

# ETC 시스템 주파수 대역 호환에 관한 연구

## A Study on the Bandwidth of Compatible ETC System

정 신 철 · 최 기 수\* · 이 병 섭\*

Sin-Chul Jung · Gi-Su Choi\* · Byung-Seub Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 고속수동방식과 능동방식 ETC 시스템간 호환의 필요성에 따라 두 시스템의 주파수 대역 호환 방안을 제안한다. 현재 TTA에서 DSRC 시스템을 능동 방식으로 표준화 작업을 진행 중이다. 그러므로 현재 시범운용중인 고속수동방식 ETC 시스템과 아직 미개발 상태인 능동방식 ETC 시스템간 호환의 필요성이 제기된다. 그래서 기존의 고속수동방식 ETC 시스템의 성능을 저하시키지 않으면서 능동방식과 유사한 주파수 대역을 사용할 수 있는 방안(Direct Conversion Method)을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 기존 방식과의 차이를 확인할 수 있었다.

### Abstract

In this paper, we proposed a new technique to be compatible the passive with active ETC system. Now the TTA is making a Standard of the Active DSRC System. So It is necessary to be compatible the developed and running passive ETC system with the developing active ETC system. So we proposed the direct conversion method without performance a decreasing of passive DSRC system using a similar bandwidth of the active ETC system. Simulations carried out and the results show the difference between the conventional and proposed method.

### I. 서 론

지능형 교통 시스템 기술은 기초 교통시설에 첨단 전자통신 정보기술을 응용함으로써 교통 시설 운영 효율성의 극대화, 교통사고의 획기적인 감소, 물류비 절감 및 첨단 교통산업의 육성 등이 기대되는 기술이다. 특히 첨단 데이터 통신 기술을 이용하여 운전자에게 교통 혼잡, 교통 사고 등과 같은 실시간 교통 정보를 제공함으로써 운행 시간, 에너지 낭비, 교통공해 등을 줄일 수 있는 효과적인 해결책으로 급부상하고 있다. ITS(Intelligent Transport System)의 도입에 따라 새로운 개념의 통신 수단으로 등장

하게 되는 것이 단거리 무선 통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication)과 차량-차량간 직접 통신 (Vehicle-to-Vehicle Direct Communication)이다.

국내의 ETC 시스템 방식은 크게 능동 방식 ETC 시스템과 삼성 SDS사의 고속수동방식 ETC 시스템으로 분류가 가능하다. 이러한 두 방식을 하나의 표준으로 정립할 필요성에 따라 정보통신 표준화 단체인 TTA에서 일부 수동방식 ETC의 표준화를 검토하였으나, 향후 ITS 서비스와 관련되어 공공적 측면과 능동형 DSRC 서비스의 상호 연동성 등으로 단일화를 위하여 검토 중에 있다<sup>1)</sup>. 이에 따라 현재

(주)백금정보통신(BG Tech)

\* 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부(School of Electro., Telecomm. and Computer Eng., Hankuk Aviation Univ.)

· 논문 번호 : 20010809-107

· 수정완료일자 : 2001년 11월 29일

시범 서비스 중인 고속수동방식과 개발 단계에 있는 능동방식 ETC 시스템 사이에는 호환의 필요성이 제기된다.

본 논문에서는 ETC 시스템간 호환의 필요성에 따라 두 시스템의 주파수 대역 호환 방안을 제안한다. 2장에서 고속수동방식과 능동방식 ETC 시스템의 일반적인 차이점을 기술하였다. 그리고 3장 1절에서 능동방식의 주파수 대역과 동일한 구조를 갖는 Direct Conversion 방안을 기술한다. 그리고 이 방안을 수동방식에 적용할 경우의 문제점을 지적하고 새로운 SSB(Single SideBand) 변조 방식을 적용한 수동, 능동 주파수 대역 호환 방안을 3장 2절에서 제안한다. 마지막으로 4장에서 시스템의 채널을 모델링 하고 5장에서 시뮬레이션을 통하여 제안된 방안의 시스템 성능을 검증한다.

