

SS 다중반송파 변조방식을 이용한 효율적인 차량 에드혹 네트워크 거리측정 기법

정회원 김 영 안*

An Efficient Vehicular Ad-hoc Networks and Ranging System Using Spread Spectrum Multi-carrier Modulation Scheme

Young An Kim* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 통신과 거리측정을 동시에 행하는 대역확산방식을 이용한 VANET에서의 거리측정 시스템에 다중반송파(Multi-Carrier) 변조방식을 적용한 시스템을 제안한다. 기존방식에서는 자기차량이 송신한 PN신호에 상대 차량의 정보를 실어서 재송신하고 자기차량은 대역확산에 의해 상대차량 정보를 파악하였으며, 동시에 송수신한 PN신호의 위상차를 탐지하여 차량거리를 정확하게 측정하는 것이 가능했다. 그러나 그 차량거리 측정의 문제점으로 위상차의 탐지 오차와 분석 능력을 높이기 위해 고속 PN신호가 필요할 수밖에 없다.

제안 시스템은 이러한 문제점 해결을 위해 다중반송파 변조방식을 적용했다. 다중반송파 변조방식은 단일반송파와 비교해서 Chip rate이 작은 PN신호를 사용함으로써 단일반송파와 동일한 주파수 대역에서 복수의 반송파 이용이 가능하다. 복수의 반송파는 등이득 합성법에 의해 합성되기 때문에 다이버시티 효과가 얻어져 위상차의 에러 검출을 방지하는 것이 가능하고 정밀 거리측정도 기존방식과 비교해서 우수하게 개선되었다.

Key Words : VANET, Ranging System, Spread Spectrum, Multi-carrier Modulation, EGC

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel Vehicular Ad-hoc Network(VANET) which includes communication and ranging features, using Spread Spectrum(SS) multi-carrier modulation scheme. In existing methods, a spread spectrum technique was used to communicate with other vehicles and ranging was possible by detecting phase difference between transmission/reception of the PN signal. However, the use of high-speed PN signals is mandatory to detect possible errors of phase difference and to increase the analysis capacity.

In the proposed system, multi-carrier modulation scheme was used as solution of mentioned problem. The multi-carrier modulation scheme uses smaller PN signal and chip-rate than the single-carrier modulation, so it is possible to send multiple carrier waves using the same frequency range. This technique (multiple carrier waves) allows to have the Equal Gain Combining (EGC) diversity effect, providing better result in phase difference error detection and ranging accuracy.

I. 서 론

최근 IT기술은 우리의 생활 속에서 다양한 형태

로 현실화되고 있다. 특히, 차량의 경우 세계적으로 지능형 차량 교통체계(ITS: Intelligent Transportation System)에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있다^[1].

* 국방대학교 전산정보학과(roundsun@kndu.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-03-135, 접수일자 : 2009년 3월 31일, 최종논문접수일자 : 2009년 6월 26일

특히, 차량간 멀티홉 통신을 하는 차량 에드혹 네트워크(VANET: Vehicular Ad-hoc Network)를 구축할 수 있는 방법이 크게 각광을 받고 있다. 그러나 차량이나 관련시스템의 증가에 비해 교통사고 증가나 교통정체 발생이 또 다른 사회문제로 대두되고 있다^{[1][2]}.

자동차 운전은 자동차 정보(제동, 좌/우회전, 후진 등)를 브레이크, 후진등, 방향지시기에 의해 표시나 차간거리, 타 차량 속도 등은 운전자의 감각, 경험에 기초로 한다. 따라서 교통사고의 원인은 운전자가 얻는 시각정보에 영향을 많이 받으며, 최종적으로는 운전자 부주의에 크게 의존되는 것이다. 이 때문에 이러한 운전자의 의존성을 개선하여 사고를 미연에 방지하기 위한 대책이 계속해서 논의되고 있다. 그러나 아직까지 교통정체가 개선되지 않는 이유는 자동차 위치를 제어하는 시스템의 부재와 현존하는 네비게이션 시스템(GPS 등)으로 충분한 차량밀도 측정이 불가능하기 때문이다. 이런 이유에서 교통사고·정체에 관한 문제점 개선을 위해서 근거리 차량통신이 제안되었다^[3]. 이것은 근거리를 달리는 자동차간에 속도, 가속도, 차량거리 등의 정보를 통신하는 것이다. 이 방식을 GPS 등과 조합하여 보다 정확한 위치정보를 얻을 수 있어, 원활한 운전을 할 수 있는 시스템 개발도 가능하게 되었다^[3].

