoc networks," In Proc. of the First International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, pp. 66 - 75, Oct. 2004.
- [2] H. Füßler, M. Torrent-Moreno, A. Transier, M. Festag, and H. Hartenstein. "Thoughts on a Protocol Architecture for Vehicular Ad-Hoc Networks," In Proc. of WIT 2005, pp. 41 - 45, Mar. 2005.
- [3] J. Cao, Y. Zhang, G. Cao, and L. Xie, "Data Consistency for Cooperative Caching in Mobile Environments," IEEE Computer, vol. 40, no. 4, pp. 60-66, Apr. 2007.
- [4] W. Wu, J. Cao, and X. Fan, "Overhearing-Aided Data Caching in Wireless Ad Hoc Networks," In Proc. of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, pp.137-144, Jun. 2009
- [5] L. Yin and G. Cao, "Supporting cooperative caching in ad hoc networks," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 5, no. 1, pp.77-89, Jan. 2006.
- [6] S. Lim, W. Lee, G. Cao, and C. Das, "Performance Comparison of Cache Invalidation Strategies for Internet based Mobile Ad Hoc Networks," In Proc. of IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems, pp.104-113, Oct. 2004.
- [7] G. Cao, "A scalable low-latency cache invalidation strategy for mobile environments," In Proc. of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, pp. 200 - 209, Aug. 2000.
- [8] The Network Simulator NS-3, <http://www.nsnam.org/>
- [9] Atulya Mahajan, Nirranjan Potnis, Kartik Gopalan, An-I A. Wang, "Urban mobility models for VANETs," In Proc. of the 2nd workshop on next generation wireless networks, pp. 1-8, Nov. 2006
- [10] Doohee Song, Kwangjin Park, "A Hierarchical Bitmap-based Spatial Index use k-Nearest Neighbor Query Processing on the Wireless Broadcast Environment," Korea Society of Computer Information, pp. 203-209, Jan. 2012.
- [11] Jae Soo Kim, Jeong Hong Kim, "Distance Ratio based Probabilistic Broadcasting Mechanism in Mobile Ad Hoc Network," Korea Society of Computer Information, pp. 75-84, Dec. 2010.

저 자 소 개



문 성 훈

1999 : 숭실대학교 공학석사
2007~현재 : 고려대학교 정보
통신대학 컴퓨터
학과 박사과정
수료
Email : moon842@korea.ac.kr



박 광 진

2000 : 고려대학교 컴퓨터학과
졸업(학사)
2002 : 고려대학교 대학원 컴퓨
터학과 졸업(석사)
2006 : 고려대학교 대학원 컴퓨
터학과 졸업(박사)
2006~2007 : 프랑스 국립컴퓨
터과학 연구소
(INRIA) 박사
후연구원
현재 : 원광대학교 전기정보통
신공학부 교수
관심분야 : 데이터베이스, 분산컴
퓨팅
Email : kjpark@wku.ac.kr