

# 차량 통신망에서 성능 효율적인 IP 이동성 관리 기법 (Efficient IP Mobility Management Scheme in Vehicular Networks)

전재성<sup>†</sup>    홍건호<sup>†</sup>  
(JaeSung Jeon)    (KunHo Hong)

이수경<sup>††</sup>  
(SuKyoung Lee)

**요약** 최근 차량 통신망에서는 차량 안전 및 도로 교통 서비스에 더하여, 차량 통신 사용자들에게 email, ftp, 비디오 스트리밍 등 인터넷을 통한 서비스를 제공하기 위한 기술을 개발 중이다. 특히 차량 통신망의 특수성을 고려한 IP 이동성 제공 기술의 연구가 필요하다. 차량의 이동성 관리를 위해 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)를 차량 통신망에 적용할 경우, 차량의 빠른 이동 속도로 위치 등록에 따른 신호비용이 증가되는 문제점을 가지고 있다. 특히 차량 밀도가 높은 도로에서 많은 차량들이 고속으로 이동을 하게 되면 위치등록에 따른 신호비용이 증가하기 때문에 본 논문에서는 이동하는 다수의 차량들을 한 번에 LMA(Local Mobility Anchor)에 등록할 수 있는 방법을 제안하여 신호 비용을 줄이는 것을 목표로 한다. 수치 분석 및 시뮬레이션을 통해, 제안방안이 기존의 PMIPv6를 적용한 방식보다 신호 비용 면에서 효율적인 것을 확인하였다.

· 본 연구는 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-531-2008-1-D00016)  
· 이 논문은 제36회 추계학술발표회에서 'PMIPv6 기반 차량 통신망에서 효율적인 이동성 제공 방안'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과  
jaesung@winet.yonsei.ac.kr  
undersky@cs.yonsei.ac.kr

†† 정회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
sklee@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2009년 12월 24일

심사완료 : 2010년 3월 2일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제6호(2010.6)

키워드 : Proxy Mobile IPv6(PMIPv6), 차량 통신망, 이동성 관리

**Abstract** Recently, Vehicular Networks is being developed to provide variety of services such as email, ftp, and video streaming services. As IP mobility technology, Proxy Mobile IP is developed to provide these services for a VANET user. By adopting Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6), Vehicular Networks can support IP mobility, but it may cause a proxy binding update (PBU) message when a vehicle moves from one MAG to another. In addition, if the density of vehicles on the road is high, significant PBU messages are generated.

In this paper, we propose bulk PBU message to reduce signaling overhead by those PBU messages when a bunch of vehicles move from one MAG to another. When the vehicles move from one MAG to another, it generates only one bulk PBU message to update those vehicle's location. Through numerical and simulation results, we show that our proposed bulk registration reduces signaling overhead when the density of vehicles and the speed of them are high.

**Key words** : Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6), Vehicular Networks, Mobility Management

## 1. 서론

최근 지능형 자동차를 위한 Intelligent Transportation System(ITS)의 핵심 기술로 부상하고 있는 차량 통신망은 차량 간 무선 통신을 기반으로 하고 있다. 차량 통신망은 차량 간의 무선 통신을 통해 V2V(Vehicle to Vehicle) 혹은 V2I(Vehicle to Infrastructure) 망을 구성하여 운전자의 안전, 원활한 교통흐름제어 등의 서비스를 제공해 왔다[1,2]. 이러한 안전, 도로교통 서비스에 더하여[3], 차량 통신 사용자들에게 email, ftp, 비디오 스트리밍 등의 서비스를 인터넷을 통해 제공하기 위한 기술이 주목을 받아오고 있다. IP를 기반으로 한 서비스를 원활하게 차량에 제공하기 위해서는 차량 통신망의 특수성을 고려한 IP 이동성 제공 기술의 연구가 필요하다.