한편, 대역확산(SS: Spread Spectrum)은 내방해성, 내간섭성에 우수하고, 통신과 거리측정을 동시에 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 차량통신에 SS를 이용하는 것은 통신과 동시에 차량간 중요한 정보인 차간거리 측정이 가능한 대단히 유효한 방식이다. 통상 SS에서는 각 사용자가 서로 다른 확산부호를 할당해서 통신을 하는 부호분할다중접속(CDMA : Code Division Multiple Access) 방식이 있다. 그러나 이 방식은 주파수 이용효율이 높다는 이점과 함께 상대의 확산부호를 사전에 인지해야만 통신을 할 수 있는 결점도 있다. 한편, 단거리 차량통신에 있어서는 정보를 교환할 상대가 우연히 주위에 있는 차량이 되기 때문에 임의의 상대 확산부호를 알 필요가 없다. 이것에 대해 각 차량이 각각의 확산부호를 가지고 있으면 다른 임의의 차량의 정보를 얻을 수 있는 SS 부메랑 통신방식이 제안되었다^{[4][6]}. 그러나 간접 차량이 있기 때문에 충분히 정확한 정보의 차량거리 측정 및 정보교환이 이루어지지 않으며, 또 고속의 PN신호가 필요하게 된다. 이를 해결하기 위해 다중반송파 변조방식을 적용하면 고속 정보처리의 필요성, 페이징 대

책을 위해 각 반송파를 직교하여 중첩시키는 것이 가능하여 대역을 효율하게 이용할 수 있다^{[7][8]}.

본 논문에서 직교형 반송파 변조(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)를 이용한 SS 다중반송파 부메랑 통신방식을 제안한다. SS 부메랑 통신방식에 있어서 단일반송파를 이용하는 것에 대해서 OFDM을 이용하므로 복수의 반송파를 등이득 합성법(EGC: Equal Gain Combining)을 사용 다이버시티 효과를 이용하여 단일반송파 이상의 프로세스 이득을 얻을 수 있기 때문에 위상차에 의한 Peak의 오류 검출을 줄일 수 있다. 그 때문에 거리 측정의 오차가 작아서 고품질 정보처리가 가능하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 관련연구와 시스템 모델을 설명하였고, 3장에서는 제안시스템을 상세히 설명하였으며, 4장에서는 제안 시스템에 대한 성능평가를 실시하였다. 마지막 5장에서 논문의 결론을 맺었다.

II. 관련 연구

지금까지 <그림 1>과 같이 VANET환경에서 차간거리 측정을 위한 노력으로 대역확산을 기반으로 한 부메랑 통신방식이 제안되었다. 이장에서는 기존에 제안된 통신방식에 대해 분석한다.

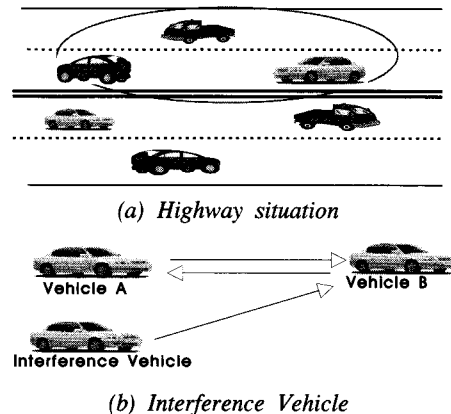


그림 1. VANET 모델

2.1 SS 부메랑 통신방식(Boomerang Method)^[5]

일반적으로 차량통신에 있어서 문제가 되는 것이 도로 및 다른 무선 환경에 있다. 현재 상황으로 여러 가지 기존의 무선통신 시스템이 존재하기 때문에 그것들의 영향을 받기 쉽고, 또 기존 시스템에 방해를 주지 않도록 시스템 설계가 필요하다. 이러

한 점들을 고려할 때 지향성 등에 우수한 변조방식을 이용한 대역확산방식이 상당히 유효한 수단이다. 따라서 본 논문에서는 광변조에 의한 대역확산통신을 이용한 SS 부메랑 통신을 이용한다. SS 부메랑 통신은 각각의 차량에 하나씩 확산부호가 있으면 다른 임의의 차량과 통신이 가능하게 되는 획기적인 방법이다.

<그림 2>에서와 같이 전후를 달리는 차량 A(Vehicle A)와 차량 B(Vehicle B)사이의 정보교환 모양을 나타낸 것이다. 먼저 차량 B가 차량 A의 정보를 얻기 위해 자국의 PN부호 PN_B 를 차량 A를 향해서 송신한다. 본 연구에서는 이것을 Request Transmission(TX)라고 한다. 차량 A가 이것에 자국의 정보 $D_A(t)$ 을 곱해서 돌려보낸다. 이것을 Reply Transmission(RX)라고 한다. 이 신호는 차량 A 정보를 차량 B 부호에 의해 대역확산 변조한 것이므로 차량 B는 복조를 할 수 있다. 결과적으로 차량 간 통신이 가능하며 통신간 지연시간을 이용하여 차량 A와 차량 B간의 거리를 측정할 수 있다.

