

ITS를 위한 Alamouti 기법을 이용한 차량 검출 성능 분석

Performance of Vehicle Detection Using Alamouti for ITS

김 승 종*
(Seung-Jong Kim)

박 인 환**
(In-Hwan Park)

김 진 영***
(Jin-Young Kim)

요 약

본 논문에서는 ITS 응용을 위한 Alamouti 기법을 이용한 효과적인 차량 검출 성능을 분석하였다. 차량 검출은 DSRC (Dedicated Short Range Communication) 기반의 하이패스 환경에서 실험하였다. 시스템 성능으로는 비트 에러 확률로 실험 결과 값에 대하여 분석하였으며, 실험환경은 진입차량의 속도를 60km/h로 가정하여 DSRC 기반의 변조방식인 ASK 기법을 적용하여 실험하였다. 또한 적용된 채널은 Rician 채널을 적용하여 LOS (Line of Sight) 환경을 고려하며 실험을 하였다. 또한 사용된 반송파 주파수는 일본 DSRC 시스템 하향링크를 참고하여 5.8GHz를 적용하였다. 실험결과로 안테나가 2개 일 경우와 Alamouti 기법을 적용할 때의 검출성능을 각각 나타내었으며, Alamouti 기법을 적용할 때 성능이 보다 개선되었음을 본 실험을 통해 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we analyzed performance of vehicle detection for ITS (Intelligent Transport System) applications. We simulated the vehicle detection at Hi-Pass System is based on DSRC (Dedicated Short Range Communication). DSRC is a wireless network using ITS, including GPS (Global Positioning System) satellites in conjunction with the national transportation system. The system performance is evaluated in terms of bit error probability. In the simulation, the vehicle speed is set at 60 km/h and carrier frequency is 5.8 GHz. Wireless channel is modeled as the Rician fading channel. In the transmitter, the ASK (amplitude shift keying) modulation scheme is applied. From simulation results, we confirmed that performance of applied Alamouti scheme is better than other systems.

Key words : Alamouti scheme, DSRC, ETC, MIMO

† "This research was supported by the MKE(The Ministry of Knowledge Economy), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program supervised by the NIPA(National IT Industry Promotion Agency)" (NIPA-2011-(C1090-1111-0005))

* 주저자 : LS산전 자동화제품연구소 연구원

** 공저자 : 광운대학교 전자융합공학과 석사과정

*** 공저자 및 교신저자 : 광운대학교 전자융합공학과 부교수

† 논문접수일 : 2010년 8월 25일

† 논문심사일 : 2011년 4월 13일

† 게재확정일 : 2011년 4월 14일

I. 서론

최근 전 세계 전반적인 문제로 교통 혼잡 문제가 대두되고 있어, 이를 해결하고자 ITS (Intelligent Transportation System) 시스템에 많은 관심이 쏠리고 있다 [1]. 따라서 본 논문에서는 현재 사용하고 있는 고속도로 및 터널 진입 시에 부과하는 자동 통행료 징수 서비스 시스템을 보다 효율적이고 높은 신뢰성을 얻기 위한 연구를 하였다. 흔히 국내에서 하이패스 (Hi-pass)라 불리는 자동 통행료 징수 시스템은 DSRC (Dedicated Short Range Communication)기반으로 통신이 이루어지는 시스템이다. 하이 패스 시스템은 자동차의 연비 감소, 교통체증 감소 및 환경적인 공기오염을 줄일 수 있어 그 수요가 날이 급증해 가고 있는 실정이다 [2-3].

하지만 하이패스의 장점에도 불구하고, 가끔씩 진입하는 차량을 미 인식하여 사고가 발생하는 사례가 늘어남에 따라 사용자들로 하여금 불안감을 심어주고 있다. 보고서에 따르면, 하이패스의 오작동 확률은 0.11%라 조사되었다. 이러한 이유로 하이패스 시스템에서 진입 차량을 정확히 센싱 하기 위해 DSRC를 기반으로 한 시스템을 연구하였다.