차량 통신망의 이동성은 도로 및 지형에 국한되므로 이동할 수 있는 범위와 방향이 제한되어 있으며, 도로에 따른 차량 밀도 및 고속의 이동성이라는 특성을 갖는다. 따라서 이러한 차량 통신망에 기존의 IP 이동성 관리 기술인 PMIPv6[4]를 바로 적용하게 될 경우, 잦은 IP 할당과 위치 등록에 따른 추가 신호비용이 증가되는 문제점을 가져온다. 이동하는 다수의 차량들 각각을 대신하여 해당 Mobile Access Gateway(MAG)은 LMA로 Proxy Binding Update(PBU) 메시지를 보내고 LMA로부터 각 차량에 대한 Proxy Binding Acknowledge-

ment(PBA)를 받게 된다. 따라서 차량 밀도가 높은 도로에서는 많은 차량들이 고속으로 한 MAG의 관리 영역으로 이동해 온 후, 곧 다른 MAG의 영역으로 이동하기 때문에 다수의 PBA 및 PBU 메시지로 인한 차량 통신망 내 신호 비용이 증가하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 다수의 차량들의 LMA에 대한 등록을 한 PBU 메시지로 전송하는 Bulk registration 방식을 확장하여 도로의 밀도에 따라 차량 통신망에 적용한 알고리즘을 제안하였으며, 신호 비용 및 지연시간의 분석을 통해 제안되는 방식의 성능을 평가하였다. 또한 시뮬레이션을 통해서 제안 방식이 기존의 PMIPv6를 바로 차량 통신망에 적용한 경우보다 신호 비용 면에서 우수함을 알 수 있었다.

### 2. PMIPv6기반 차량 통신망의 Bulk 등록 방식

Bulk 등록 방식에서 MAG에 다수의 차량이 진입할 때, 하나의 PBU를 전송하기 위해서는 몇 대(n)의 차량들을 기다려서 한 그룹으로 설정해야 하는 지를 결정해야 한다. 도로의 차량 밀도가 낮은 도로에서 n이 커지면 그룹의 첫 번째 차량은 마지막 차량이 도착할 때까지 기다려야 하므로 시간지연이 발생할 수 있다. 따라서 제안하는 MAG은 도로의 차량 밀도 및 차량의 도착 시간 간격을 고려하여 그룹화를 한 후 Bulk 등록을 수행하게 된다.

차량 통신을 위한 Bulk 등록의 자세한 일련의 동작 과정은 다음과 같다(그림 1 참조).

그림 1의 과정1~4는 차량들이 MAG1의 영역을 벗어나 MAG2로 이동하게 되어 MAG2로 RS 메시지를 전송하게 된다.

그림 1의 과정5는 차량들로부터 RS 메시지를 받은 MAG2가 PMIPv6 동작과는 다르게 LMA로 PBU 메시지를 바로 전송하지 않고, 다수 차량 각각에 대한 PBU를 하나의 Bulk PBU(PMIPv6의 PBU 메시지와 같으나 다수의 차량을 위한 PBU임을 구분하기 위해 본 논문에서 b-PBU로 지칭함.) 메시지로 구성하여 LMA로 전달한다.

그림 1의 과정6은 PBU 메시지를 보낸 MAG2가 이에 대한 응답으로 LMA로부터 b-PBU에 해당하는 차량들의 MN-ID, Home Network Prefix(HNP) 등이 포함된 하나의 Bulk-PBA (b-PBA) 메시지를 받는다.

과정7에서는 MAG2가 차량들에게 Router Advertisement (RA) 메시지를 브로드캐스트하게 된다.

- b-PBU/b-PBA 메시지 구성

b-PBU 및 b-PBA 메시지는 [5]에 따라서 Mobility Options의 B bit를 1로 세팅하여 Bulk Registration 임을 LMA에게 알릴 수 있다. 각 차량의 PBU 및 PBA에

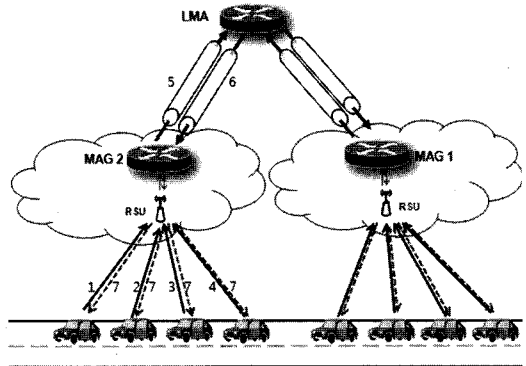


그림 1 PMIPv6 차량 통신망에서 차량 이동에 따른 제안된 Bulk 등록 절차

포함되는 MN-ID, HNP 등의 정보가 Mobility Options에 b-PBU 및 b-PBA에 그룹화 되어 포함된다.