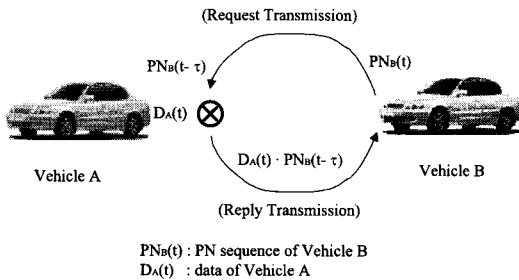


그림 2. SS 부메랑 통신

2.2 다중 반송파 변조방식^{[9][10]}

SS 브레랑 통신에서는 전송방식으로 광 진폭변조를 사용했다. 그 때문에 정밀한 거리측정(예 1m)을 위해 고속 PN신호가 필요하게 되어 시스템 구성이 복잡해 문제가 되었다. 또 간섭파가 존재할 경우 신호 대 간섭파신호비가 적을 경우에는 차량 거리 측정 및 타 차량의 정보검출 오차가 생기게 되었다. 이러한 문제점의 개선책으로 다중반송파 변조방식을 적용하게 되었다. 다중반송파는 고품질로 고속으로 정보처리의 필요성 증가(멀티미디어 등), 페이지에 강한 이점을 가지고 있는 점이 주목을 받게 되었으며, 여러 가지 방식이 제안되었다.

본 제안방식에는 각 반송파의 부호장, 비트간격, Chip-rate 등을 고려해서 OFDM을 사용한다. 먼저 송신측에서는 단일 반송파에 의한 비트간격이 T_b 의

정보 비트계열을 반송파수 P개의 계열에 병렬로 변환한다. 이를 위한 다중반송파에 의한 비트간격은

$$T = PT_b \tag{1}$$

식(1)처럼 나타낸다. 그래서 먼저 병렬처리를 하기위해 나눈 각 반송파는 각각 동일한 정보를 갖고 S본의 동일한 반송파로 나누어진다. 여기서 동일한 정보를 전송하는 S본의 반송파는 하나의 그룹 $p(=1, 2, \dots, P)$ 을 형성한다. 다음으로 모든 정보계열은 $T = NT_c$ 가 되고 칩수 N, 칩간격 T_c 의 PN부호에 의해 확산된다. 그래서 직교형 다중반송파로 변조한다. 그 $P \times S$ 개의 주파수대는 동일한 정보를 보내는 반송파들(그룹 p)의 주파수 분리가 최대로 되기 위해 <그림 3>처럼 배치된다.

이때 송신에 필요한 주파수 대역폭은 $T_{cl}/2$ 로 나타낸다. 여기서 T_{cl} 은 단일반송파($P=S=1$) 일때 PN부호의 칩 간격이다. 다중반송파와 단일반송파의 비교를 위해 P와 S의 값을 변화시켜도 대역폭이 일정하게 되기 위해 PN부호의 칩 간격 T_c 은 식(2)와 같이 부여한다.

$$T_c = \frac{PS+1}{2} T_{cl} \tag{2}$$

여기서 $T_c = PT_b/N$ 이고, $T_{cl} = T_b/N_1$ 으로 하면 PN계열 길이 N은 식(3)처럼 된다.

$$N = \frac{2P}{PS+1} N_1 \tag{3}$$

여기서 N_1 은 단일반송파의 경우 PN부호의 길이이다. 또 이 모델 그룹p에서는 동일한 정보를 보낸다. 이것들은 각 반송파마다 PN 정합필터에 의해 역확산된 후 등이득 합성법에 의해 합성된다. 이를 위해 프로세스 이득 P.G.s는 식(4)와 같다.

$$P.G.s = \frac{2PS}{PS+1} P.G._1 \tag{4}$$



그림 3. 송신신호의 다중반송파

또, 모든 반송파를 등이득 합성법을 사용한 경우에 단일반송파와 비교하면 P비트분을 합성하는 것으로 되기 때문에 그 프로세스 이득은 식(5)와 같다.

$$P.G.p = \frac{2P^2S}{PS+1} P.G_1 \quad (5)$$

본 시스템에서는 K의 CDMA 사용자를 가정하며, 모든 반송파가 동일한 파워를 가지고 모든 사용자에게 P와 S가 각각 동일하게 적용된다고 가정했다. 또 송신측(차량 A)의 사용자 k의 송신신호는 식(6)으로 나타낸다.

$$s_k^A(t) = \sum_{m=1}^{PS} \sqrt{2W} a_k(t) \cos(\omega_m t + \phi_{k,m}) \quad (6)$$

여기서 W는 각 반송파에 대한 송신전력이고 $\phi_{k,m}$ 은 각 반송파에 대한 랜덤한 위상이고, k와 m에 독립하고, $(0, 2\pi)$ 에 일정하게 분포되어 있다. $a_k(t)$ 는 사용자 k의 PN부호로 ± 1 의 값을 가진 칩 계열로부터 되며, 칩 파형은 방형파이다. ω_m 은 m번째의 반송파 주파수이고, 각 반송파마다 식(7)과 같이 직교한다.

