

Bootstrap 알고리즘을 이용한 Passive DSRC 시스템의 성능 향상에 관한 연구

준회원 정 신 철*, 양 완 철**, 최 기 수**, 정회원 이 병 섭**

A Study on the Performance Improvement of Passive DSRC System Using Bootstrap Algorithm

Sin-Chul Jung*, Wan-Chul Yang**, Gi-Su Choi** *Associated Members*

Byung-Seub Lee** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 채널 상에 존재하는 인접채널 간섭을 감소시키기 위하여 ETC 시스템에 bootstrap 알고리즘을 적용한 방안을 제안하였다. 이 시스템에 적용된 bootstrap 알고리즘은 가중치 갱신에 참조 신호가 필요하지 않으므로 ETC 시스템에 적용이 용이하다. 또한, 일반적인 통신 시스템에 사용되는 LMS 알고리즘 보다 우수한 간섭 제거 성능을 나타낸다. 그래서 bootstrap 알고리즘을 적용한 시스템과 간섭 제거가 되지 않은 시스템을 시뮬레이션을 통하여 비교하였다. 또한, 제안된 방안이 LMS 알고리즘을 적용한 시스템보다 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다. 그러므로, bootstrap 알고리즘을 ETC 시스템에 적용하는 것이 적합함을 검증 하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a ETC system using bootstrap algorithm to reduce adjacent channel interference. The bootstrap algorithm is easy to apply the ETC system because the algorithm don't use a reference signal. So we compared the proposal ETC system with conventional ETC system performance. And we compared the LMS algorithm with the bootstrap algorithm. In conclusion, the bootstrap algorithm is useful to reduce adjacent channel interference in the ETC system.

I. 서 론

지능형 교통 시스템 기술은 기초 교통시설에 첨단 전자통신 정보기술을 응용함으로써 교통 시설운영 효율성의 극대화, 교통사고의 획기적인 감소, 물류비 절감 및 첨단 교통산업의 육성 등이 기대되는 기술이다. 이러한 ITS(Intelligent Transport System)의 도입에 따라 새로운 개념의 통신 수단으로 등장하게 되는 것이 단거리 무선통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication)이다.

DSRC 시스템은 OBU(On Board Unit)의 전송 방식에 따라 수동식과 능동식으로 구분된다. 수동식

은 상향 링크에 정보를 전송할 때, 하향링크의 반송파 신호를 반사시키며 상향링크 데이터를 실어 보내는 방식이다. 능동식은 OBU 자체 내에 오실레이터를 내장하여 반송파를 발생시켜 정보를 전송하는 방식이다. 그러므로 수동 DSRC 시스템은 OBU의 가격을 저렴하게 할 수 있어서 ETC(Electronic Toll Collection : 전자통행료징수시스템), 주차와 같은 ITS 적용 분야에서 효율적이다¹⁾.

국제적으로 ITS 적용 분야에 할당된 주파수 대역은 5.7~5.8GHz이며 이 대역에는 여러 다른 산업분야에서 사용되는 주파수 대역이 부분적으로 겹쳐 있다. 또한, 여러 가지 다른 목적의 ITS 서비스가 사용되면 할당된 주파수 대역은 인접 채널 간에 간

* (주) 백금정보통신 기업부설연구소 Microwave 연구실(scjung@bgtech.co.kr), ** 한국항공대학교 항공통신정보공학과
논문번호 : K01205-1008, 접수일자 : 2001년 10월 8일

섭(ACI : Adjacent Channel Interference)을 야기한다.

이러한 ACI는 시스템의 성능에 큰 영향을 미치게 되므로 제거되어야 할 필요성이 있다. 일반적인 통신 시스템은 LMS(Least-Mean Square) 알고리즘을 이용하여 간섭 신호를 제거한다. 그러나 LMS 알고리즘은 수렴속도가 느리고 참조 신호를 필요로 하는 문제점을 안고 있다. 그래서 본 논문에서는 수동 방식 ETC 시스템의 ACI를 제거하기 위하여 bootstrap 알고리즘을 적용하고 그 성능 평가를 LMS 알고리즘과 비교를 통하여 확인한다.