- 제안 Bulk Registration을 위한 MAG의 동작

MAG은 b-PBU 및 b-PBA를 LMA와 교환한 후, 다음 그룹의 첫 이동 차량이 보낸 RS 메시지를 받으면 MAG은 타이머(timer),  $T_{timer}$ 를 타이머의 임계치인  $T_{MAX}$ 로 설정한다.  $T_{timer}$ 가 expire되면 ( $T_{timer} = 0$ ) LMA로  $T_{timer}$ 의 expire까지 도착한 차량들에 대한 b-PBU를 보낸다.

### 3. 성능 분석

본 장에서는 LMA에 대한 이동 차량의 등록을 위한 지연시간과 신호비용을 분석한다. 분석을 위해 MAG에서 차량들의 도착률은 포아송(Poisson) 분포를 따르는 것으로 가정하고, 그 평균치는  $\lambda$ 로 설정하였다. MAG의  $T_{timer}$ 는 다음 Bulk에서 첫 번째 차량이 도착해야만 시작되므로  $T_{timer}$  내에 도착하는 평균 차량 수, N은 다음과 같다.

$$N = 1 + \lambda T_{timer} \tag{1}$$

첫 번째 차량의 지연시간은  $T_{timer}$ 이고 첫 번째 차량을 제외한 N-1 차량들의 평균 지연시간은  $\frac{T_{timer}}{2}$ 가 된다. 따라서 차량 한 대당 평균 지연시간,  $T_{wait}$ 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} T_{wait} &= \frac{\text{All Waiting Time}}{\text{Number of Vehicles}} \\ &= \frac{T_{timer} + (N-1)(T_{timer}/2)}{N} \\ &= \frac{T_{timer}(2 + \lambda T_{timer})}{2(1 + \lambda T_{timer})} \end{aligned} \tag{2}$$

제안한 Bulk 등록 방식과 PMIPv6 적용 시, 차량 등록의 지연 시간분석을 위해 다음의 변수를 정의한다.

$T_{RS}$  : 이동 차량에서 MAG으로 RS 메시지 전송 시간

$T_{PBU}$  : MAG에서 LMA로 PBU 메시지 전송 시간

$T_{PBA}$  : LMA에서 MAG으로의 PBA 메시지 전송 시간

$T_{RA}$  : MAG에서 이동차량에 RA 메시지 전송 시간

차량 한대에 대해 PMIPv6 적용 경우와 제안 방식의 평균 등록 시간은 각각 다음과 같다.

$$T^{(PMIP)} = T_{RS} + T_{PBU} + T_{PBA} + T_{RA}$$

$$T^{(Bulk)} = T_{wait} + T^{(PMIP)}$$

$T^{(Bulk)}$ 는  $T^{(PMIP)}$ 에서의 전송 시간에 전송 전에 발생하는 평균 delay  $T_{wait}$  이 더 발생하게 된다. 한편, 신호 비용 측면에서는 제안 방식이 우수하며, 신호 비용 분석을 위해 다음 변수를 정의한다.

$C_{RS}$  : 이동 차량에서 MAG으로 RS 메시지 비용

$C_{RA}$  : MAG에서 이동차량에 전달되는 RA 메시지 비용

$C_{PBU}$  : MAG에서 LMA로 PBU 메시지 비용

$C_{PBA}$  : LMA에서 MAG으로의 PBA 메시지 비용

$C_{ip}$  : Bulk시 PBU와 PBA 추가되는 메시지 비용

제안한 Bulk 등록 방식과 PMIPv6 적용 시, n대의 차량에 대한 신호비용은 다음과 같다.

$$C_{PMIP}(n) = \sum_{i=1}^n (C_{RS} + C_{PBU} + C_{PBA} + C_{RA}) \quad (3)$$

$$C_{Bulk}(n) = \sum_{i=1}^n (C_{RS} + C_{RA}) + C_{PBU} + C_{PBA} + 2(n-1)C_{ip} \quad (4)$$

t 시간 동안 n대의 차량이 들어올 확률은

$$P\{N(t) = n\} = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \text{ 이므로, 식 (3)과 (4)를 이용}$$