$$\omega_m = \omega_1 + (m-1) \frac{2\pi}{T_c}, m = 1, 2, \dots, PS \quad (7)$$

수신측(차량 B)는 식(8)과 같이 나타내며, 송신측(차량 A)의 송신한 신호와 다른 간섭차량의 간섭신호의 합을 수신한다.

$$r^B(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{PS} \sqrt{2W} a_k(t) \cos(\omega_m t + \phi_{k,m}) \quad (8)$$

여기서 K는 CDMA 사용자의 총수이다. 차량 B에서는 수신한 신호 $r^B(t)$ 에 반송파인 $\cos(\omega_m t + \phi_m)$, $(m = 1, 2, \dots, P \times S)$ 을 곱하는 것으로 사용자 k의 PN신호를 복조하여 그 PN신호에 수신차(차량 B)의 정보 $DATA_B$ 을 실어 대역확산 변조해서 재송신 한다. 여기서 수신측으로 송신한 신호는 식(9)와 같다.

$$s_k^B(t) = \sum_{m=1}^{PS} \sqrt{2W} b_{k,p}(t) a_k(t) \cos(\omega_m t + \phi_{k,m}) \quad (9)$$

여기서 $p = m((m-1)/P)$ 이고, $b_{k,p}(t)$ 는 $p(p = 1, 2, \dots, P)$ 의 그룹 비트계열이고, 동일한 확률 ± 1 의 값을 가진 방형파이며, k, p에 대해 독립이다. 또 $[x]$ 은 x의 정수부분이다. 송신측(차량 A)에서도 재송신된 신호와 다른 간섭차량의 간섭신호를 양방향 수신하기 위한 수신신호는 식(10)과 같이 나타낸다.

$$r^A(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{PS} \sqrt{2W} b_{k,p}(t) a_k(t) \cos(\omega_m t + \phi_{k,m}) \quad (10)$$

이 수신신호를 송신측(차량 A)에서는 각 반송파마다 $\cos(\omega_m t + \phi_m)$, $(m = 1, 2, \dots, P \times S)$ 를 각각 곱하여서 복조하고 정합필터를 이용 역확산하여 등이득 합성법으로 신호의 Peak를 검출하는 것으로 PN신호의 위상차를 탐지하여 거리측정을 실시한다.

III. 제안하는 SS 다중반송파 부메랑 통신방식

3.1 Peak 검출

본 제안방식에서는 기존의 SS(Spread Spectrum) 부메랑 통신방식에 다중반송파 변조방식을 조합하였다. 다중반송파 변조방식에 SS를 이용한 SS 다중반송파 변조방식에서는 단일반송파에 대해 주파수대각 반송파별로 나누어져 있으므로 각 반송파의 PN신호의 Chip-rate이 작아지므로 고속의 PN신호를 생성해야만 한다. 그러나 거리측정에 있어서 측정능력은 PN신호의 Chip-rate에 의존하기 때문에 각 반송파의 측정능력에 있어서 비효율은 적다. 그러므로 다중반송파 변조를 이용해도 측정능력은 유지되며 단일반송파와 비교해서도 Threshold를 높게 할 방법을 제안한다.

다중반송파 변조방식에서는 각 반송파의 PN신호의 Chip-rate이 낮아지면 정합필터의 출력이 시간축상에서 넓어져서 측정능력이 저하된다. 여기서 다중반송파 변조를 이용할 때에는 단일반송파를 이용할 때보다 Peak 검출 위해 Threshold를 높게 함으로서 측정능력의 저하를 방지할 수 있다. 그러나 간섭 등에 의한 잡음이 존재하므로 정합필터의 출력이 저하된 경우에는 Threshold를 높이는 방법이 Peak에러가 검출될 확률이 높아진다. 이를 방지하기 위해 다중반송파에 의한 반송파 수가 $P \times S$ 로 증가됨으로 거리측정에는 $P \times S$ 분, 정보검출에는 S분의 반송파를 주파수 다이버시티로 각 출력을 합성하여 사용 가능하며, Peak 에러 검출을 줄이는 것도 가능할 것

이다. 이때 각각의 프로세스 이득은 식(4), (5)와 같이 나타낸다. 따라서 단일반송파 변조방식 이용보다 다중반송파 변조방식을 이용하는 방법이 Peak에러 검출을 줄일 수 있을 것이다. 또, 제안방식에서는 OFDM을 이용하기 때문에 단일반송파와 비교하면 대역이 약 1/2로도 동일한 정밀측정을 할 수 있기 때문에 성능의 개선이 가능하다.