본 논문에서는 3가지 시나리오를 가정하여 성능을 비교 분석하였다. 첫 번째, 송신기와 수신기가 각각 1개일 경우, 두 번째, 송신기는 1개이고 수신기가 2개일 경우, 그리고 마지막으로 송신기와 수신기가 MIMO (Multiple Input Multiple Output)방식을 채택한 경우를 각각 가정하였다. 또한 실험과정에 있어서 고속도로 환경을 위해 Rician 채널로 채택하였으며, 차량 속도는 60km/h로 가정하여 실험하였다. 실험 결과를 통해, MIMO 방식에서 주로 사용되고 있는 Alamouti 방식을 적용하였을 때, 검출성능이 가장 좋아지는 것을 확인 할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 DSRC 시스템의 표준 및 특성을 검토하고, Alamouti 기법에 대하여 설명하였다. 제 III장에서는 모의실험을 통해 결과를 분석하였으며, 마지막으로 제 IV장에서는 결론을 맺도록 하겠다.

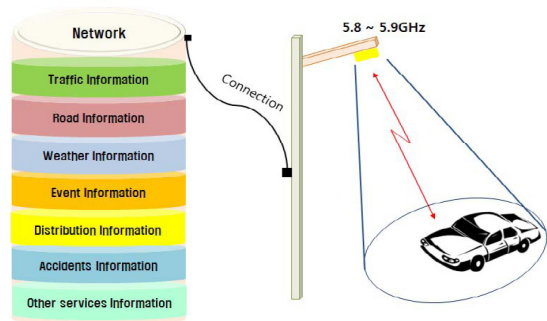
II. DSRC 시스템 모델

DSRC은 ETC (Electronic Toll Collection)에 적용되고 있는 시스템이다. <표 1>은 DSRC 시스템의 표준을 나타내었다. DSRC에서 사용되는 통신 방식에는 IR (Infrared)방식과 RF (Radio Frequency)방식이 있다.

<표 1> DSRC 시스템 표준
<Table 1> DSRC system standard

	Down Link	Up Link
캐리어 주파수	Class 1: 5597MHz Class 2: 5805MHz	Class 1: 5835MHz Class 2: 5845MHz
최대 전력	Class 1: 10mW Class 2: 300mW	Less than 10mW
대역폭	5MHz	5MHz
변조기법	ASK	ASK
데이터 부호화	Manchester	Manchester

또한 전송 거리에 따라 Class 1과 Class 2로 분류되는데, Class 1은 거리가 10미터 이내일 경우에 사용되고, Class 2는 전송 거리가 30미터 이내일 경우에 사용된다. 변조방식은 ASK (Amplitude Shift Keying)로 변조된 후 맨체스터 코딩을 거쳐 송신된다. 본 시스템에서는 TDD (Time Division Duplex)와 FDD (Frequency Division Duplex)가 적용될 수 있으며, FDD 사용 시 주파수는 40MHz 만큼 이격시켜 사용해야 된다 [4-6]. DSRC 시스템의 이용 예를 <그림 1>에 표현하였다.



<그림 1> DSRC 시스템 블록도
<Fig. 1> Block diagram of DSRC system

III. Alamouti 검출 방법

Alamouti는 시공간 부호가 적용되는 MIMO 시스템에서 신호를 검출하는데 사용되는 기법이다. 이 기법은 최초로 2개의 안테나에 대하여 복소 직교 설계를 이용한 송신 다이버시티 기법을 제안하였다 [7].

