

지능형 교통 시스템에서 UWB 기반 차량 통신 기법의 성능 분석

Performance Analysis of Vehicle Communication With Ultra Wideband in ITS

배정남, 김주찬, 김진영

광운대학교 전자융합공학과

Key Words : Intelligent transport system, TH-PPM, Ultra wideband, Vehicle communication

목 차

- I. 서론
- II. 차량 통신 서비스
- III. UWB 기반의 차량 통신 시스템
- IV. 모의실험 및 결과
- V. 결론

I. 서론

지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transport System)은 기존의 교통체계에 전자, 통신, 제어 등의 첨단기술을 접목시켜 교통의 이동성, 안정성, 효율성 및 교통 환경을 혁신적으로 개선하는 새로운 교통시스템이다 [1].

일반적인 통신 시스템의 경우 단말기간 통신을 위해서는 기지국을 거쳐 이동통신 사업자망을 사용해야 한다. 하지만 근거리에서 위치하는 다수의 단말기 혹은 통신기간에는 기지국을 통하지 않고 Ad-hoc 네트워크를 구성하여 Peer to Peer 통신을 할 수 있다. 차량 통신 또한 이러한 통신 기술과 개념을 차량에 적용하여 차량 통신 시스템과 이를 통한 다양한 서비스를 도출할 수 있다.

UWB(Ultra Wideband) 무선기술은 무선반송파를 사용하지 않고 500MHz 이상의 주파수 대역을 사용하거나 중심 주파수의 20% 이상의 주파수 대역을 사용하여 통신을 하는 시스템이다. 특히, 이 기술은 매우 좁은 펄스를 사용함으로써 잡음과 같은 매우 낮은 스펙트럼 전력으로 기존의 통신 시스템에 간섭 영향 없이 주파수를 공유하여 사용할 수 있으므로 주파수 효율을 높일 수 있는 기법이다. 최근에 주파수 대역이 광대역이면서도 고속 데이터 전송이 가능한 UWB의 특성을 이용하여 WLAN(Wireless Local Area Network) 및 WPAN(Wireless Personal Area Network)과 같은 근거리 광대역 통신에 응용되고 있다 [2].

본 논문에서는 UWB 기법을 적용한 차량 통신 시스템의 성능을 분석하였다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 II장에서는 차량 통신 서비스에 대해 소개하고, 제 III장에서는 UWB 기반의 차량 통신 기법의 성능에 대해 분석한다. 제 IV장에서는 모의실험을 통해 성능을 분석하고 마지막으로

제 V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

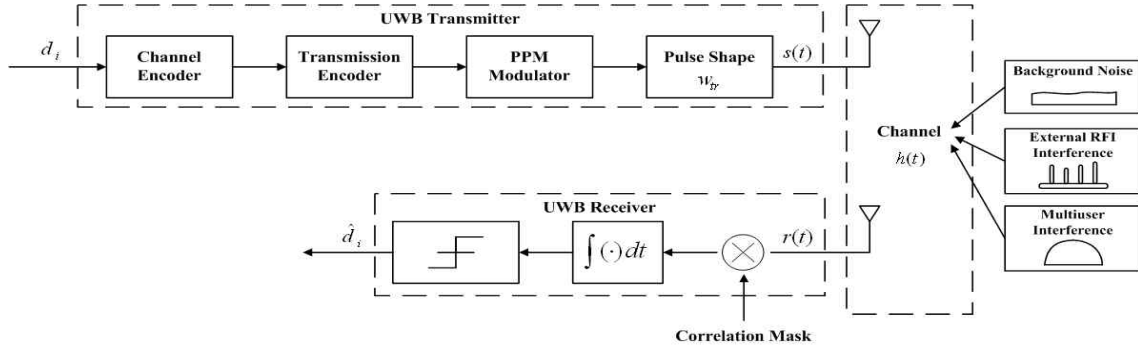
II. 차량 통신 서비스

그림 1은 차량 통신 시스템의 개요도를 나타낸다 [3]. 차량 통신은 이동 중이거나 정지중인 차량들 간 또는 차량과 기존 인프라 사이에서 신호 또는 데이터를 송수신하는 무선통신을 말한다. 넓은 의미의 차량 통신은 기지국을 거쳐서 차량 통신을 수행하는 방식도 포함하지만 실제적인 의미의 차량 통신 기술은 주로 사고예방 및 방지에 사용되는데 특히 전방 위협/사고 경보나 교차로 충돌 방지 및 경보 서비스 등에 활용된다. 차량 통신의 주요 서비스로는 교통정보, 엔터테인먼트, 생활정보, 차량 보안 및 차량안전주행 등의 서비스가 있다 [4].

운전자와 탑승자들에게 이러한 다양한 통신 서비스를 성공적으로 지원하기 위해서 가장 중요한 기능은 대용량의 데이터를 실시간으로 고속 전송 할 수 있어야 한다. UWB 시스템



<그림 1> 차량 통신 시스템



<그림 2> TH-PPM UWB 시스템의 송·수신 구조

은 광대역의 고속 데이터 전송이 가능하고, 근거리에서의 성능이 뛰어나기 때문에 차량 통신 시스템의 적절한 기법이라고 생각된다.