## II. 고속수동, 능동방식 ETC 시스템 주파수 대역 비교

고속수동방식은 하향링크 데이터 전송을 1 Mbps, 상향링크 데이터 전송을 500 Kbps로 구성되며 점유 주파수 대역폭은 2-Channel 30 MHz이다. 그림 1에는 2-Channel 30 MHz 대역폭으로 구성된 상향, 하향링크 스펙트럼이 나타나 있다.

하향링크는 통신에 필요한 일정 시간 동안 데이터를 전송한 후 상향링크 통신을 위해 반송파만을 방사한다. 상향링크에서는 정보를 송신하기 위해 먼

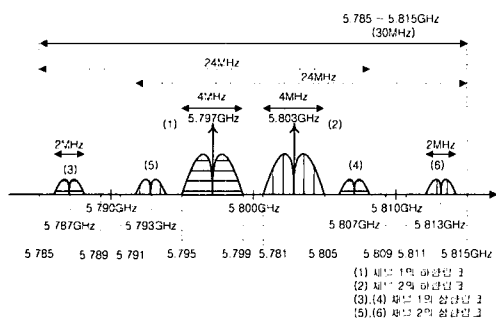


그림 1. 수동형 ETC 방식의 2-Channel 30 MHz 스펙트럼도 1

Fig. 1. 2-channel 30 MHz spectrum of the passive ETC system.

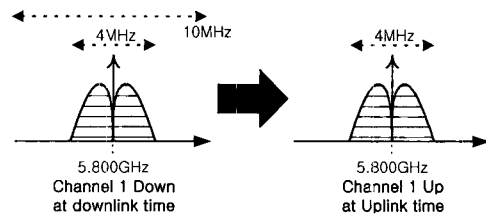


그림 2. 능동형 ETC 방식의 2-Channel 20 MHz 스펙트럼 중 Channel 1

Fig. 2. 1-channel 10 MHz spectrum of 2-channel the active ETC system.

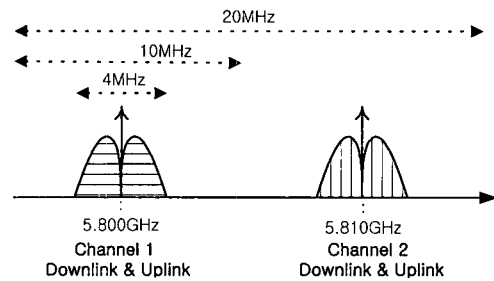


그림 3. 능동형 ETC 방식의 2-Channel 20 MHz 스펙트럼도

Fig. 3. 2-channel 20 MHz spectrum of the active ETC system.

저 송신 데이터를 부반송파(10 MHz)를 이용하여 DPSK 변조한다. 변조된 데이터를 수신된 반송파와 합성하여 backscattering 시켜 상향링크에 방사하게 된다<sup>[2]</sup>. 그러므로 상향링크와 하향링크는 부 반송파만큼의 보호 대역으로 구분되어진다.

능동 방식은 OBU 자체에 발진기를 장치하고 있다. 그러므로 TDD 방식을 적용하여 상향, 하향 링크를 동일한 통신 대역에 위치시킬 수 있다. 즉, 상향링크와 하향링크 통신 시간을 반이중 통신으로 분할하면 하나의 4 MHz 대역폭에 상향링크와 하향링크가 동시에 수용될 수 있다. 그림 2에 1-Channel 10 MHz를 나타내고 있다. 이것을 동시에 2개 채널로 나타내면 그림 3과 같이 채널 1과 채널 2로 구성된다.

수동 방식과 능동 방식을 주파수 대역에서 비교하면 하향링크는 차이가 없지만 상향링크의 경우 통신대역의 위치에서 차이가 발생한다. 이 주파수 대역 차이는 두 방식의 호환에 장애를 발생시킨다.

### Ⅲ. 수동, 능동 ETC 시스템 주파수 대역 호환 방안

#### 3-1 주파수 대역 호환을 위한 Direct Conversion 방안

다음은 고속수동방식과 능동방식의 주파수 대역 분포를 서로 호환성을 갖도록 하기 위한 방안과 문제점에 관하여 기술한다. 여기에서 ETC 시스템은 차량에 장치된 단말기의 종류를 미리 인지하고 있다고 가정한다.