하여 차량 한 대당  $T_{timer}$  시간 동안 신호비용을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C^{(PMIP)} = \left( \frac{1}{N} \right) \sum_{i=0}^{\infty} \left( \frac{(\lambda T_{timer})^i}{i!} e^{-\lambda T_{timer}} \right) \cdot C_{PMIP}(i+1) \quad (5)$$

$$= \left( \frac{1}{N} \right) (C_{RS} + C_{PBU} + C_{PBA} + C_{RA}) \cdot$$

$$\sum_{i=0}^{\infty} \left( \frac{(\lambda T_{timer})^i}{i!} e^{-\lambda T_{timer}} \right) \cdot (i+1)$$

$$= (C_{RS} + C_{PBU} + C_{PBA} + C_{RA})$$

$$C^{(Bulk)} = \left( \frac{1}{N} \right) \sum_{i=0}^{\infty} \left( \frac{(\lambda T_{timer})^i}{i!} e^{-\lambda T_{timer}} \right) \cdot C_{Bulk}(i+1) \quad (6)$$

$$= C_{RS} + C_{RA} + \left( \frac{1}{N} \right) \cdot$$

$$\sum_{i=0}^{\infty} \left( \frac{(\lambda T_{timer})^i}{i!} e^{-\lambda T_{timer}} \right) \cdot (C_{PBU} + C_{PBA} + (2i)C_{ip})$$

$$= C_{RS} + C_{RA} + \left( \frac{(C_{PBU} + C_{PBA}) + 2\lambda T_{timer} C_{ip}}{1 + \lambda T_{timer}} \right)$$

#### 4. 수치 및 시뮬레이션 결과

본 장에서는 제안된 Bulk 등록 방식과 PMIPv6 적용 시, 차량 한 대당 지연시간과 평균 신호비용 성능을, 수치 및 시뮬레이션 결과를 통해 비교 및 분석한다. 수치 결과는 앞 3장에 기반을 두어 도출하였고, 수치 및 시뮬레이션 결과를 위해 사용된 변수들의 값은 표 1과 같이 설정하였다[6-8]. 각 차량들의 이동 경로는 1차선 도로로 가정하였다.

표 1 수치 분석 및 시뮬레이션의 변수 값

Parameter	Value	Parameter	Value
$C_{RS}$	40 Bytes	$T_{RS}$	12ms
$C_{RA}$	40 Bytes	$T_{PBU}$	10ms
$C_{PBU}$	140 Bytes	$T_{PBA}$	10ms
$C_{PBA}$	140 Bytes	$T_{RA}$	12ms
$C_{ip}$	20 Bytes	$T_{timer}$	0.03 sec

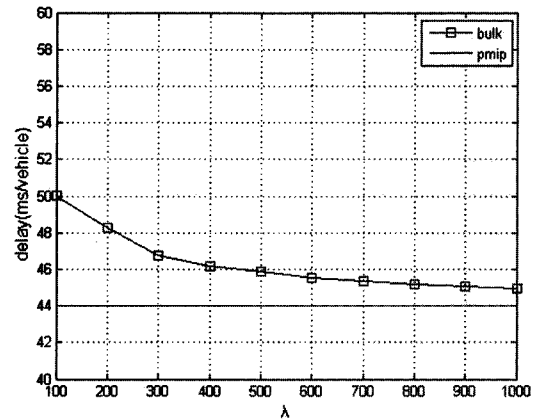


그림 2 λ의 변화에 따른 등록시간 비교

그림 2는 Bulk와 PMIPv6의 λ의 변화에 따른 차량 한 대당 평균 등록 시간이다. Bulk 등록을 사용하였을 때, 표 1 수치 분석 및 시뮬레이션의 변수 값 λ의 값이 증가할수록 차량 한 대당 등록 시간이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 λ에 변화를 주어 차량 한 대당 시뮬레이션 과수치결과의 신호비용의 값을 보여준다. 비교 분석을 위한 파라미터의 값은 표 1과 같으며, 각 차량들의 방향은 일정하게 설정하였다. PMIPv6는 λ와 상관없이 일정한 값을 보여주지만 Bulk는 λ가 증가할수록 여러 대를 그룹화하여 차량 한 대당 신호비용이 줄어들을 볼 수 있다. λ의 값이 초당 300대까지는 신호 비용이 급격히 감소하며, 300대일 때 약 40% 이상의 신호비용 절감이 발생하는 것을 볼 수 있지만 λ값이 300을 넘어서면 신호비용의 감소폭이 줄어들을 볼 수 있다.