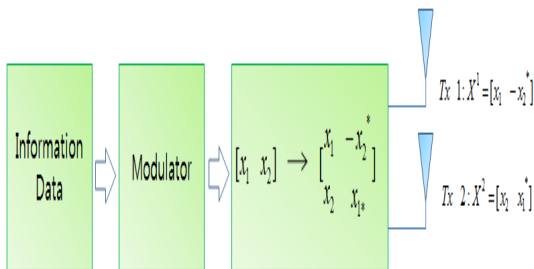
Alamouti 부호화기에서 두 개의 변조된 심벌 x_1 과 x_2 를 하나의 블록으로 하여 2개의 송신 안테나를 위한 송신 부호 행렬을 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$X = \begin{pmatrix} x_1 & -x_2^* \\ x_2 & x_1^* \end{pmatrix}. \quad (1)$$

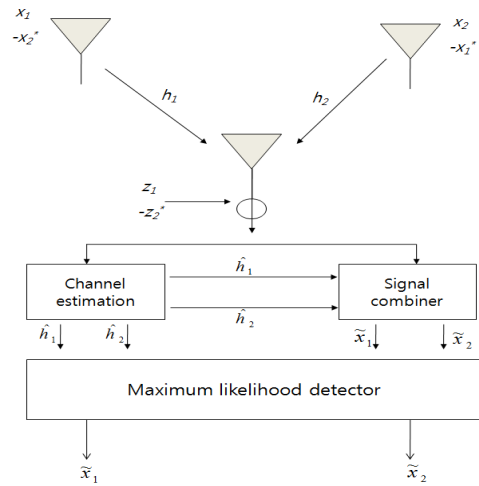
그리고 Alamouti 기법의 블록도는 <그림 2>에 표현하였다. Alamouti 부호화기의 출력은 2개의 송신 안테나로 2번의 전송 구간 동안 전송이 된다.

첫 번째 전송 구간 동안 두 심벌 x_1 과 x_2 는 각각 다른 안테나를 통해 전송이 된다. 두 번째 전송 구간에서는 $-x_2^*$ 값을 송신 안테나 1로 x_1^* 값을 송신 안테나 2로 전송한다.

또한 수신단에 있어 수신 안테나가 한 개라고 가정하면, ML (Maximum Likelihood) 복호기를 이용하여 신호를 복호할 수 있다. 두 개의 송신 안테나와 한 개의 수신 안테나 사이의 채널 계수 값을 $h_1(t)$ 와 $h_2(t)$ 라 하고, 채널 계수 값은 다음의 식 (2)를 만족한다고 가정한다.



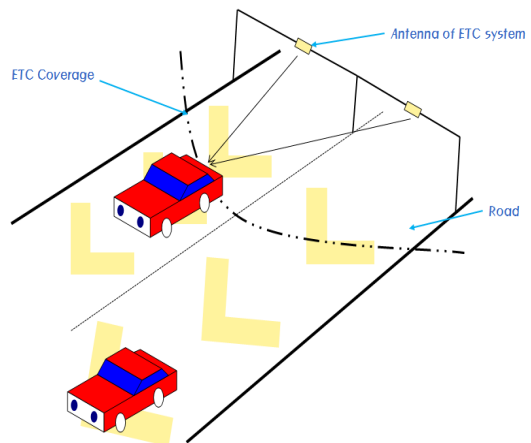
<그림 2> Alamouti 송신 시스템 블록도
<Fig. 2> Block diagram of Alamouti transmission



<그림 3> Alamouti 기법의 ML 복호기
<Fig. 3> ML decoder of Alamouti method

$$\begin{aligned} h_1(t) &= h_1(t+T) = |h_1|e^{j\theta_1}, \\ h_2(t) &= h_2(t+T) = |h_2|e^{j\theta_2} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, $|h_i|$ 와 $\theta_i = 1, 2$ 는 T 심벌 구간 동안 i 번째 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 크기 이득과 위상 이동 값이다. 수신 안테나에서는 t 시간과 $(t+T)$ 시간 동안 y_1 과 y_2 를 수신한다. Alamouti 복호를 위하여 사용되는 ML 복호화기를 <그림 3>에 나타내었다 [8].