본 시스템에서는 시스템의 복잡성을 해결하고 시스템의 고속화를 고려해서 다이버시티 방법 중 등이득 합성법을 적용하였다.

3.2 동작원리

본 논문에서 제안한 부메랑 통신방식 구성도를 <그림 4>와 같이 나타낸다. 또한, 기존의 무선시스템에 간섭을 주지 않고 전파법에 의한 제약을 받지 않는 것을 전제로 하였기 때문에 광통신으로 가정했다. 또한, 레이저와 광검출기 등의 비선형성에도 영향이 적다고 가정하였으며, 광진폭 변조를 사용하는 것으로 했다. 이를 위해 레이저의 전기→광변환기(Elec.→Opt. Converter)와 광검출기의 광→전기변환기(Opt.→Elec. Converter)를 각 차량의 송신부, 수신부에 각각 설치하였다. 또 수신신호는 적응증폭기(A.G.C.Amp)에 의해 증폭된다.

차량 B에 있어서는 수신한 신호에 차량 B 정보(DATA_B)로 대역확산 변조를 하며, 그룹 p내에서는 동일한 차량 B 정보를 가진 것처럼 변조를 한다.

차량 A에서 차량 B 정보 획득을 위한 대역확산 복조는 역확산용 PN부호발생기(PN Generator for Inverse SS)와 승산기를 이용하여 실시한다. 본 논문에서 역확산용 PN부호발생기의 Chip 동기 획득

을 위해서 PN 정합필터의 Peak 검출을 이용했다. 즉 수신한 PN신호를 PN-정합필터를 통한 출력값의 절대치를 얻어서 모든 반송파에 대해 등이득 합성법을 사용했다. 그래서 그 출력값이 Threshold 레벨을 넘었을 때 Peak라고 판정하고, 그 Peak가 검출되었을 때 역확산용 PN 발생기내의 시프트 레지스터의 값을 모두 초기값 "1"로 리셋하는 것으로 각 반송파의 동기 획득이 가능하게 된다. 이미 그 출력값에 동일한 정보를 갖는 그룹 p에서 등이득 합성법을 사용하여 정보 검출을 하며, 거리측정에 이용한 클럭 카운터의 리셋 펄스는 송신용 PN 부호발생기내의 시프트 레지스터의 값이 모두 초기값 "1"이 되었을 때 발생시키고, 또 정지펄스는 확산용 PN부호발생기내의 시프트 레지스터의 값이 모두 "1"이 되었을 때 발생시킨다. 거리측정에 이용한 위상차는 리셋펄스에서 정지펄스까지의 클럭 카운터의 값이며, 식(11)에 의해 측정거리를 구한다.

$$R = 2 \cdot N_c \cdot f_c / c [m] \quad (11)$$

여기서 N_c 는 클럭 카운터의 값, $f_c [Hz]$ 는 클럭 카운터 주파수, c 는 광속($= 3.0 \times 10^8 m/s$)이다.

IV. 성능평가

일반적으로 대역확산방식에서 PN-정합필터를 사용할 경우에는 PN부호의 최초 칩에서 최종 칩까지 1주기분에 데이터 값을 곱한다. 그러나 SS 부메랑 통신방식에서는 수신측(차량 B)에 있어서 수신한 차량 A의 PN부호에 차량 B 자신의 데이터 값을 곱하기 때문에 수신신호의 동기를 완전히 획득했다고 할 수 없다. 즉 Chip간의 편차가 생길 수 있다. 이러한 경우는 PN-정합필터의 Peak가 검출될 수가 없거나, 잘못된 검출 결과가 나올 가능성도 있다. 이것에 의해 거리측정을 위한 위상차의 탐지에 오차가 생기는 것은 물론 역확산용 PN부호 발생이 올바른 위상에서 나오지 않고, 복조된 데이터도 에러가 생길 가능성이 크다. 이를 위한 대책으로 정보 전송효율의 면에서는 좋지는 않지만 차량 B에 곱해지는 정보량에 동기용 정보를 추가하는 방법이 있다. 이 동기용 정보에서 획득한 PN부호 발생기를 이용해서 그것을 계속해서 정보량의 역확산을 행할 수 있기 때문에 정합필터에 의한 고속 동기 획득이 가능하다. 이미 동기 획득 시간은 길어졌지만, 한편으로 슬라이딩 상관기와 DLL에 의해 동기 획득하