본 논문은 2장에서 수동형 ETC 시스템의 주파수 할당과 ACI 발생 배경에 관하여 기술한다. 3장에서는 시스템의 상향링크 채널 모델링을 통하여 간섭 신호가 존재할 때의 시스템 성능에 관하여 설명한다. 4장에서는 LMS와 bootstrap 알고리즘의 차이점을 기술하고 장점에 관하여 논한다. 5장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안된 방안의 시스템 성능을 검증하고 6장에서 결론을 도출한다.

II. 수동 ETC 시스템의 구성 및 ACI 발생요인

수동방식은 하향링크 데이터 전송을 1Mbps, 상향링크 데이터 전송을 500Kbps로 구성되며 점유 주파수 대역폭은 2-Channel 20MHz이다. 그림 1에는 2-Channel 20MHz 대역폭으로 구성된 상향, 하향링크 스펙트럼이 나타나 있다.

수동방식 시스템은 반이중 통신으로서 하향링크는 통신에 필요한 일정 시간 동안 데이터를 전송한 후 상향링크 통신을 위해 반송파만을 방사한다. 상향링크에서는 정보를 송신하기 위해 먼저 송신 데이터를 반송파를 이용하여 DPSK 변조한다. 변조된 데이터를 수신된 반송파와 합성하여 back-scattering 시켜 상향링크에 방사하게 된다^[2]. 그러므로 상향링크와 하향링크는 부 반송파 만큼의 보호

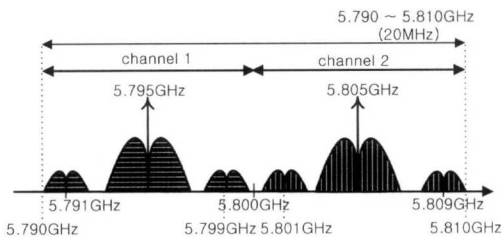


그림 1. 수동형 ETC 방식의 스펙트럼도

대역으로 구분되어진다. 이러한 보호대역은 인접 채널의 영향을 줄이기 위하여 사용된 것이다. 그러나 인접 채널에 의한 간섭 전력이 클 경우 spill over에 의한 간섭을 겪게 된다. 즉, 그림 1에서 채널 1의 상향링크 신호를 수신할 때 채널 2에 의한 간섭 전력이 크게 발생할 경우 spill over에 의한 시스템 성능 저하의 요인이 된다. 이러한 간섭 전력에 의한 시스템 성능 저하는 3장에서 채널 모델링을 통하여 확인한다.

다음은 간섭 신호의 발생 요인과 간섭 전력의 크기에 관하여 설명한다. 통신링크 상의 신호는 다양한 페이딩과 전파 손실의 영향을 겪는다. 그러나 수동방식 ETC 시스템의 통신 영역은 10M 이내로 설정되므로 본 논문에서는 자유공간손실만을 가정하였다.

자유공간손실은 송, 수신기 사이의 거리와 사용되는 반송파 주파수에 따라 전력손실이 변하는 함수이다. 특히 DSRC 시스템에서 사용되는 주파수 대역은 5.8 GHz이므로 자유공간손실이 크게 발생한다. 그러므로 ETC 시스템의 통신 영역은 약 10M 이내로 제한되는 특징이 있다. 이때 차량의 위치에 따른 RSE와 OBU간 거리는 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. RSE는 지상에서 3M 높이에 설치되어 있으며 OBU는 차량에 부착되어 있으므로 지상에서 1M 높이에 설치되어 있다고 가정한다. 그리고 d_1 , d_2 는 OBU와 RSE 사이의 수평 거리이다. 그러므로 채널 1의 상향링크는 $\sqrt{d_1^2 + 2^2}$ 만큼의 경로 손실을 겪고 RSE에 수신된다. 그리고 채널 2에 의한 간섭 신호는 $\sqrt{d_2^2 + 4^2 + 2^2}$ 만큼의 경로 손실을 거쳐 채널 1의 RSE에 수신된다.

다음은 자유 공간 손실을 나타내는 식이다^[3].

$$FreeSpaceLoss: L = 20 \log \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right) \text{ (in meters)} \quad (1)$$

여기서 D는 RSE와 OBU 사이의 거리이고 λ 는

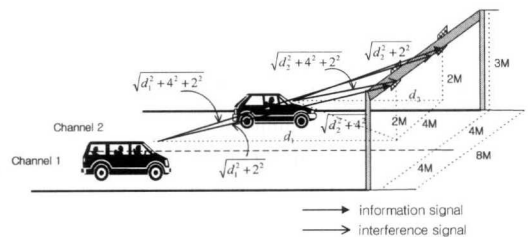


그림 2. 차량의 위치에 따른 RSE와 OBU 사이의 거리차

반송파 주파수의 파장이다.

