

논문 2010-47TC-6-5

u-TSN 시스템의 교통정보 수집을 위한 차량 이동속도에 따른 패킷 전송 방안

(Packet Transmission Scheme for Collecting Traffic Information based
on Vehicle Speed in u-TSN system)

배 정 규*, 한 동 석**

(Jeong Kyu Bae and Dong Seog Han)

요 약

u-TSN (ubiquitous-transportation sensor network) 시스템은 차량에서의 주기적인 정보를 노변장치가 수집하고 수집된 정보의 분석, 가공하여 교통정보를 제공하는 차세대교통시스템이다. 본 논문에서는 u-TSN 시스템에서의 교통정보 수집을 위한 차량에서의 메시지 전송방안을 제안한다. 기존의 시스템은 0.1초마다 차량 정보를 전송하는 것으로 되어 있다. 본 논문에서는 차량 속도에 따라 차량위치 정보의 전송 주기를 조절하는 알고리즘을 제안한다. 제안 전송방법의 우수성을 컴퓨터 모의실험을 통해 기존 방식과 비교 한다

Abstract

The ubiquitous-transportation sensor network (u-TSN) system is a next generation transportation system that provides traffic information through analysis and processing periodic information from vehicles. In this paper, we propose the adequate transmission scheme from vehicles for collecting vehicular information. The conventional scheme is transmitting each vehicle information every 0.1s. A variable transmission period scheme is proposed in this paper according to vehicle speed. The proposed and conventional schemes are compared with computer simulations.

Keywords: 차량 간 통신, WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments),
ITS(Intelligent Transportation System), u-TSN(ubiquitous-transportation sensor network)

I. 서 론

최근 확산되고 있는 IT 융합 추세에 맞춰 자동차와 통신기술을 융합하는 차량용 통신 및 ITS(Intelligent Transportation System)에 대한 연구가 전 세계적으로 활발하다. 각 국의 정부는 차량용 통신 및 ITS에 대한

연구를 통해 교통사고, 교통정체 등의 사회문제를 해결 하고자 하며, 자동차 및 IT 업계는 이동 중인 차량에서의 통신기술 개발을 통해 새로운 시장을 창출하고 있다.

국제적으로 차량용 통신에 대한 연구는 대표적으로 CALM(Communications Access for Land Mobiles)과 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)[1]의 표준화 작업과 차량 장치와 통신을 위한 인프라 구조, 안전주행 지원 시스템, 돌발 위험 경고 시스템 개발을 위한 SAFESPOT, CVIS, VSCC 등의 다양한 연구가 진행되고 있다. 국내에서도 차량용 통신 기술을 이용한 시스템의 연구가 활발하고 교통흐름 제어, 차량의 안전제어, 인포테인먼트 서비스 제공을 목표로 하는

* 학생회원, ** 평생회원-교신저자, 경북대학교 전자공학부

(School of Electronics Engineering, Kyungpook National University)

※ 이 논문은 교통체계 효율화 사업 “u-Tsansportation 기반 기술 개발” 연구단 과제와 2세부과제 “u-TSN 통신프로토콜 및 모듈 개발”의 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2010년2월23일, 수정완료일: 2010년6월8일

u-TSN(ubiquitous-transportation sensor network) 시스템에 대한 연구가 진행 중이다^[2].

u-TSN 시스템의 주요한 기능은 차량의 정보를 수집하고 수집된 정보를 분석, 가공하여 사용자에게 교통정보를 제공하는 것이다. 그러므로 u-TSN 교통정보 수집 시스템에서는 각 차량이 자신의 교통 정보를 노변장치로 주기적으로 신뢰성 있게 전송하기 위한 특별한 전송방법의 설계가 필요하다.

본 논문에서 u-TSN 시스템에서의 교통정보 수집을 위한 차량에서의 전송방법을 제안하였고, 성능 평가를 통해 u-TSN 교통정보 수집 시스템의 가능성을 확인하였다. II장에서는 u-TSN 통신 시스템과 교통정보 수집 시스템에 대해 살펴보고, III장에서는 u-TSN 시스템에서의 교통정보 수집을 위해 설계된 전송방법을 살펴본다. IV장에서는 제안된 전송방법에 대한 성능을 평가하고, 마지막 V장에서 u-TSN 시스템의 교통정보 수집 시스템에 대한 가능성을 살펴보고 논문을 마무리한다.