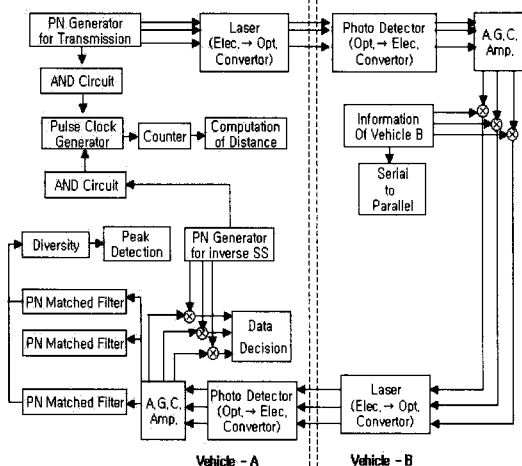


그림 4. 제안한 부메랑 통신방식 시스템 구성도

는 방법도 생각할 수 있다. 이러한 점에서 PN부호의 최초 칩부터 최종 칩까지 1주기분에 데이터 량이 곱해지는 경우는 일치률이 100%이고, PN부호의 구간 중간에서 정보가 곱해지는 경우 일치률은 0%라고 정의했다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 대책으로 일치률을 100%로 할 수 있다는 것과 시스템의 유효성을 확인하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에 시뮬레이션 조건에서도 일치률을 100%로 했다.

<표 1>은 본 연구의 시뮬레이션 조건이다. 다중반송파 방식은 무선채널에서 고속데이터 전송에 적합한 방식으로 이에 적합한 PN부호 M계열을 사용하였으며, 여기서 사용하는 PN-정합필터는 거리분해능력 1m로 했기 때문에 PN부호의 Chip-rate(최소 15 Mchips/s)의 10배(150 MHz)에 동작하는 디지털 방식 정합필터나 SAW(Surface Acoustic Wave) 정합필터 등의 아나로그방식 정합필터를 전제로, 송신용 PN부호와 역확산용 PN부호와의 위상차를 1/10 chip 단위로 검출했으며, 실용성을 고려하여 최대 표시값을 150m로 했다.

여기서 제안형의 비트율, Chip-rate, 확산율은 식 (1), (2), (3)에 의해 구했다. 그리고 시뮬레이션 환경은 <그림 1-a>처럼 중앙분리대가 있는 것으로 했으며, 반대편 차량(Opposite Directional Vehicle)의 간섭파는 없으며, <그림 1-b>처럼 간섭파는 동일방향 차량 1대만 있다.

간섭파 차량에서의 거리($X[m]$)와 신호 대 간섭파 신호비($S/I[dB]$)의 관계는 <그림 5>와 같다.

또 차량 B에 있어서 처리지연도 무시 했다. 처리지연은 측정거리의 정밀도에 커다란 영향이 있다고 생각했지만 그 지연량을 차량 B의 정보에 부여하는

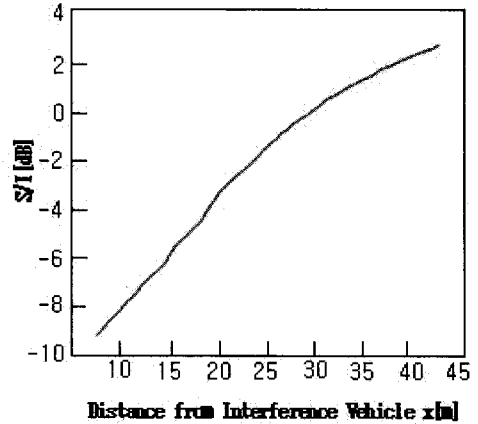


그림 5. S/I와 간섭차량에서 거리와의 관계

것으로 차량 A에 있어서 측정거리의 보정이 된다고 가정했다. 다중반송파 변조에 있어서 동일 차량(차량 A) 내에서의 동기 획득은 완료되어 멀티 패스 등의 영향이 없다고 가정하고, 동일 사용자내의 반송파간의 간섭도 없는 것으로 했다.

4.1 성능평가 결과

<그림 6>, <그림 7>, <그림 8>에서 거리측정 능력이 1m(측정 클럭 150[MHz])의 경우 차량 B에 간섭파가 유입된 경우 성능평가 결과이다.

여기서 <그림 6>는 평균 측정거리 \bar{R} 대 S/I특성이고 <그림 7>는 측정거리 오차율 RER(Ranging Error Rate) 대 S/I특성이고 <그림 8>은 측정거리의 표준편차 σ 대 S/I특성을 나타낸 것이다. <그림 8>에 의해 S/I가 높아짐에 따라 거리측정 특성이 향상되는 것이 확인되었다.