수동방식은 OBU 자체에 발진기가 내장되어 있지 않으므로 상향링크 통신을 위해 하향링크에는 항상 반송파 신호가 존재한다는 특징이 있다<sup>[3]</sup>. 그러므로 상향링크에는 OBU에 의해 데이터를 합성하여 방사된 반송파 신호 이외에 복수의 반송파 신호가 차량등에 의한 반사로 인해 주파수 편차를 갖고 포함될 수 있다. 이때 기존의 고속수동방식은 상향링크와 하향링크가 보호 대역으로 분리되어 있으므로 이러한 간섭 신호로서 수신된 반송파가 문제를 유발하지 않는다. 그러나 상향링크를 하향링크와 동일한 대역에 위치시킬 때 CCI(Cochannel Interference)로서 차량이나 기타 물체에 반사된 반송파는 큰 문제를 발생시킬 수 있다<sup>[4]</sup>. 다음은 이러한 문제점을 설명한다. 그림 4, 5는 고속수동방식 시스템에 적용할 Direct Conversion 방식의 스펙트럼도를 나타내고 있다. 그림 4, 5에서 알 수 있듯이 Direct Conversion 방식은 그림 3의 능동 ETC 시스템의 스펙트럼과 유사하게 상향링크 대역과 하향링크 대역이 동일한 위치에 존재한다.

즉, ETC 시스템은 반이중 통신을 사용하므로 하향링크 전송시 상향링크는 존재하지 않고 상향링크 존재시 하향링크에는 반송파만이 존재한다. 그러므로 상향링크 전송시 하향링크 대역은 비어 있게 된다. 이러한 특성을 이용하여 상향링크와 하향링크 반송파를 공유하는 방안이 Direct Conversion 방식이다.

그림 4, 5에서 사용된 Direct Conversion 방안이 기술적으로 가능하다면 주파수 효율, OBU 장치의 가격면에서 가장 우수한 방안이 될 수 있다. 그러나 상향링크 통신주파수 대역 안에 발생 가능한 복수

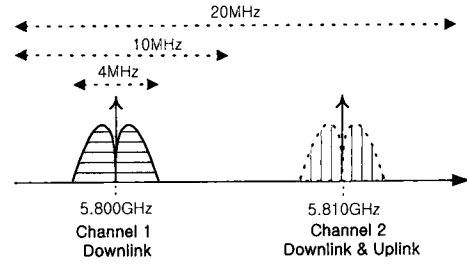


그림 4. Direct Conversion 스펙트럼도 (Channel 1이 downlink일 때)

Fig. 4. Spectrum using direct conversion method (channel 1 is downlink).

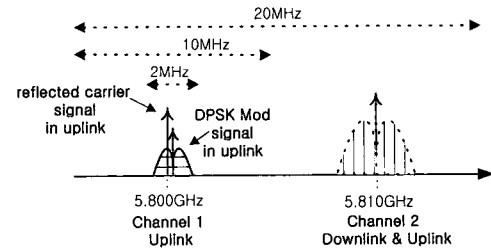


그림 5. Direct Conversion 스펙트럼도 (Channel 1이 uplink일 때)

Fig. 5. Spectrum using direct conversion method (channel 1 is uplink).

의 반송파를 제거할 수 있어야 한다. 왜냐하면 이러한 성분들은 복조시 각 성분간의 상호변조(intermodulation)를 초래하고 결과적으로 수신단에서 극심한 통신성능의 열화를 유발하기 때문이다. 이러한 현상은 다음과 같이 해석될 수 있다<sup>[5]</sup>.

$$r'(t) = A \cos(\omega_c t) + \cos(2\pi(f_c + f_b)t + \phi_k) \quad (1)$$

$$r''(t) = A + \cos(\omega_b t + \phi_k) \quad (2)$$

$$r(t) = \cos(\omega_b t + \phi_k) \quad (3)$$

$$r_k = \cos(\omega_b t_k + \phi_k) \quad (4)$$

$$r_{k-1} = \cos(\omega_b t_{k-1} + \phi_{k-1}) \quad (5)$$

$$\omega_b t_k \approx \omega_b t_{k-1}$$

$$\begin{aligned} Z_k &= r_k \cdot r_{k-1} = \cos(\omega_b t_k + \phi_k) \cdot \cos(\omega_b t_k + \phi_{k-1}) \\ &= 0.5 \{ \cos(\phi_k - \phi_{k-1}) + \cos(2\omega_b t_k + \phi_k + \phi_{k-1}) \} \end{aligned} \quad (6)$$