II. u-TSN 통신 시스템 개요

1. u-TSN 통신 시스템

u-TSN 시스템은 차량장치(UVS : ubiquitous vehicle sensor), 노변장치(UIS : ubiquitous infra-structure sensor)와 UTC(ubiquitous transportation center)로 구성된다. u-TSN 시스템은 서론에서 언급된 것과 같이 교통흐름 제어, 차량의 안전제어, 인포테인먼트 서비스 제공을 목표로 한다. 그러므로 차량 장치로부터의 주기적인 교통정보를 수집해야 하며, 수집된 정보는 센터로 전달되어야 한다. 또한 차량의 안전을 제어하기 위해 차량간, 차량과 노변장치간의 긴급 메시지 교환이 필요하고, 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위해 인터넷망으로의 접속이 요구된다. 이러한 요구사항을 만족하기 위해 UVS 간의 통신(V2V), UVS와 UIS 간의 통신(V2I)은 5.8GHz 대역의 IEEE 802.11a, UIS 간의 통신(I2I)은 2.4GHz 대역의 IEEE 802.11g 무선통신으로, UIS와 UTC 간의 통신(I2C)은 이더넷 통신이 적용된다.

u-TSN 통신 모듈은 IEEE 802.11a와 g의 물리계층을 기반으로 WAVE 표준이 구현되었다. 상위 계층에서는 IP를 기반으로 한 스택과 Non-IP를 기반으로 한 스택을 동시에 가진다. Non-IP를 기반으로 한 스택은 교통정보 수집과 긴급 메시지 전송을 위한 것이고, WAVE에 정의되어 있는 WSMP(wave short message protocol)가 구현

되었다. 그리고 IP를 기반으로 한 스택은 인포테인먼트 서비스 제공을 위해 TCP/IP 스택을 지원한다^[3].

u-TSN 통신 모듈은 정지 상태에서 14.24Mbps, 40km/h의 속도에서는 13.51Mbps, 100km/h의 속도에서는 11.24Mbps의 최대 처리율이 측정되었고 고속의 이동상황에서도 u-TSN 서비스를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

2. u-TSN 교통정보 수집 시스템

u-TSN의 교통정보 수집 시스템에서는 센터에서의 차량이동 추적, 교통흐름 제어 등의 목적으로 각 UVS의 위치정보, ID 정보, MAC 주소 등을 수집한다. 그림 1은 u-TSN 시스템에서 교통정보 메시지의 이동 흐름을 나타냈다. 각 UVS는 위치를 포함한 약 100byte의 정보를 주기적으로 현재의 위치에서 가장 가까운 UIS로 전송하고, UIS에 수집된 UVS 정보는 유선망을 이용해 UTC로 전달된다.

u-TSN의 교통정보 수집 시스템에서는 현재 구성된 네트워크의 UIS로부터 교통정보를 주기적으로 수집해 도로상황을 잘 파악 할 수 있어야하며, UTC에서 차량의 이동 및 차선 변경을 감지하기 위해 1m 이하의 UVS 이동을 감지할 수 있어야한다.

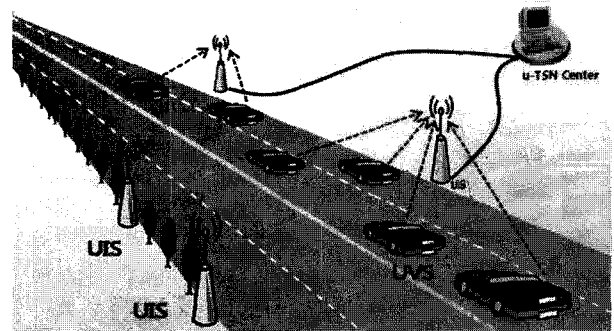


그림 1. u-TSN 시스템의 구성

Fig. 1. Configuration of u-TSN system.

III. u-TSN 교통정보 수집 시스템을 위한 UVS의 메시지 전송방법

1. 기존의 전송방법

u-TSN 교통정보 수집 시스템을 위한 UVS에서의 일반적인 전송방법은 그림 2와 같이 각 UVS가 GPS 정보 획득 주기인 100ms의 슬롯 내에서 임의로 선택된 시간에 UVS 교통정보를 전송하는 것이다. 이러한 방법

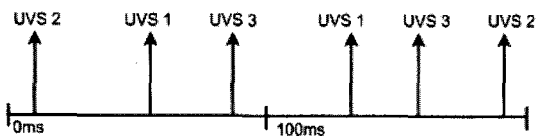


그림 2 UVS 정보 전송을 위한 임의의 전송방식
Fig. 2. Random transmission scheme for UVS information sending.