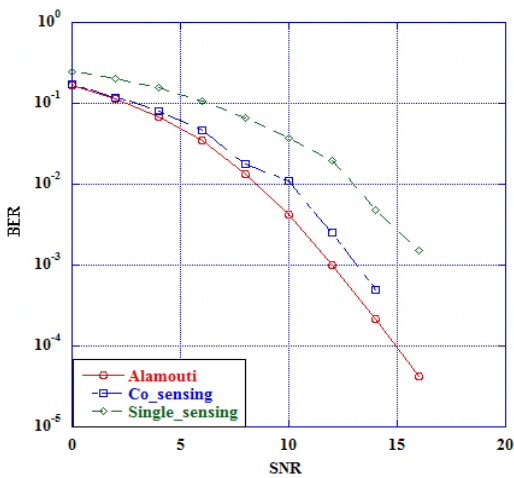


<그림 4> Alamouti 기법을 적용한 ETC 시스템 모델
<Fig. 4> ETC system model with Alamouti scheme

<그림 4>는 ITS 환경에서 Alamouti 기법을 적용한 ETC 시스템 모델을 표현하였다. 기존 ETC 시스템과는 달리 일정 범위에 들어오는 차량에 대하여 2개 안테나를 이용하여 신호를 수신한 후, ML 기법을 이용하여 신호를 복호를 함으로써 보다 신뢰적인 시스템을 구축할 수 있다.

IV. 모의실험

우리는 MIMO 시스템에서 사용되는 Alamouti 기법을 송신안테나 2개, 수신안테나가 1개인 상황을 고려하였으며, DSRC 시스템 방식 중 RF 방식을 채택하여 실험을 했다. 보다 신뢰적인 실험 결과 값을 얻기 위해 도플러 주파수가 적용된 채널을 적용하여 차량이 ETC 시스템 반경에 들어오는 진입 속도인 약 60km/h를 가정하여 실험을 하였다. 실험 시나리오는 크게 3가지로 나누어서 실험을 하였다. 첫 번째는 단일 검출 기법으로 하나의 송신 안테나 및 하나의 수신 안테나로 차량을 검출하는 방법으로 진행하였고, 두 번째는 수신 안테나를 병렬로 2개 일 경우를 생각하여 실험을 하였다. 이는 첫 번째로 생각했던 시나리오보다 좀 더 높은 검출 성능을 얻기 위하여 구상하였다.



<그림 5> 신호 검출 방법에 따른 성능 분석 결과
<Fig. 5> Performance according to signal detection method

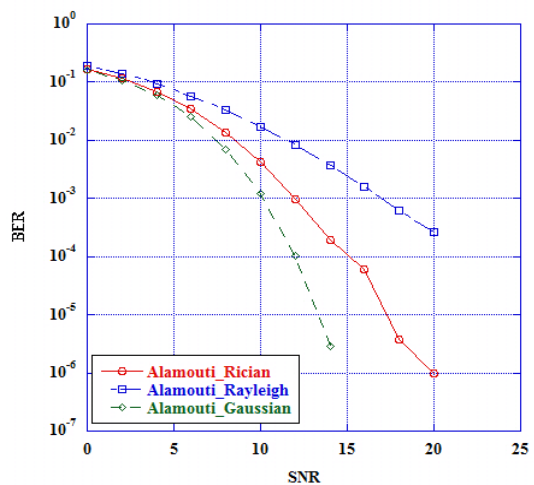
<표 2> 모의실험 파라미터
<Table 2> Simulation parameters

채널	Rician Fading Channel
캐리어 주파수	5.8GHz
진입속도	60km/h
변조기법	ASK
안테나 수	2 × 1

마지막 세 번째 시나리오는 MIMO 시스템을 적용하여 실험을 하였다. 모의실험 파라미터 값은 표 2에 나타내었다.

실험 결과에 <그림 5>와 같이 단일 검출기법이 가장 좋지 않았으나, 안테나를 병렬로 2개 검출한 방법과 약 3dB정도 차이를 보였다. 하지만 Alamouti 기법을 적용하여 실험한 결과는 두 번째 시나리오처럼 동일한 2개의 안테나를 사용 방법보다 좋은 성능을 얻을 수 있었다. 이는 Alamouti 기법에서 정보를 송신할 때 직교부호를 사용함으로써 다른 신호에 대한 간섭을 줄일수 있기 때문에 시스템 성능이 개선된 것으로 생각되어 진다.