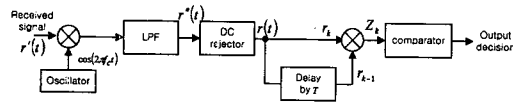


그림 6. DPSK 수신기에 DC 제거기를 추가한 블록도

Fig. 6. Block diagram of a DPSK receiver added DC rejector.

그림 6은 DPSK 수신기를 나타내고 있다. 식 (1)은 수신된 신호이고, 식 (2)는 국부반송파를 통하여 기저대역 신호로 바뀐 것을 나타낸다. 이때 식 (2)에서 'A'는 DC 성분으로 신호의 검파에 영향을 미친다. 그러므로 DC 제거기를 통해 DC 성분을 제거한 후 검파를 행한다. 검파기의 출력인 식 (6)에서 도플러 주파수의 영향은  $\omega_b$ 의 주파수 천이에 의해 발생한다. 이것은 정보 검출에 사용되는  $\cos(\phi_k - \phi_{k-1})$ 에 영향을 미친다. 즉  $\cos(2\omega_b t_k + \phi_k + \phi_{k-1})$ 이 주기적으로 1과 -1 사이에서 변할 때  $\cos(\phi_k - \phi_{k-1})$ 과 더해져  $Z_k$ 를 주기적으로 '0'에 가깝게 만든다.  $Z_k$ 가 '0'에 가까워지면 출력단의 SNR은  $r'(t)$ 에서의 SNR보다 급격히 격감하여 시스템의 성능이 나빠진다.

### 3-2 SSB 변조 방식을 이용한 수동, 능동 방식 주파수 대역 호환 방안

Direct Conversion 방식은 주파수 효율면에서 가장 우수한 방안이다. 그러나 CCI 중에서도 분리가 불가능하고 동시에 주파수 편차를 갖는 복수의 반송파로 인하여 시스템의 성능이 현저히 감소되는 것을 3장 1절에서 확인하였다. 그러므로 CCI의 영향을 받지 않으면서 상, 하향링크 주파수 대역의 구성이 능동방식의 주파수 대역과 유사한 형태를 취하는 방안을 고려해야 한다. 이러한 방안은 기존의 고속수동방식과 Direct Conversion 방안의 혼합을 통하여 구할 수 있다.

고속수동 ETC 시스템의 스펙트럼은 OBU에서 DPSK 변조를 할 때 반송파로 10 MHz를 이용한다. 이렇게 1차 변조된 신호는 주파수 스펙트럼 상에서 보면 상측파대(Upper SideBand : USB)와 하측

파대(Lower SideBand : LSB)로 구성되어 전체 DSB(Double SideBand)를 나타낸다. 이 때 상측파대와 하측파대는 동일한 정보를 유지하며 단지 반송파 주파수를 중심으로 좌우에 위치한다. 그러므로 상측파대와 하측파대 중 하나의 측파대만으로 정보 신호를 복원하는 것은 가능하다<sup>[6]</sup>. 이때 OBU에서 하측파대 제거는 위상천이기를 이용한 mixer를 이용하여 쉽게 구현할 수 있다.

CCI의 성분인 복수의 반송파가 발생하는 가장 큰 이유는 도플러 주파수 천이 때문이다. 이 때 차량의 속도가 150 Km/h 이내이고 반송파 주파수가 5.8 GHz라고 가정하면 도플러 주파수 천이에 의해 발생하는 최대 주파수 편차는 약 -500 ~ +500 Hz이다. 그러므로 복수의 반송파는 국부 발진기 주파수인 5.8 GHz를 중심으로 -500 ~ +500 Hz 안에 집중되어 있다<sup>[7]</sup>. 결과적으로 이 부분을 피하면서 하향링크의 더러움 안의 상향링크 대역이 위치한다면 능동 방식과 수동 방식 ETC 시스템은 주파수 대역을 서로 호환하여 사용할 수 있다. 그래서 그림 7의 SSB 방식을 이용한 수동, 능동 방식 주파수 대역 호환 방안을 제안한다.