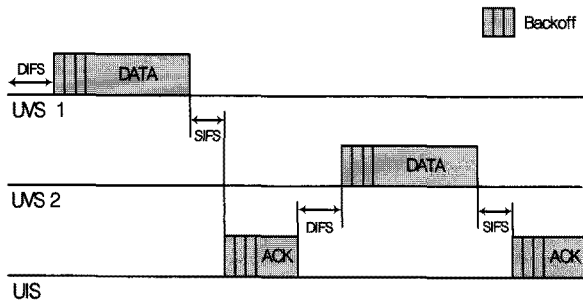


그림 3. IEEE 802.11a 표준에 따른 UVS 정보 전송
Fig. 3. IEEE 802.11a Standard for UVS information sending.

은 주기적으로 수신되어야하는 교통정보 수집 시스템의 요구사항을 만족하지 못한다. 예를 들어 UVS 1은 100ms 보다 짧은 시간간격으로 UIS에 수신될 것이고, UVS 2는 100ms 보다 긴 시간간격으로 UIS에 수신 될 것이다.

기존의 IEEE 802.11a 표준이 u-TSN 교통정보 수집 시스템에 적용되면 그림 3과 같은 과정을 거쳐 패킷의 전송을 마치게 된다. UIS로 전송되는 UVS 정보는 IEEE 802.11a 표준의 RTSthreshold 변수값 보다 작기 때문에 RTS, CTS 패킷의 교환 없이 DATA가 전송되고, UIS로 부터 ACK 패킷을 수신해 하나의 UVS 교통정보 전송은 끝나게 된다^[4]. 그러나 u-TSN 교통정보 수집 시스템에서는 각각의 UVS 교통정보의 신뢰성보다는 많은 UVS로부터 정보를 수신해 현재 도로에 구성된 네트워크 상황을 정확하게 파악하는 것이 더욱 중요하다.

2. 제안된 전송방법

주기적인 메시지 전송을 위해 각 UVS에서는 [0, 100ms] 범위에서 임의의 값을 시간오프셋으로 선택하여 매 100ms 슬롯의 시간오프셋에서 메시지를 전송하면 항상 일정한 주기로 UVS 교통정보를 전송할 수 있다.

u-TSN 교통정보 수집 시스템에서 더욱 많은 UVS로부터 교통정보를 수집하기 위해 UIS에서의 ACK 패킷 전송을 생략하여 UVS 교통정보 전송 용량을 늘리고, 매

표 1. UVS 정보의 전송주기 당 이동거리
Table 1. Moving distance for a transmission period.

UVS 속도 [km/h]	전송주기 당 이동거리 [m]		
	0.1 [sec]	0.2 [sec]	0.3 [sec]
12	0.33	0.667	1
18	0.5	1	1.5
36	1	2	3

시지 전송을 위해 채널에 접속하기 위한 ACK 패킷과의 경쟁을 감소시킬 수 있다.

u-TSN 시스템은 UTC에서 UVS 이동 및 차선변경을 감지하기 위해 1m 이하의 차량 이동을 감지해야한다. 그러나 차량이 정지해있거나 저속으로 이동할 때 GPS 위치 정보의 획득 주기인 0.1초로 UVS의 위치정보를 전송하는 것은 시스템의 요구사항보다 과도한 규격이 되고 불필요하게 통신용량을 증가시키게 된다. 그러므로 UVS의 이동속도에 따라 교통정보 전송주기를 적절하게 조절하여 요구사항을 만족하면서 통신량의 감소시킬 수 있다.

표 1은 메시지 전송주기와 속도에 따른 차량의 이동거리를 나타낸다. u-TSN 교통정보 수집 시스템의 요구사항을 만족하기 위해서 각 UVS는 이동속도에 따른 적절한 전송주기로 교통정보를 전송할 수 있다. UVS의 이동속도가 0~12km/h 일 때는 0.3초로, 13~18km/h 일 때는 0.2초로 전송할 수 있다. 19~36km/h 일 때는 0.1초로 전송이 가능하고 그 이상의 속도로 이동할 때는 속도에 맞는 주기로 전송을 해야 한다. 그러나 GPS 위치정보의 획득주기가 0.1초 이므로 이것보다 짧은 주기로 전송을 하더라도 의미 있는 정보는 0.1초마다 UIS로 수신되므로 최단 UVS 정보 전송주기는 0.1초가 되어야하며, UVS의 이동속도가 19km/h 이상일 때는 0.1초로 전송을 한다.