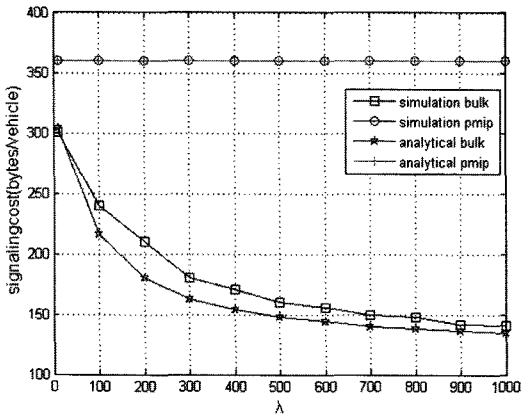


그림 3 λ의 변화에 따른 신호 비용 비교

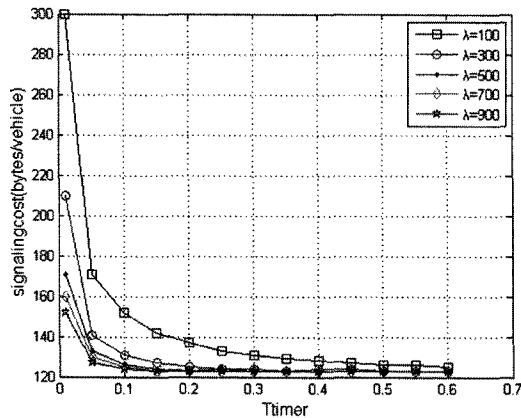


그림 4  $T_{timer}$  변화에 따른 신호비용

그림 4는 Bulk에서  $\lambda$ 와  $T_{timer}$ 의 변화에 따른 신호 비용의 결과를 보여준다.  $\lambda$ 와  $T_{timer}$ 의 값이 커질수록 차량 한 대당 신호비용이 줄어드는 것을 볼 수 있으며, 공통적으로 0.03~0.05 sec가 지나면 신호비용 값의 변화가 작은 것을 알 수 있다. Bulk 등록 방식을 하기 위한 MAG의  $T_{timer}$  범위는 0.03~0.05 sec가 지나면 비효율적이므로 효율적인 차량 등록을 하기 위해서는  $T_{MAX}$ 를 0.03~0.05 sec 미만으로 설정하는 것이 효율적이라는 것을 알 수 있다.  $\lambda$ 와  $T_{timer}$ 의 값이 증가하면 그룹화 되는 차량들의 수가 늘어나 차량 한 대당 효과적인 신호비용을 낼 수 있지만  $T_{timer}$  값이 증가하는 동시에 지연시간도 증가하여 차량 한 대당 등록시간이 증가하는 단점이 있다.

### 5. 결론

기존의 PMIPv6를 차량 통신망에 적용할 경우, 차량

등록 신호비용이 증가하는 문제점이 발생한다. 이에, 본 논문에서는 차량 통신망에서 이동하는 다수의 차량들을 한 번에 LMA로 등록시키는 Bulk 등록 방식을 제안하였다. 성능분석 및 시뮬레이션을 통해 다수의 차량들이 진입할 경우 PMIPv6 적용시보다 신호비용이 감소함을 증명하였다.

### 참고문헌

- [1] J. Blum, A. Eskandarian, and L. Hoffman, "Challenges of Intervehicle Ad Hoc Networks," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol.5, no.4, pp.347-351, Dec. 2004.
- [2] M. T-Moreno, M. Killat and H. Hartenstein, "The challenges of Robust Inter-vehicle Communications," *Proc. of the 62nd IEEE Vehicular Technology Conference(VTC '05)*, vol.1, pp.319-323, Sep. 2005.
- [3] Q. Xu, T. Mark, J. Ko, and R. Sengupta, "Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC," *Proc. of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad hoc Networks*, pp.19-28, Oct. 2004.
- [4] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," *IETF RFC 5213*, Aug. 2008.
- [5] D. Premec, B. Patil, and S. Krishnan, "Bulk Re-registration for Proxy Mobile IPv6," *draft-premec-netlmm-bulk-re-registration-03*, Oct, 2009.
- [6] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification," *IETF RFC 2460*, Dec. 1998.
- [7] K. S. Kong, W. J. Lee, Y. H. Han, M. K. Shin, and H. R. You, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," *IEEE Wireless Communications*, vol.15, no.2, pp.36-45, Apr. 2008.
- [8] H. Y. Choi, K. R. Kim, H. B. Lee, S. G. Min and Y. H. Han, "Smart Buffering for Seamless Handover in Proxy Mobile IPv6," *Wireless Communications and Mobile Computing*, Online published, 2009.