정보 신호 전력 감쇄 :

$$L_s = -47.71 - 10 \log(d_1^2 + 4) \quad (2)$$

간섭 신호 전력 감쇄 :

$$L_i = -47.71 - 10 \log(d_2^2 + 20) \quad (3)$$

예를 들어 $d_1=6M$ 이고 $d_2=1M$ 인 경우를 가정하자. 이때 채널 1과 채널 2의 OBU에서의 송신 전력이 동일하다고 가정하면 SIR은 약 -3dB이다.

그러나 수동 방식에서 OBU 자체에 방사 전력은 존재하지 않고 수신된 반송파를 전송에 이용한다. 그러므로 OBU에 수신되는 전력은 송신 전력과 비례한다. 그림 3은 RSE 안테나의 방사 패턴을 나타내고 있다²⁾.

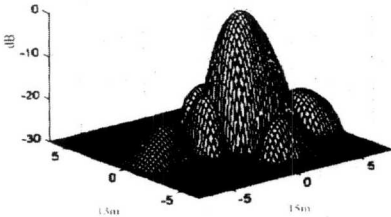


그림 3. RSE 안테나 방사 패턴도

그림 3에서 알 수 있듯이 방사 패턴은 위치에 따라 차이가 있고 이 차이에 따른 안테나 방사 패턴의 전력 차가 최대 20dB 발생한다고 가정하자. 그러면 거리에 의한 전력 감쇄와 안테나 방사 패턴에 의한 전력 차이에 의해 SIR은 약 -23dB가 될 수 있다.

III. 채널 모델링

본 논문에서는 주된 논점이 상향링크에 있으므로 상향링크의 채널 모델링만 기술한다. 수동방식 ETC 시스템의 특성 중 하나는 경로 손실이 큰 것이므로 상향링크에서는 다중경로 간섭 보다는 인접채널 또는 인접차선으로부터의 간섭과 AWGN을 주요간섭 성분으로 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 성분 중 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 spill-over된 간섭 전력은 주파수 영역의 대역 제한된 부분의 전력으로 가정할 수 있고 전체 주파수 영역의 비율로 나타낼 수 있다. 이 비율을 이용하여 spill over된 간섭 전력을 구할 수 있다. 다음은 파서발의 정리를 나타내고 있다⁴⁾.

$$\sum_{n=0}^{N-1} x^2(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)|^2 \quad (4)$$

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.

$$P_b = \frac{1}{2} \exp \left[\frac{N_0}{E_{bs}} + \frac{J}{S} \right]^{-1} = \frac{1}{2} \exp \left[\frac{E_{bs}}{N_0 + E_{bi}} \right] \quad (5)$$

식 (5)에서 E_{bs} 는 신호의 비트 당 에너지, J 는 간섭 신호의 전력, E_{bi} 는 신호대역에 spill over되는 간섭신호의 비트당 에너지이다^{15),16)}.

IV. LMS와 bootstrap 알고리즘

간섭을 제거하기 위하여 일반적인 통신시스템에서는 LMS 알고리즘을 주로 사용하지만 정보신호와 유사한 참조신호가 반드시 존재해야만 하는 제약이 있다. 그러나 bootstrap 알고리즘은 이러한 제약이 존재하지 않는다. 그림 4는 ETC 시스템에 bootstrap 알고리즘을 적용한 구조도를 나타내고 있다.

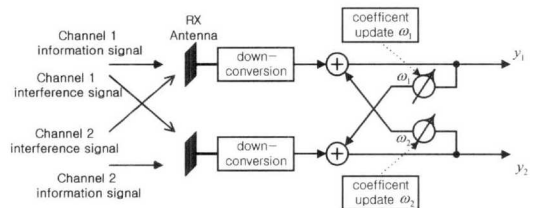


그림 4. 제한된 ETC 시스템의 bootstrap 알고리즘 구현 부분

LMS과 bootstrap 알고리즘의 비교를 위해 다음과 같이 가정한다. 채널상에 1개의 간섭 신호와 1개의 정보 신호가 존재한다고 가정하자. 이때 이 채널 모델을 행렬을 이용하여 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{x}(n) = \mathbf{A}\mathbf{I}(n) + \mathbf{n}(n) \quad (6)$$

여기서 \mathbf{A} 는 채널 행렬이고 \mathbf{I} 는 서로 독립적인 정보 신호이며 \mathbf{n} 은 가우시안 잡음이다.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad (7)$$

즉, a_{11}, a_{22} 는 수신된 정보 신호의 진폭 성분이고, a_{12}, a_{21} 은 간섭 신호의 진폭 성분이다.