차량의 이동속도에 따라 메시지 전송주기가 0.2초 또는 0.3초가 되었을 때, 기존의 시간오프셋으로 메시지를 전송하게 되면 200ms 또는 300ms의 슬롯 내에서 초반의 0~100ms 구간에만 메시지가 전송된다. 그러므로 전송주기가 변하면 표 2와 같이 시간오프셋을 변경해 메시지 전송

표 2. 시간오프셋 갱신방법
Table 2. Update method of time offset.

UVS 속도 [km/h]	시간 오프셋 갱신
0~12	초기 시간 오프셋 + 100ms × random[0,2]
13~18	초기 시간 오프셋 + 100ms × random[0,1]
19 ~	초기 시간 오프셋

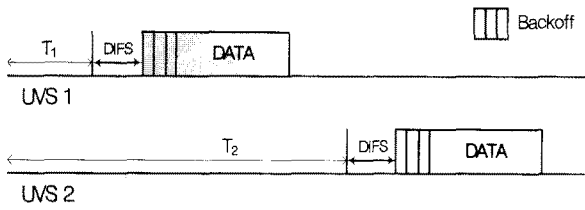


그림 4. 시간 오프셋 전송방법
Fig. 4. Transmission scheme with timing offset.

표 3. 100ms 당 최대 전송 패킷개수
Table 3. The number of packets can be transmitted for 100ms.

<i>IEEE 802.11a protocol</i>			
DIFS	+	SIFS	+ 2*Backoff + Data + ACK =
			34 μ s + 16 μ s + 270 μ s + 133 μ s + 19 μ s = 472 μ s
Maximum		packet	: 100ms/472 μ s = 211packets/100ms
<i>IEEE 802.11a protocol without ACK</i>			
DIFS	+	Backoff	+ Data =
			34 μ s + 135 μ s + 133 μ s = 302 μ s
Maximum		packet	: 100ms/302 μ s = 331packets/100ms

표 4. IEEE 802.11a 표준의 OFDM 인자값[5]
Table 4. The value of OFDM parameter of IEEE 802.11a.

인자	값	인자	값
SIFS	16 μ s	aslotTime	9 μ s
DIFS	34 μ s	aCWmin	15
ACK	14 bytes	aCWmax	1023

시점을 분산시킴으로써 다른 차량과의 메시지 전송 충돌을 감소시킬 수 있다.

그러므로 u-TSN 교통정보 수집 시스템에서는 기존의 전송방법이 변형되어 캐리어 센싱, 백오프, ACK 패킷의 생략, 시간오프셋, UVS의 이동속도에 따른 적응 주기 기법이 적용된 전송방법을 이용하여 그림 4와 같은 과정을 거쳐 UVS 정보를 UIS로 전송한다.

표 3은 각 UVS에서 전송하는 패킷간의 충돌이 없을 때, 100ms 동안 전송할 수 있는 최대 패킷의 개수를 계산한 것이고 ACK 패킷이 제거되면 이상적으로 36%의 전송 가능한 교통정보의 용량 개선이 가능하다.

IV. 성능평가

1. 실험환경

제안된 전송방법의 성능을 평가하기 위해 NS-2 시뮬레이터로 그림 5와 같은 교차로 상황을 가정하여 실험하였다. 교차로 중앙에 UIS가 있고 UIS 주위로 차량이 정지해있다. UIS 주변의 UVS가 100대까지는 앞뒤 간격이 5m, 100~200대까지는 10m, 그 이후로는 20m이다. UIS로부터 400m에 떨어져 있는 10개의 UVS는 UIS로 접근하면서 100km/h, 50km/h, 30km/h, 15km/h, 5km/h로 차례대로 속도를 감소시키며 이동하고 각 속도를 5초 동안 유지한 후 속도를 바꾸게 된다. 채널 모델은 Nakagami ($m=3, \gamma=1.9$), 메시지의 크기는 100byte, 대역폭은 20MHz, 전송속도는 6Mbps로 설정하였다[6].