그림 7은 Channel 1의 상향링크 통신 시간을 나타내고 있다. 전송 데이터는 1차 DPSK 변조 후 SSB 변조에 의해 하측파대가 제거되었다. 이 때 DPSK 변조에 사용되는 반송파는 1 MHz이다. 그러므로 상향링크의 스펙트럼은 상측파대만 존재하고 하측파대는 존재하지 않는다. 그러므로 CCI에 의해 왜곡을 받는 스펙트럼이 존재하지 않는다. 그

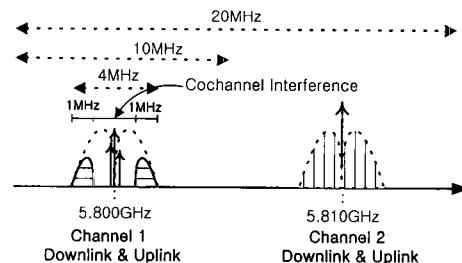


그림 7. 단일 측파대 이용한 ETC 시스템 스펙트럼도

Fig. 7. ETC system spectrum using single sideband.

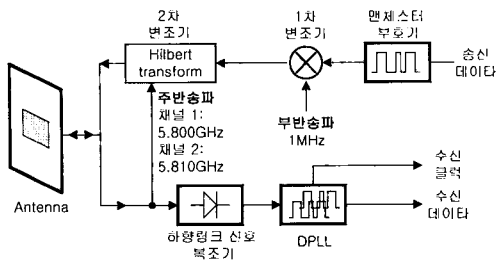


그림 8. OBU 구조도  
Fig. 8. An OBU structure.

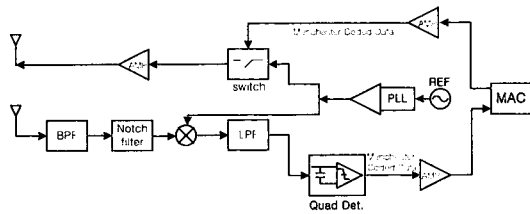


그림 9. RSE 구조도  
Fig. 9. A RSE structure.

래서 CCI에 의한 복수의 반송파들은 Notch filter를 이용하여 제거할 수 있다. 그 후에 carrier recovery를 이용하여 정확한 반송파를 검파한 후 VCO를 통해 복조를 수행한다. 결과적으로 남는 것은 단일 측파대를 갖는 정보 신호 스펙트럼이다. 그림 8은 SSB 방식을 적용한 OBU 구조도이고, 그림 9은 RSE 구조도이다.<sup>[8]</sup>

#### IV. 채널 모델링

본 논문의 주요 논점은 고속수동방식의 주파수 대역을 능동방식과 호환이 가능하도록 하는 것이다. 이때 주파수 대역의 변화에 따른 ETC 시스템의 성능은 하향링크에 큰 영향을 주지 않고 상향링크에 영향을 미친다. 그러므로 여기에서는 상향링크의 채널 모델링만 기술한다.

5.8 GHz대 통신의 특성 중 하나는 경로 손실이 큰 것이므로 통신 영역을 일반적으로 크게 설정할 수 없고 약 100 m 미만으로 가정한다. 따라서 상향링크에서는 다중경로 간섭보다는 인접채널 또는 차

선으로부터의 간섭과 AWGN을 주요 간섭성분으로 간주할 수 있다.