1. LMS 알고리즘

일반적인 LMS 알고리즘은 출력에서 에러를 최소화 하는 방법으로 가중치를 갱신한다. 이러한 알고리즘의 최적 가중치는 다음과 같다.

$$\mathbf{W}_{opt} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{P} \quad (8)$$

$$\hat{\mathbf{I}}(n) = \mathbf{W}_{opt}^T \mathbf{x}(n) \quad (9)$$

여기서 $\hat{\mathbf{I}}(n)$ 은 $\mathbf{I}(n)$ 의 추정치이다. 그리고 가중치 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{W}_{opt} = \begin{bmatrix} \omega_{1opt} & \omega_{12opt} \\ \omega_{2opt} & \omega_{22opt} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R} = E\{ \mathbf{x}(n) \mathbf{x}^T(n) \}, \quad \mathbf{P} = E\{ \mathbf{x}(n) \mathbf{I}^T(n) \} \quad (10)$$

그리고 최적의 가중치를 획득하기 위한 회기 알고리즘의 갱신 과정은 다음과 같이 주어진다.

$$\omega_{ij}(n+1) = \omega_{ij}(n) - \mu e_i(n) x_j(n) \quad (11)$$

where $i, j = 1, 2, \dots, M$

$$e_i(n) = x_i(n) - I_i(n)$$

여기에서 $I_i(n)$ 은 가중치 갱신에 사용되는 참조 신호이다¹⁷⁾.

2. Bootstrap 알고리즘

그림 4에서 출력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{y}(n) = \mathbf{w}_B^{-1} \mathbf{x}(n) = \mathbf{w}_B^{-1} [\mathbf{A}\mathbf{I}(n) + \mathbf{n}(n)] \quad (12)$$

여기서 는 다음과 같이 계산된다.

$$\mathbf{W}_B = \begin{bmatrix} 1 & -\omega_{B12} \\ -\omega_{B21} & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\omega_{Bij}(n+1) = \omega_{Bij}(n) - \mu f(y_i(n)) y_j(n) \quad (14)$$

단, $1 - \omega_{B12}\omega_{B21} \neq 0$ 의 조건을 만족하여야 한다. 일반적으로 $f(y)$ 는 비선형의 기함수이고 본 논문에서는 $f(y) = y^3$ 을 적용하였다. 그러므로 식(12)에서 보면, 제안된 bootstrap 알고리즘의 최적의 가중치 행렬은 궁극적으로 $\mathbf{w}_{Boot} = \mathbf{A}^{-1}$ 을 만족시킨다¹⁸⁾.

다음은 최적의 가중치를 얻기 위한 과정에 관하여 설명한다. 단, 해석의 편의를 위해 잡음은 존재하지 않는다고 가정한다.

식 (6), (7), (12)를 이용하면 출력 $y(n)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y_1(n) = \frac{1}{\Delta} [AI_1(n) + BI_2(n)] \quad (15)$$

$$y_2(n) = \frac{1}{\Delta} [CI_1(n) + DI_2(n)]$$

여기서 A, B, C, D, Δ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A &\equiv a_{11} + a_{21}\omega_{B12} & B &\equiv a_{12} + a_{22}\omega_{B12} \\ C &\equiv a_{21} + a_{11}\omega_{B21} & D &\equiv a_{22} + a_{12}\omega_{B21} \\ \Delta &\equiv 1 - \omega_{B12}\omega_{B21} \end{aligned} \quad (16)$$

이때 식(14)에서 가중치 갱신은 출력의 상관값 $f(y_i(n))y_j(n)$ 이 최소가 되도록 조정된다. 그러므로 가중치가 정상상태에 도달하면 다음 식을 만족한다.

$$\begin{aligned} E\{f(y_1(n)) y_2(n)\} &= E\{f(y_2(n)) y_1(n)\} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (17)$$