시뮬레이션에서는 제안된 적응주기 전송방법과 기존의 임의 전송방법의 결과를 비교하였고, 교차로 근처에 차량의 수에 따른 네트워크의 평균 수신율, 이동하는 각 UVS의 교통정보 수신율, UIS에서의 패킷 수신 주기, UVS 위치 이동 감지 수준을 측정해 u-TSN 교통정보 수집 시스템의 요구사항을 만족하는지 확인하였다.

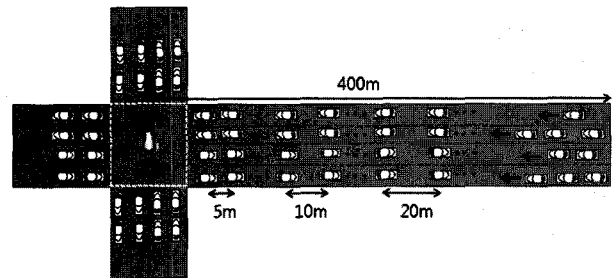


그림 5. 시뮬레이션 토폴로지
Fig. 5. Simulation topology.

2. 실험결과 및 분석

(1) 평균 수신율

UVS 수에 따른 네트워크의 평균 수신율을 그림 6에 나타내었다. UIS 주변의 UVS가 증가함에 따라 평균 수신율은 감소한다. 기존의 임의 전송방법을 이용한 교통정보 수집 시스템에서는 불필요한 ACK 패킷의 전송으로 알짜 교통정보를 전송할 수 있는 용량이 줄어들었고, 100대 이상의 UVS가 있을 때는 현재의 교통상황을 정확하게 반영하기 어려울 정도의 수신율이 측정되었다. 적응주기 전송방법의 경우, 정지 또는 서행하고 있는 UVS가 0.2초, 0.3초로 메시지를 전송하기 때문에 통신량이 크게 감소하여 UVS 수가 증가하더라도 전체 네트워크의 수신율은 99% 이상의 수신율을 유지할 수

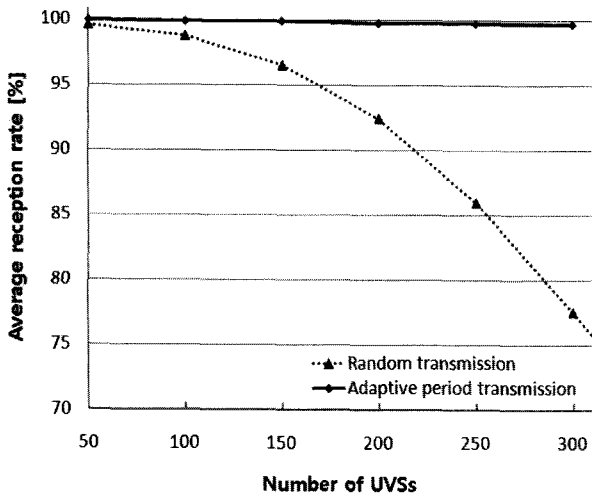


그림 6. 네트워크 평균 수신율
Fig. 6. Average reception rate.

있어 수집된 교통정보로부터 교통상황을 정확하게 반영할 수 있다.

(2) 각 UVS로 부터의 메시지 수신율

UIS 주변에 300개의 UVS가 있을 때 이동 중인 10개 UVS의 메시지 수신율을 그림 7에 나타내었다. UVS의 이동속도에 따른 적응주기 전송방법은 메시지 전송을 위한 UVS 간의 경쟁이 감소하고 시간오프셋이 적용되어 이동 중인 10개의 UVS는 거의 일정한 개수의 메시지를 전송할 수 있었다. 그리고 10개의 UVS가 모두 97% 이상의 메시지 수신율을 나타냈다. 임의 전송방법은 UVS 간의 경쟁이 많이 존재하고 각 UVS가 패킷을 전