III. UWB 기반의 차량 통신 시스템

그림 2는 TH-PPM(Time Hopping Pulse Position Modulation)을 이용하는 UWB 시스템의 송수신 구조를 나타낸다. TH-PPM UWB 시스템의 송신 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다 [5].

$$s(t) = \sum_{j=0}^{N_s-1} \sqrt{E_b} w(t - jT_s - c_j T_c - d_i \delta), \quad (1)$$

여기서 $E_b = N_s E_{TX}$ 는 전송 파워, N_s 는 비트당 펄스의 수, d_i 는 변조되는 정보 데이터, T_s 는 모노 사이클 파형이 전송되는 주기, T_c 는 하나의 펄스에 대한 시간, δ 는 파형의 변조를 위한 시간 위치 변수를 나타낸다. c_j 는 j 번째 프레임에서의 시간 도약 부호로써 다중 접속을 위한 펄스 간 충돌 방지를 위해 $N_s T_c \leq T_s$ 를 만족해야 한다.

K 명의 사용자가 존재하는 환경에서의 수신 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다 [6].

$$\begin{aligned} r(t) &= \sum_{k=1}^K E_{RX}^{(k)} s^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \\ &= E_{RX}^{(1)} s^{(1)}(t - \tau_1) + \sum_{k=2}^K E_{RX}^{(k)} s^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \\ &= r_u(t) + r_i(t) + n(t), \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $E_{RX}^{(k)} = E_{TX}^{(k)} (\alpha^{(k)})^2$ 는 K -번째 사용자의 수신 신호 파워, $n(t)$ 는 AWGN(Adaptive White Gaussian Noise)을 의미하고, $r_i(t)$ 는 다중 사용자 간섭을 나타낸다.

수신단에서는 먼저 수신 신호 $r(t)$ 로부터 시간 정보와 의사 랜덤 코드의 패턴을 예측하여, 신호를 복원하기 위해서 상

관기(Correlator)를 이용한다. 수신단에서 기준 신호로 사용되는 상관 마스크(Correlation Mask) $m(t)$ 는 다음과 같이 정의된다 [7].

$$\begin{aligned} m(t) &= \sum_{j=0}^{N_s-1} v(t - jT_s - c_j^{(1)} T_c) \\ v(t) &= w(t) - w(t - \tau). \end{aligned} \quad (3)$$

수신단에서 상관 마스크를 이용하여 연판정(Soft Decision)을 통해 복조하면 상관기의 출력 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Z &= \int_{T_b} r(t) m(t) dt \\ &= \begin{cases} Z > 0 \Rightarrow \hat{d}_i = 0 \\ Z < 0 \Rightarrow \hat{d}_i = 1 \end{cases}. \end{aligned} \quad (4)$$

수신기의 성능은 상관기와 결정 변수 생성 방식에 따라 판단되고 AWGN 채널에서 K 명의 사용자가 존재할 경우의 TH-PPM UWB의 오류 확률(Probability of Error)은 다음과 같다 [5].

$$P_{r_b} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{2(\sigma_n^2 + \sigma_i^2)}} \right), \quad (5)$$

여기서 σ_i^2 는 다중 사용자 간섭의 파워 값으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_i^2 = \frac{N_s}{T_s} \left(\int_0^{T_s} \left(\int_0^{2T_m} w_0(t - \tau) v(t) dt \right)^2 d\tau \right) \sum_{k=2}^K E_{RX}^{(k)}, \quad (6)$$

여기서 T_m 은 $w(t)$ 의 시간 구간을 나타낸다.

식 (6)을 이용하여 오류 확률을 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

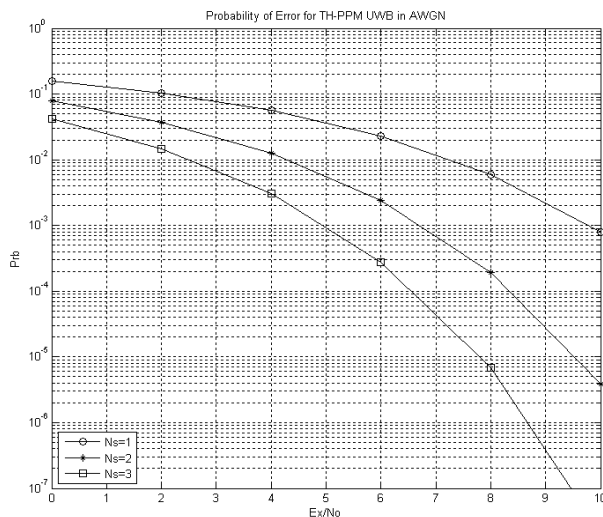
$$P_{r_s} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{\left(\left(\frac{E_b^{(i)}}{N_0} \right)^{-1} + \frac{(\gamma_R/2)}{R_b \sum_{k=2}^K \frac{E_{RX}^{(k)}}{E_{RX}^{(1)}} \int_{T_m} R_0^2(\tau) d\tau} \right)^{-1}}{2}} \right) \quad (7)$$

여기서 R_b 는 사용자의 전송 속도, $\gamma_R = (T_s N_s) / T_m R(t)$ 는 자기상관 함수를 나타낸다.