상향링크는 주파수다중 분할 방식으로 사용주파수 대역이 다르므로 수신기의 필터를 통하여 많은 부분의 간섭이 제거된다. 결과적으로 통신에 영향을 주는 간섭 신호는 하향링크의 주파수 대역으로부터 spill-over된 성분중 상향링크 밴드에 중첩된 성분이 순수 간섭전력이 된다. 이 간섭 전력을 구하기 위해 파서발의 정리(Parseval's theorem)를 이용할 수 있다. 파서발 정리는 주파수 대역에서의 전력은 시간 영역에서의 전력과 같음을 나타낸 정리로써 침입된 간섭 전력은 주파수 영역의 대역 제한된 부분의 전력으로 가정할 수 있고 전체 주파수 영역과 비율로 나타낼 수 있다. 이 비율을 이용하여 spill over된 간섭 전력을 구할 수 있다. 다음은 파서발의 정리를 나타내고 있다<sup>[9]</sup>.

$$\sum_{n=0}^{N-1} x^2(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)|^2 \quad (7)$$

여기서  $X(k)$ 는  $x(n)$ 의 푸리에 변환된 값으로서 주파수 영역의 값이다. 그러므로 하향링크가 상향링크의 점유 주파수대역으로 spill over되는 간섭 전력의 양을 구할 수 있다.

그러므로 상향링크 시스템 성능은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_b = \frac{1}{2} \exp\left[\frac{N_0}{E_{bs}} + \frac{J}{S}\right]^{-1} = \frac{1}{2} \exp\left[\frac{E_{bs}}{N_0 + E_{bi}}\right] \quad (8)$$

식 (8)에서  $E_{bs}$ 는 신호의 비트 당 에너지,  $J$ 는 간섭 신호의 전력,  $E_{bi}$ 는 신호대역에 spill over되는 간섭신호의 비트당 에너지이다<sup>[5],[10],[11]</sup>.

#### V. 시뮬레이션 결과

다음은 Direct Conversion 방안을 고속수동방식에 적용했을 때 시스템의 성능을 CCI 신호 환경하에서 시뮬레이션 통하여 확인한 것이다. 먼저 carrier recovery가 CCI의 반송파 주파수를 검출할 경우를 가정한다. 이 때 검출에 사용된 반송파 성분은 국부 발진기에서 생성된 신호와 곱해져 DC(Direct Cur-

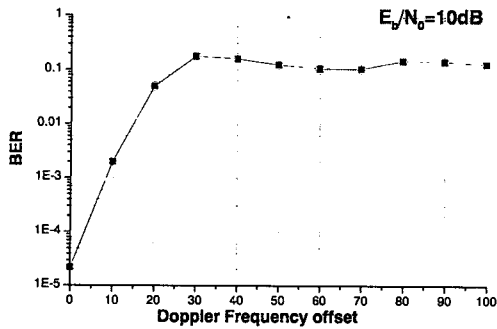


그림 10. 도플러 주파수 천이의 영향  
Fig. 10. An effect of doppler shift.

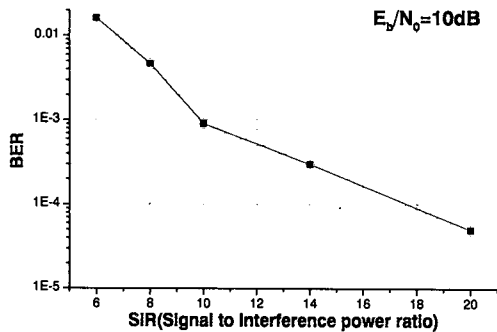


그림 11. SIR에 따른 시스템 성능  
Fig. 11. The performance as SIR.

rent)가 되어 제거된다. 그리고 정보 신호는 도플러 주파수 천이의 영향 때문에 식 (6)과 같이 정현파 성분을 포함하게 된다. 그러므로 시스템 성능은 현저히 저하됨을 다음 그림 10, 11을 통해 알 수 있다.

그림 10은  $E_s/N_0$ 을 10 dB로 고정시킨 후 도플러 주파수 천이의 영향 하에서 Direct Conversion 방안의 시스템 성능을 나타내고 있다. 그림 10에서 도플러 천이의 영향이 약 30 Hz 편차를 갖는 경우에 시스템 성능은 상당히 악화됨을 확인할 수 있다.