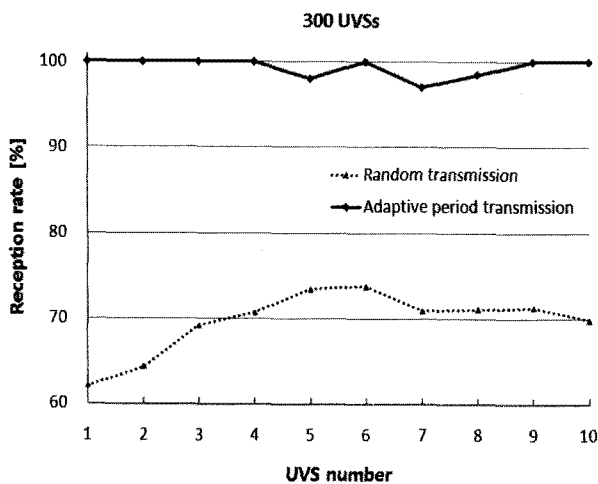


그림 7. 이동 중인 UVS가 있는 경우의 수신 (총 UVS 300개)
Fig. 7. Reception rate with moving UVS conditions with 300 UVSs.

송하는 기회가 공평하지 않아 전송하는 메시지의 개수가 UVS마다 편차가 컸다. UIS에서의 수신율도 10개의 UVS 마다 큰 차이가 있었고 62~73%의 수신율을 나타내었다.

(3) 이동 중인 UVS의 교통정보 수신 간격

그림 7과 같은 실험환경에서 UVS 1번의 이동속도에 따라 처음 15초간은 0.1초, 다음 5초간은 0.2초, 마지막 5초에서는 0.3초의 주기로 메시지를 전송하는 이동 환경을 고려하였다. 이를 통해 속도에 따라 다양한 주기로 교통정보를 전송하는 적응주기 전송방법을 실험하였다. 이 결과 그림 8과 같이 UIS에서도 거의 일정한 주기로 메시지를 수신할 수 있다. 속도에 상관없이 100ms의 슬롯 내에서 임의로 선택된 시간에 메시지를 전송하는 임의 전송방법은 UIS에서의 메시지 수신주기가 일정하지 않고 패킷손실에 의해 슬롯시간인 0.1초보다 큰 값을 가지는 것이 많이 발생하기 때문에 UVS 교통정보를 이용함에 있어 효율이 떨어질 것으로 생각된다.

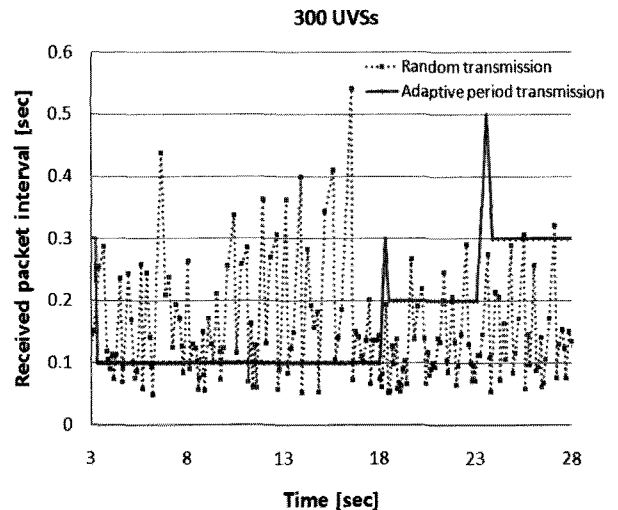


그림 8. UIS에서 수신된 메시지 시간간격
Fig. 8. Message reception interval at UIS.

(4) UIS에서의 UVS 이동감지

UVS는 자신의 교통정보를 전송할 때, 현재의 위치정보를 메시지에 실어 보낸다. 그림 7의 실험환경에서 이동하는 한 대의 UVS로부터 차례로 수신된 2개의 메시지 위치정보를 이용해 UVS의 이동감지 수준을 측정하여 그림 9에 나타내었다.

임의 전송방법은 패킷의 수신 간격이 일정하지 않고

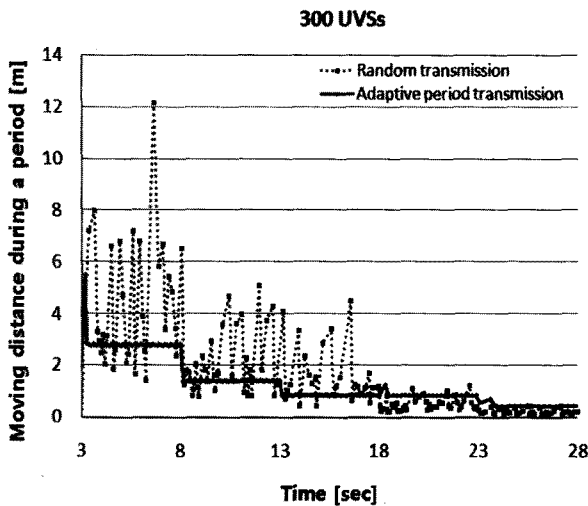


그림 9. 이웃 UIS 수신 메시지에 따른 UVS 이동거리
Fig. 9. Moving distance of UVS between two received messages at UIS.