또한 <그림 7>에서는 기존형과 비교해서 제안형이 약 2[dB] 향상된 것을 확인할 수 있다. 성능이

표 1. 시뮬레이션 파라메타

Item	Value
Carrier Number	$P \times S$
Bit rate	118.1[kbit/sec]
Chip rate	$30/(P \times S + 1)$ [Mchips/sec]
SS rate	$127 \times 2P / (P \times S + 1)$ 배
PN code	127 M계열
Ranging clock	150[MHz]
Distance range(min)	1[m]
Distance range(max)	150[m]
Head spacing	40[m]
Diversity	EGC

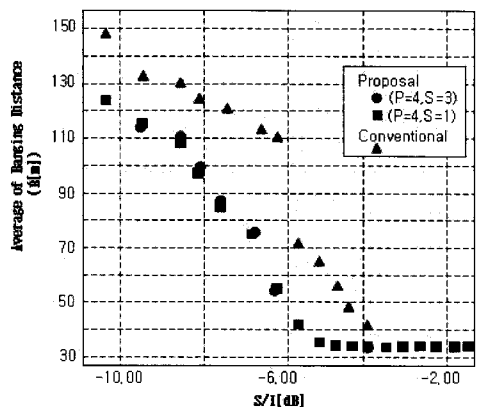


그림 6. 평균 측정거리 \bar{R} 대 S/I특성

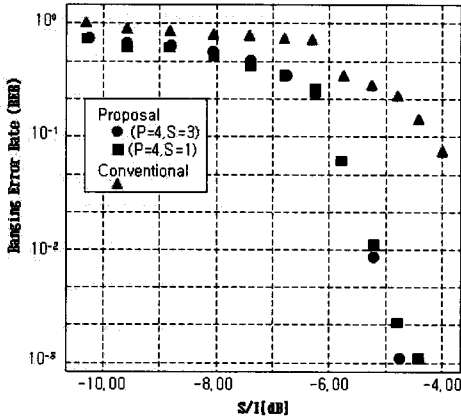


그림 7. 측정거리 오차율 RER 대 S/I특성

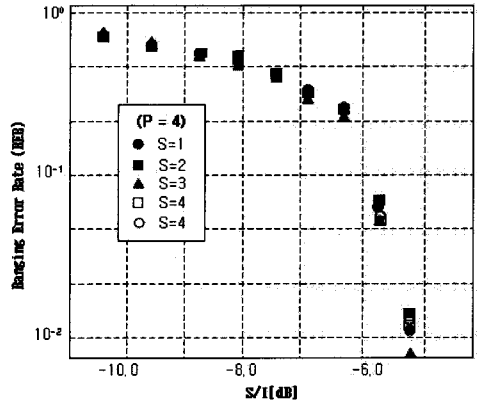


그림 9. 측정거리에 대한 에러율 특성(P=4)

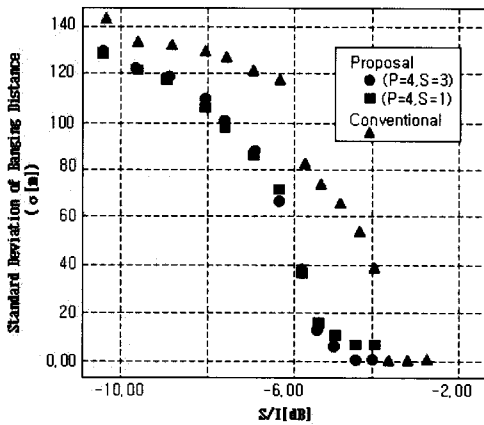


그림 8. 측정거리의 표준편차 σ 대 S/I특성

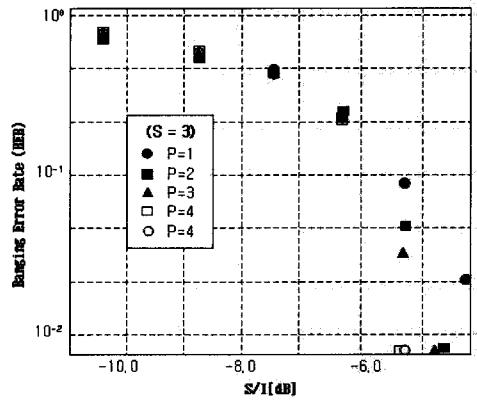


그림 10. 측정거리에 대한 에러율 특성(S=3)

개선된 이유는 우선 OFDM을 이용함으로써 단일반송파와 비교해서 동일 대역폭에서 약2배의 주파수 효율을 가질 수 있기 때문이다. 또 $S \times P$ 개의 반송파를 등이득 합성함으로써 간섭파의 영향이 분산되어 송신 신호의 Peak는 합성된 다이버시티의 효과가 얻어지기 때문에 에러검출 확률을 줄일 수가 있다.

<그림 9>에 있어서는 P를 4로 고정하고, S를 파라미터로 변화할 경우의 측정거리에 대한 에러율 특성을 나타낸 것이다. 이 결과를 보면 S를 변화시켜도 성능이 거의 변화하지 않는다는 것을 확인하였다. 기존의 다중반송파 방식에 있어서는 S를 증가시키면 성능의 변화가 생겼다. 이것은 S를 증가시킨 경우가 주파수 대역을 유효하게 사용할 수 있어 페이징 등에 유효하기 때문이다. 그러나 본 시스템 거리측정에 대해서는 S를 증가시켜도 Chip-rate가 낮게 되어 PN신호 부호장이 짧게 되기 때문에 성능이 저하된다. 또 광변조방식을 이용하기 때문에 페이징이 없고 다중반송파의 효과가 나오기가 어렵다.