다음은 carrier recovery가 반송파 주파수를 정확하게 검출하였을 경우를 가정한다. 이 때 발생하는 문제는 그림 6에서 CCI 중 반송파 성분이 시스템 성능을 저하시키는 것이다. carrier recovery을 이용해 검출된 정확한 반송파 주파수를 이용하여 복조를 할 때 CCI 성분은 intermodulation을 야기한다. 그러므로 정보 신호와 마찬가지로 CCI 성분은 기저

대역으로 변환되어 신호의 복조에 영향을 미치게 된다. 그림 11은 CCI 반송파 전력에 따른 시스템의 성능을 나타낸 것이다. 이때 간섭으로 작용하는 반송파는 한 개로 가정하였으며 이 반송파 주파수 편차는 10 Hz이다. 그림 11에서 intermodulation을 발생시킨 간섭 신호의 전력이 클 때(SIR=6 dB) 시스템 성능은 통신에 필요한 성능 만족시킬 수 없음을 알 수 있다. 결론적으로 Direct Conversion 방안은 능동 ETC 방식과 수동 ETC 방식의 주파수 대역을 호환하는 방안에는 적합하지 않음을 확인할 수 있다.

다음은 SS 방식을 적용한 수동, 능동 주파수 대역 호환 방안의 시뮬레이션을 결과를 기술한다. 먼저 CCI 환경 하에서 제안된 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 그리고 CCI와 ACI (Adjacent Channel Interference)가 동시에 존재하는 환경에서 시스템의 성능을 기존의 고속수동방식 시스템 성능과 비교를 통하여 검증하였다. 단 SSB 변조를 행하는 경우 일반적인 변조보다 전력이 반으로 감소하게 된다. 그러므로 여기에서는 기존의 고속수동 ETC 시스템과의 성능 비교를 위해 SSB에 사용되는 반송파 전력을 2배로 가정하였다.

다음은 수동, 능동 주파수 대역 호환 방안을 적용한 ETC 시스템 성능을 CCI 환경하에서 시뮬레이션한 결과이다. 이 때 CCI 신호는 반송파 신호들로 구성되었으며 SIR은 0 dB, 1 dB로 설정하였다. 그리고 반송파들의 주파수는 기준 반송파 주파수 5.8 GHz에서 각각 0, 10, 99 Hz의 주파수 편차로 부여하였다. 이러한 파라미터는 다음 표 1에 나타나 있다.

그림 12에서 CCI 신호들은 시스템에 큰 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 이것은 CCI 성분의 반송파 주파수들이 상향링크 주파수 대역으로부터 1 MHz

표 1. CCI 반송파 신호 파라미터  
Table 1. A parameter of CCI carrier signal.

	SIR	Frequency
Reflected carrier signal 1	0 dB	5.8 GHz
Reflected carrier signal 2	0 dB	5.8 GHz+10 Hz
Reflected carrier signal 3	1 dB	5.8 GHz+99 Hz

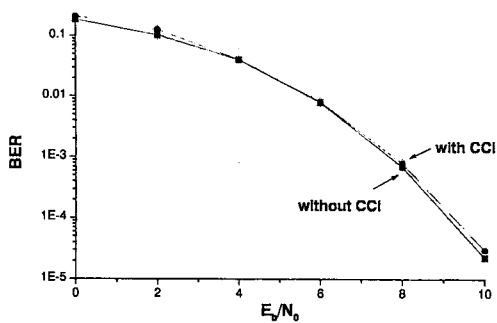


그림 12. CCI 환경하에서 제안된 방안을 적용한 시스템 성능

Fig. 12. The performance under CCI.

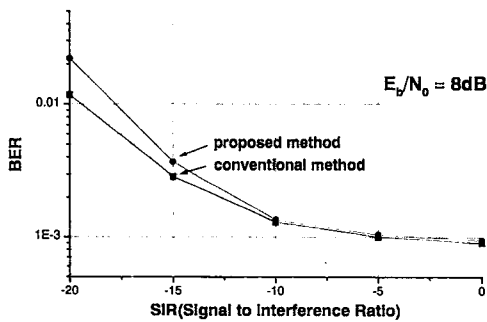


그림 13. 기존의 방안과 제안된 방안의 성능 비교

Fig. 13. The comparison of performance.

정도 보호 대역으로 분리되어 있고, 또한 Notch filter를 통해 대부분의 전력이 제거가 되었기 때문이다.