식 (15)와 (17)을 이용하면 다음 식 (18)을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} E\{y_1^3(n)y_2(n)\} &= \frac{1}{\Delta} [3E\{I_1^2(n)\}E\{I_2^2(n)\}BA(BC+AD) \\ &\quad + E\{I_1^4(n)\}(A^3C+B^3D) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & E\{y_2^3(n)y_1(n)\} \\
 &= \frac{1}{\Delta^4} [3E\{I_1^2(n)\}E\{I_2^2(n)\}DC(BC+AD) \\
 &+ E\{I_1^4(n)\}(AC^3+BD^3)] \quad (18)
 \end{aligned}$$

식 (18)을 간단히 나타내기 위하여 $E\{I_1^2(n)\} = E\{I_2^2(n)\}$, $E\{I_1^4(n)\} = E\{I_2^4(n)\}$ 이라고 가정한다. 또한 $I_i(n)$ 은 이진 데이터로서 +1과 -1이 같은 확률로 발생한다고 가정하여 다음과 같이 간략화 하여 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & E\{y_2^3(n)y_2(n)\} \\
 &= \frac{1}{\Delta^4} [(3B^2+A^2)AC+(B^2+A^2)BD] \quad (19)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & E\{y_2^3(n)y_1(n)\} \\
 &= \frac{1}{\Delta^4} [(3D^2+C^2)AC+(D^2+C^2)BD]
 \end{aligned}$$

식 (19)은 비선형 방정식으로서 $B=C=0$ 또는 $A=D=0$ 일 때 각각 다음의 최적의 가중치 값을 갖게 된다.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{W}_{Bopt1} &= - \left[\frac{a_{12}}{a_{22}}, \frac{a_{21}}{a_{11}} \right] \\
 \mathbf{W}_{Bopt2} &= - \left[\frac{a_{22}}{a_{12}}, \frac{a_{11}}{a_{21}} \right] \quad (20)
 \end{aligned}$$

V. 시뮬레이션

시뮬레이션은 전체 대역폭을 20MHz 사용하는 ETC 시스템에서 ACI에 의한 간섭을 제거한 경우와 제거하지 않은 두 시스템의 성능을 BER(Bit

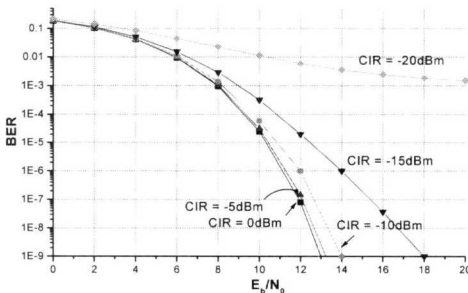


그림 5. ACI의 전력에 따른 시스템 성능 저하

Error Rate)을 통하여 비교하였다. 그리고 bootstrap과 LMS 알고리즘의 성능 비교를 통하여 ITS 시스템에서의 bootstrap 알고리즘의 우수성을 확인하였다. 이때 MSE(Mean Square Error)을 이용하여 두 알고리즘의 성능을 평가 하였다. 시뮬레이션에서 송, 수신 시스템간 클럭과 주파수는 정확하게 동기화 이루어 졌다고 가정하고 채널은 2개를 가정하였다.

채널상에 랜덤 가우시안 잡음과 ACI가 존재하는 경우, ACI에 의한 영향으로 시스템의 성능은 저하된다. 이것은 ACI 신호의 spill over 성분으로 인한 영향으로서 ACI의 전력이 클수록 시스템에 미치는 영향은 증대한다. 그림 5는 ACI의 전력 변화에 따른 시스템 성능 저하를 시뮬레이션으로 나타낸 것이다.

이때 약 CIR=-15dBm 이상인 경우 시스템의 성능은 급감함을 알 수 있고, 이에 따른 간섭 제거의 필요성이 제기된다. 그러므로 다음은 CIR=-15, 20dBm인 경우에 기존 시스템 성능과 제안된 시스템의 성능을 비교한다.