이 때문에 주파수의 유효이용과 측정능력과의 Trade-off가 생겨 성능이 거의 향상되지 않는다. 또 식(4)에 의해 프로세스 이득은 S를 증가시켜도 많은 변화가 생기지 않기 때문에 성능도 개선되지 않게 된다.

<그림 10>에서는 S를 3으로 고정하고 P를 파라미터로 한 측정거리 에러율을 나타냈다. 여기서 P를 증가했을 때가 성능이 향상됨을 확인하였다. 이것은 P를 증가함으로써 동일한 S/I비에 있어서 프로세스 이득인 식(5)가 크게 되기 때문에 생긴다. S를 파라미터로 한 경우와 비교해서 P의 경우에는 각 반송파의 Chip수가 감소하지 않기 때문에 <그림 9>과 다르게 성능이 개선된다. 그러나 P의 값을 너무 증가시켜도 거리측정 에러율은 그 만큼 변화하지는 않는다. 이러한 특성은 P를 증가시키면 Chip수는 감소되지 않지만 대신에 Chip-rate는 감소하기 때문에 거리측정 능력이 저하된다. 즉 너무 Chip-rate이 적으면 각 반송파마다의 측정능력 감소에 보상을 반송파의 합성만으로는 어렵게 되는 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 VANET에 있어서 고속 PN신호를 이용하지 않고도 거리측정을 할 수 있는 즉, 차간거리 측정에 대한 성능개선을 실시한 방식으로 SS 다중반송파 변조방식을 이용한 차량통신 거리측정 통합시스템을 제안해서 그 성능을 시뮬레이션에 의해 확인했다. 그 결과 간섭파로서 역주행 차량이 존재 하여도 자신차량에 있어서 기존보다 정밀하게 거리 측정이 가능하다는 것을 확인했다.

현재 다양한 분야에서 레이저가 이용되며, 특히 거리측정에도 응용되고 있는데, 이 경우는 광대역을 이용하는 것만이 정확한 거리측정을 위한 성능 향상이 된다고 생각했다. 그러나 본 논문에 의해 다중반송파 이용으로 정확한 거리측정이 가능하다는 새로운 방법을 제안하였다.

향후에는 실제적인 교통량을 판단하여 간섭차량을 증가시켰을 경우의 성능 평가와 이론적인 해석을 실시할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] "Wireless on Wheels", *Mit Technology Review*, Jan., 2005.
- [2] J.J. Blum, A. Eskandarian and L. J. Hoffman, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks", *Intelligent Transportation Systems*, IEEE Transaction, Vol.5, pp.347-351, Dec., 2004.
- [3] M. T Sun, W.C. Feng, "GPS-Based Message Broadcast for Adaptive Inter-Vehicle Communications", Proc. of the 52th IEEE Vehicular Tech. Conference, pp.2685-2692, Sept., 2000.
- [4] K. Mizui, M. Uchida, M. Nakagawa, "Vehicle communication and ranging system using spread spectrum technique", Proc. of IEEE Vehicular Tech. Conference, pp.335-338, 1993.
- [5] M. Uchida, Y. Kagawa and A. Okuno, "A

vehicle to vehicle communication and ranging system based on spread spectrum technique", Proc. of IEEE Vehicular Tech. Conference, pp.153-158, 1994.

- [6] Y.A. Kim and M. Nakagawa, "R-ALOHA protocol for SS Inter-Vehicle communication Network using head spacing information", Proc. of IEEE Vehicular Tech. Conference, pp.235-239, Sept., 1996.
- [7] T. Tank and J. M. G. Linnartz, "Statistical Characterization of Rican Multipath Effects in a Mobile to Mobile Communication Channel", *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol.2, No.1, pp.68-77, 2005.
- [8] Xiaodong Cai, Sheagli Zhou and Georgios B. Giannakis, "Group Orthogonal Multi-Carrier CDMA", *IEEE TRANS. Comm.*, Vol.52, No.1, pp.90-99, Jan., 2004.
- [9] E. Sourour, M. Nakagawa, "Performance of orthogonal multi-carrier CDMA in a multipath fading channel" *Globalcom*, pp.1763-1770, 1994.
- [10] K. Fazel and S. Kaiser, "Multi-Carrier and Spread Spectrum Systems", WILEY, Jan., 2004.

김 영 안 (Young-an Kim)

정회원



1988년 2월 금오공과대학 전산공학과 졸업

1996년 3월 Keio University, Department of Information and Computer Science (공학 석사)

2008년 2월 경희대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2009년 2월~현재 국방대학교 전산정보학과 교수
<관심분야> Ad-hoc Network, CDMA, VANET, Routing Protocol