그림 13은 제안된 능동, 수동 주파수 대역 호환 방안의 시스템 성능을 검증하기 위하여 2장에 설명한 기존의 시스템과의 성능을 비교한 시뮬레이션 결과이다. 그림 13은 SIR의 변화에 따른 제안된 시스템의 성능을 나타내고 있으며 기존의 주파수 대역 방식과 큰 편차가 없음을 알 수 있다.

## VI. 결 론

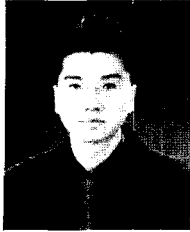
본 논문에서는 수동 방식과 능동 방식의 호환의 필요성에 따라 SSB 방식을 적용한 수동, 능동 주파수 대역 호환 방안을 제안하였다. 정보 신호의 변조

시 양측파대에 동일한 정보가 포함되어 있으므로 하나의 측파대만으로 정보의 전달에 무리가 없음을 이용한 방안이다. 하나의 측파대를 제거함으로써 Direct Conversion 방안 구현에 기술적 문제였던 CCI의 영향을 줄이고 이 방안의 목적인 능동 방식과 동일한 주파수 대역을 사용할 수 있게 되었다. 결과적으로 수동 방식의 ETC 시스템과 능동 방식의 ETC 시스템의 주파수 대역을 호환할 수 있는 방안이 도출되었고, 이 방안은 기존의 2-Channel 30 MHz 방식과 거의 동등한 통신 성능을 나타냄을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] "40대 품목 기술/시장 보고서 시리즈", ETRI
- [2] H. S. Oh and C. H. Yim, "5.8 GHz DSRC packet communication system for ITS", *SK Telecommunication Review*, pp. 504-512, vol. 9, no. 4, 1999.
- [3] "ITS 서비스를 위한 DSRC 기술동향", 전파진흥, 2000년 2월, 전파진흥협회.
- [4] 정신철, 최기수, 이병섭, "Passive DSRC 시스템의 점유 주파수 대역에 관한 연구", 전자정보통신공학논문지, 제7권 제1호, 2001.
- [5] Robert C. Dixon, *Radio Receiver Design*, Marcel Dekker, 1998.
- [6] J. G. Proakis, *Digital Communications 4<sup>th</sup>*, McGraw-Hill, 2000.
- [7] Theodore S. Rappaport, *Wireless communications principle & practice*, Prentice Hall, 1999.
- [8] Wolfgang Detlefsen, and Wilhelm Grabow "Interoperable 5.8GHz DSRC Systems as Basis for Europeanwide ETC Implementation",  *Microwave Conference and Exhibition, 27th European IEEE*, 1997.
- [9] Bernard Sklar, *Digital Communications Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, 1988.
- [10] J. D Hopponen and R. K. Otnes, "Degradation of DPSK Bit Error Rates due to Jamming", *MILCOM'90 Conference Record, IEEE* 1990.
- [11] Andreas Polydoros, *Vehicle to Roadside Communication Study*, Univ. of Southern California 1996.

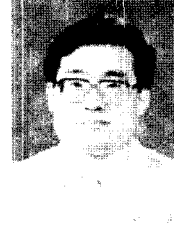
정 신 철



1976년 8월 31일생  
2000년 2월: 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)  
2000년 3월~2002년 2월: 한국항공대학교대학원 항공통신정보공학과 (공학석사)  
2002년 1월~현재: (주)백금정보통신

신 재직 중  
[주 관심분야] 신호처리, Adaptive Array, DSRC

이 병 섭



1957년 1월 1일생  
1979년 2월: 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)  
1981년 2월: 서울대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
1981년 2월~1992년 1월: 한국전자통신연구소 (ETRI)

1990년 5월: New Jersey Institute of Technology (공학박사)  
1992년 9월~현재: 한국항공대학교 항공통신정보공학과 교수  
[주 관심분야] 위성통신, 신호처리, Adaptive Array

최 기 수



1974년 8월 6일생  
2001년 2월: 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)  
2001년 3월~현재: 한국항공대학교대학원 항공통신정보공학과 석사과정 재학중  
[주 관심 분야] 신호처리, DSRC