그림 6은 CIR=-15dBm일때 E_b/N_0 에 따른 시스템 성능을 BER을 이용하여 나타내고 있다. 이때 E_b/N_0 가 약 8dB 이하에서는 기존의 시스템이 bootstrap 알고리즘을 적용하여 간섭을 제거한 시스템보다 우수한 성능을 나타낼 수 있다. 이것은 bootstrap 알고리즘의 특성으로 잡음의 전력이 클 때 가중치 갱신에 제약이 받기 때문이다. 그러나 E_b/N_0 가 8dB 이상에서는 간섭 신호를 정상적으로 제거하고 이에 따라 시스템 성능이 향상됨을 알 수 있다. 그림 7은 CIR=-20dBm인 경우이며 그림 6과 마찬가지로 E_b/N_0 가 약 8dB 이상에서 우수한 간섭 제거 효율을 나타낸다. 그러므로 E_b/N_0 가 8dB 이상을 유지해야 bootstrap 알고리즘을 적용하여 간섭 신호 제거에 따른 시스템 성능 향상을 기대할 수

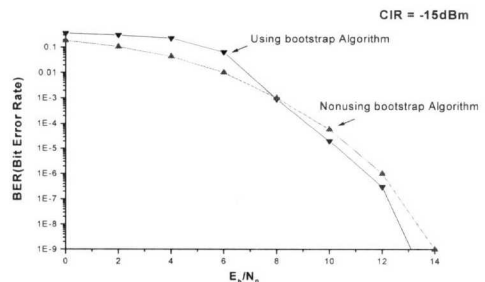


그림 6. Bootstrap 알고리즘의 적용 후 시스템 성능 향상 (CIR=-15dBm)

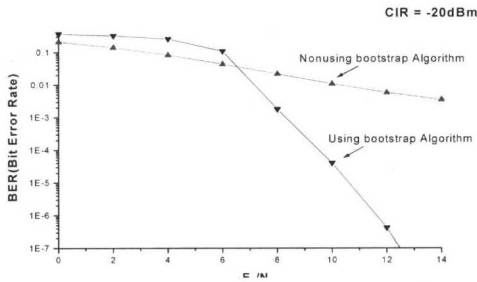


그림 7. Bootstrap 알고리즘의 적용 후 시스템 성능 향상 (CIR=-20dBm)

있다. 이때 현재 사용중인 ETC 시스템은 BER = 10^{-5} 이상의 성능을 유지하기 위하여 E_b/N_0 를 10dB 이상으로 유지하고 있기 때문에 bootstrap 알고리즘의 ETC 시스템에 대한 적용은 적합하다.

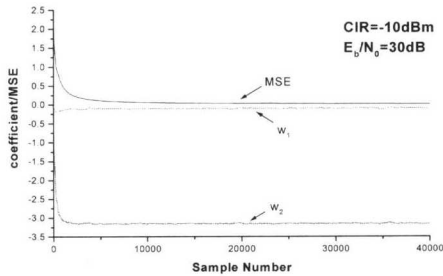


그림 8. bootstrap 알고리즘의 가중치 수렴 속도

다음은 LMS 알고리즘과 제안한 bootstrap 알고리즘을 적용했을 때의 시스템 성능 비교를 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 이때 μ 값은 동일하게 0.001을 적용하였다.

그림 9에서 bootstrap 알고리즘은 LMS 알고리즘을 적용했을 때 보다 간섭 신호를 효율적으로 제거함을 알 수 있다. 이때 제거되지 않은 간섭 신호 전

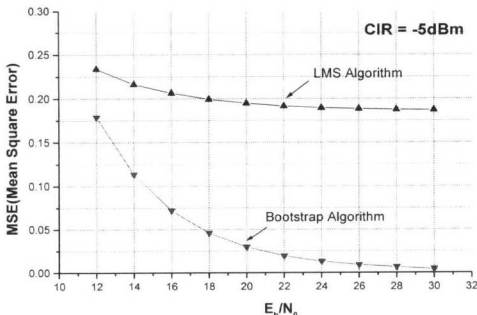


그림 9. Bootstrap과 LMS 알고리즘의 간섭 신호 제거 비교

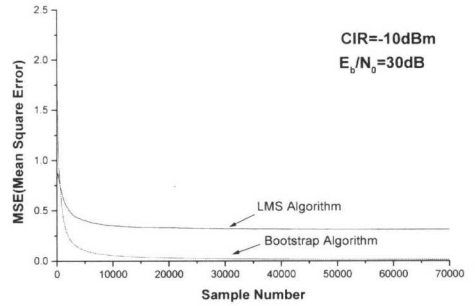


그림 10. Bootstrap과 LMS 알고리즘의 수렴 속도 비교

력은 시스템의 성능 저하를 야기한다. 또한 그림 10에서 bootstrap 알고리즘이 LMS 알고리즘보다 빠른 수렴 속도를 나타냄을 알 수 있다. 그러므로 ETC 시스템에 bootstrap 알고리즘을 적용할 경우 LMS 알고리즘 보다 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