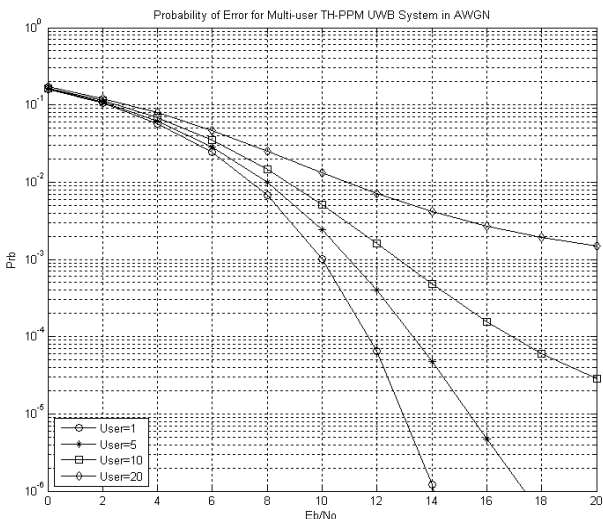
IV. 모의실험 및 결과

이번 장에서는 지능형 교통 시스템에서 TH-PPM UWB를 이용한 차량 통신 시스템의 성능을 모의실험을 통해 분석한다.

그림 3은 다중 사용자 간섭이 존재하지 않는 경우의 AWGN 채널에서 TH-PPM UWB 시스템을 사용하는 차량 통신 시스템의 오류 확률을 보여준다. 모의실험 결과, N_s 가 1



<그림 3> TH-PPM UWB 시스템의 오류 확률



<그림 4> 사용자수에 따른 오류 확률

일 때 10^{-3} 지점에서 E_b/N_0 10dB의 성능을 보였으며 N_s 가 증가할수록 성능이 향상됨을 알 수 있다.

그림 4는 AWGN 채널에서 사용자 간섭이 존재하는 경우의 사용자 수에 따른 TH-PPM UWB 기반 차량 통신 시스템의 오류 확률을 나타낸다. $\gamma_R = 1$, $R_b = 20\text{MHz}$ 를 사용하였다. 사용자의 수가 증가할수록 다중 사용자 간섭 파워인 σ_i^2 이 증가하기 때문에 성능의 열화가 발생함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 UWB 기반의 차량 통신 시스템의 성능을 분석하였다. 차량 통신은 이동 중이거나 정지중인 차량들 간 또는 차량과 기존 인프라 사이에서 신호 또는 데이터를 송수신하는 무선통신으로 주로 사고 예방 및 방지에 사용된다. UWB 시스템은 광대역의 고속 데이터 전송이 가능하고, 근거리에서의 성능이 뛰어나기 때문에 차량 통신 시스템에 적절한 기법이라 생각된다. 성능 분석 결과, 다중 사용자 간섭이 존재하지 않는 경우 N_s 가 증가할수록 성능이 향상됨을 알 수 있었고, 다중 사용자 간섭이 존재하는 경우에는 사용자가 증가함에 따라 σ_i^2 의 값이 커지기 때문에 성능의 열화가 발생함을 확인하였다. 차후 사용자 증가에 따른 간섭의 영향을 제거할 수 있는 방법에 대해 연구할 것이며, 본 논문의 결과는 TH-PPM UWB 기반의 차량 통신 알고리즘을 연구하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.
(NIPA-2010-(C1090-1011-0005))

참고 문헌

1. 김진영, *지능형 교통 시스템*, GS인터비전, 2009.
2. L. Yang and G. B. Giannakis, "Ultra-wideband communications: an idea whose time has come," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 21, pp. 26-54, Nov. 2004.
3. <http://www.mercedesbenz.com/>
4. 노광현, "텔레매틱스에서의 차량 간 통신 기술 동향," 자동차공학인 칼럼, 2006.
5. M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra-wide bandwidth time-hopping spread-spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 48, no. 4, pp. 679-691, Apr. 2000.
6. G. Durisi and S. Benedetto, "Performance evaluation of TH-PPM UWB systems in the presence of multiuser interference," *IEEE Commun. Letters*, vol. 5, pp. 224-226, May 2003.
7. A. R. Forouzan, M. Nasiri-Kenari, and J. A. Salehi, "Performance analysis of ultrawideband time-hopping code division multiple access systems: uncoded and coded schemes," *IEEE Int' Conf. on Commun.*, vol. 10, pp. 3017-3021, June 2001.