패킷의 손실이 크기 때문에 UVS의 이동감지 수준이 일정하지 않다. 또한 저속으로 이동할 때에도 0.1초를 주기로 메시지를 전송하기 때문에 1m 이동감지 수준보다 낮게 차량의 이동을 감지하였고 불필요하게 정보를 자주 보내게 된다.

적용 주기 전송방법은 일정한 주기로 메시지가 송수신이 되기 때문에 일정하게 차량의 이동을 감지할 수 있고, 저속으로 이동할 때에도 1m 이동감지 수준을 만족하면서 통신량을 감소시킬 수 있다.

V. 결 론

u-TSN 교통정보 수집 시스템에서는 많은 차량으로부터 교통정보를 수집해 현재 네트워크의 교통상황을 잘 파악할 수 있어야 한다. 각 차량의 교통정보는 주기적으로 수신되어야 하며, 주기적으로 수신하는 메시지를 이용해 1m 이하의 차량이동을 감지할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 u-TSN 교통정보 수집 시스템에 적합한 메시지 전송방법을 제안하였다. 각 차량은 캐리어 센싱, 백오프, ACK 패킷의 생략, 시간오프셋, 적용 전송 주기를 이용해 u-TSN 교통정보 수집 시스템의 요구사항을 만족할 수 있다. 이러한 방법을 이용하여 1m 이하의 차량이동 감지, 주기적인 메시지의 수신을 만족하면서 통신량을 감소시킬 수 있었다.

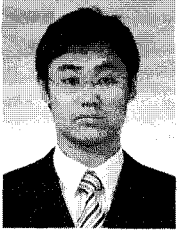
현재 자동차 기술과 첨단 통신기술을 이용한 ITS 시스템은 교통정체, 사고 등의 사회문제를 해결하기 위한

해결책으로 제시되고 있으며, 본 논문에서 제시한 메시지의 전송방법은 ITS 시스템에서 효율적인 차량정보 전송방법이 될 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE) - Networking Services," 2007.
- [2] 조한벽, "차량간 통신을 활용한 ITS/Telematics 서비스 구현 및 표준 현황," 한국통신학회지(정보와 통신), 제 25권 제1호 pp. 69-73, 2008년 1월.
- [3] 배정규, 우리나라, 송정훈, 안태식, 한동석, "u-TSN 서비스를 위한 IEEE 802.11a/g 기반 통신모듈 개발," 전자공학회논문지 TC, 제46권 제12호, pp. 117-124, 2009년 12월
- [4] Alberto Leon-Garcia and Indran Widjaja, Communication networks, 2nd ed., McGRAW HILL, 2004, pp. 446-459.
- [5] IEEE, "IEEE Std. 802.11-2007 Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 2007.
- [6] M. T. Moreno, Inter-Vehicle Communication : Achieving Safety in a Distributed Wireless Environment : Challenges, Systems and Protocols, Universitätsverlag Karlsruhe, 2007, pp. 35-50.

— 저 자 소 개 —



배 정 규(학생회원)
 2007년 경북대학교 전자전컴퓨터
 학부 학사 졸업.
 2008년~현재 경북대학교 대학원
 전자전기컴퓨터학부 석사
 과정

<주관심분야 : 차량용 통신, 차세대 방송시스템>



한 동 석(평생회원)
 1987년 경북대학교
 전자공학과 공학사
 1989년 KAIST 전기 및
 전자공학과 공학석사
 1993년 KAIST 전기 및
 전자공학과 공학박사

1987년10월~1996년 8월 삼성전자 기술총괄
 신호처리 연구소 선임연구원

1996년 8월~현재 경북대학교 전자공학부 교수

2006년 7월~2008년 7월 정보통신연구진흥원
 디지털TV/방송사업단 단장

<주관심분야 : 차세대 방송 시스템 및 이동통신
신호처리>