VI. 결론

ETC 채널 중 상향링크에는 인접 채널에 의한 간섭인 ACI가 정보 신호보다 큰 전력으로 수신될 수 있다. 수치적으로 최대 정보대 간섭 신호의 전력비는 최대 약 -20dB로 존재하는 것을 2장에서 확인하였다. 이때 시스템 성능 저하를 시뮬레이션을 통하여 확인 하였고, 결과를 그림 5에 나타내었다.

본 논문은 ETC 채널 상에 존재하는 ACI에 의한 간섭을 제거하기 위하여 bootstrap 알고리즘을 적용하는 방안을 제안하였다. 그림 6, 7에서 bootstrap 알고리즘을 적용하여 시스템 성능이 향상되는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인 하였다. 또한 수렴 속도, MSE등을 통하여 bootstrap 알고리즘이 LMS 알고리즘보다 우수함을 검증하였다.

또한 LMS 알고리즘은 정보 신호를 얻기 위해 참조 신호가 반드시 필요한 제약이 있지만 bootstrap 알고리즘은 그러한 약점은 존재하지 않는다. 그러므로 ETC 시스템에 ACI를 제거하기 위하여 bootstrap 알고리즘을 적용할 경우 기존의 적용 알고리즘보다 효율적으로 시스템 성능을 향상시킬 수 있음을 확인 하였다.

참고 문헌

- [1] ARINC and Georgia Tech Research Institute, Spectrum Requirements for DSRC, pp.12, July

1996

[2] H.S. Oh, C.H. Yim., "5.8 GHz DSRC packet communication system for ITS", *SK Telecommunication Review*, pp.504-512, Vol.9 No.4, 1999

[3] Rappaport, *Wireless Communications : Principles and Practice*, Prentice Hall, pp.172-176, 1996

[4] Bernard Sklar, *Digital Communications Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, 1988

[5] 정신철, 최기수, 이병섭, "Passive DSRC 시스템의 점유 주파수 대역에 관한 연구", *전자정보통신공학논문지* 제7권 제1호, 2001

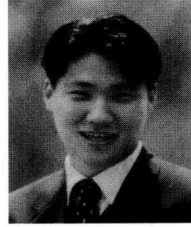
[6] J.D Hopponen, R.K. Otnes, "Degradation of DPSK bit error rates due to jamming" *A New Era. 1990 IEEE*, Vol. 1, pp.98-100, 1990

[7] Bernard Widrow, *Adaptive Signal Processing*, Prentice Hall, 1985

[8] D. Abdulkadir, Yeheskel Bar Ness, "Bootstrap : A fast blind adaptive signal separator", *ICASSP-92., 1992 IEEE International Conference*, Vol. 2, pp.325-328, 1992

최 기 수(Gi-Su Choi)

준회원

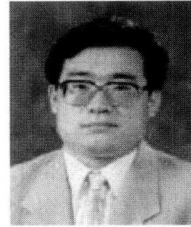


2001년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사
2001년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 석사과정

<주관심 분야> 신호처리, 위성통신, DSRC

이 병 섭(Byung-Seub Lee)

정회원



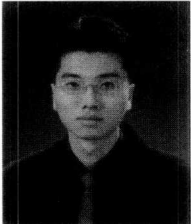
1979년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사
1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
1981년 2월 ~ 1992년 1월 : 한국전자통신연구소
1990년 5월 : New Jersey Institute of Technology 박사

1992년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 전자통신컴퓨터공학부 교수

<주관심 분야> 위성통신, 신호처리, Adaptive Array

정 신 철(Sin-Chul Jung)

준회원

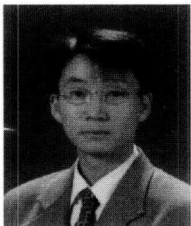


2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사
2002년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 석사
2002년 2월 ~ 현재 : (주)백금정보통신

<주관심 분야> 신호처리, Adaptive Array, DSRC

양 완 철(Wan-Chul Yang)

준회원



1998년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사
2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 석사
2000년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 박사과정

<주관심 분야> 신호처리, Adaptive Array