또한 <그림 6>과 같이 Alamouti 기법을 적용한 상태에서 다양한 페이딩 채널이 적용되었을 때 채널에 따른 성능분석을 실험을 통해 나타내었다. 적용된 채널은 Rayleigh, Rician, Gaussian 채널로 3가



<그림 6> 채널에 따른 성능 분석 결과
<Fig. 6> Performance according to different channel

지 다른 채널을 적용하여 실험을 하였으며, 그 외의 파라미터 값은 동일하게 실험하여 성능결과를 얻었다. 실험결과로는 Gaussian 채널일 때 검출 성능이 가장 좋았으며 Rayleigh 채널을 적용했을 때와는 약 7dB 정도 성능 차이를 보였다.

V. 결 론

본 논문은 보다 신뢰적인 차량 검출 시스템을 구축하기 위하여 Alamouti 기법을 이용하여 다양한 채널환경과 송신 안테나 수에 변화를 주며 실험하였다. 실험을 통해 나타난 결과를 살펴보면, 2개의 안테나를 이용한 협력 센싱을 한 시스템 성능보다 Alamouti 기법을 사용한 MIMO 시스템이 좀 더 우수한 성능을 보였다. 이는 Alamouti 기법에서 신호를 송신하는데 있어, 서로 다른 직교 부호 방식을 이용하여 송신함으로써, 간섭을 주지 않아 성능이 개선되는 것임을 알 수 있다. 본 실험에서는 실제로 차량이 이동하는 환경과 비슷한 다양한 페이딩 채널 환경에 따른 성능을 얻음으로써, 보다 신뢰적인 차량 검출 성능결과를 보였다. 추후에 차량의 속도 및 주변 환경에 따른 좀 더 구체적인 채널 환경에서 실험을 한다면 향후 ITS 환경에서의 신뢰적인 차량 검출 시스템을 구축하는데 많은 도움이 될 것이라 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] 김진영, 지능형 교통 시스템, GS인터비전, 2009.
- [2] G. Xu, J. Liu, Z. Tao and X. Li, "The research and development of highway's electronic toll collection system," in *Proc. of World Academy of Science Engineering Tech.*, pp.231-235, July 2007.
- [3] M. Hiroshi and T. Hideo, "Electronic toll collection system of japan," in *Proc. of PIARC ITS in Road Network Operations*, pp.1-7, Aug. 2006.
- [4] S. Biswas, R. Tatchikou and F. Dion, "Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 44, no. 1, pp.74-82, Jan. 2006.
- [5] L. Le, A. Festag, R. Baldessari and W. Zhang, "Vehicular wireless short-range communication for improving intersection safety," *IEEE Commun. Mag.*, pp.104-110, Nov. 2009.
- [6] Y. Zhaosheng, *Introduction to Intelligent Transportation System*, China Communications Press, 2003.
- [7] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity scheme for wireless communications," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 16, no. 8, pp.1451-1458, Oct. 1998.
- [8] Y. S. Cho, J. K. Kim and Y. Y. Yang, *MIMO-OFDM Wireless Communication with MATLAB*, HongReung Publishers, 2008.

저자소개



김 승 중 (Kim, Seung-Jong)

2009년 : 청주대학교 정보통신공학과 공학사
2009년 ~ 2011년 : 광운대학교 전자융합공학과 석사과정
2011년 ~ 현 재 : LS산전 자동화제품연구소 PAC 파트



박 인 환 (Park, In-Hwan)

2010년 : 광운대학교 전파공학과 공학사
2010년 ~ 현 재 : 광운대학교 전자융합공학과 석사과정



김 진 영 (Kim, Jin-Young)

1998년 : 서울대학교 전자공학과 박사
1999년 : 미국 Princeton University, Research Associate
2000년 : SK 텔레콤 네트워크연구원 책임연구원
2009년 : 미국 M.I.T 공대 Visiting Scientist
2010년 ~ 현 재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수