
이동 무선 통신에서 신경망을 이용한 간섭 신호 제어

나 상 동*, 배 철 수**

Interference Signal Control using Neural Network in Digital Mobile Communication

Sang-Dong Na*, Chul-Soo Bae**

要 約

본 논문은 DS-SS 이동 통신 시스템에서 복합 다계층 퍼셉트론 신경망을 이용한 간섭 신호 제어로써 직접 순차 확산 스펙트럼의 협대역 간섭 신호를 역전파 학습 알고리즘을 이용하여 억압하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 동일 채널 간섭과 협대역 간섭의 실제 톤(Tone)에서 빠른 수렴 비율과 더 좋은 성능을 가지는 복소수 역전파 알고리즘으로부터 제안된 새로운 복합 (CBPRLS) 알고리즘은 기존의 RAKE 수신기보다 더 낮은 비트 에러 율을 가지는 NNAC(Neural Network Adaptive Correlator)를 통해 간섭 신호가 보다 효율적으로 제어됨을 분석 고찰한다.

Abstract

In this paper, a back propagation neural network learning algorithm based on the complex multilayer perceptron is represented for suppressing narrowband interference of the received signals in DS-SS mobile communication system. We proposed neural network adaptive correlator(NNAC) which has fast convergence rate and good performance with combining back propagation neural network and the receiver of DS-SS. We analyzed and proved that NNAC has lower bit error probability than that of traditional RAKE receiver through results of computer simulation in the presence of the tone and narrow-band interference and the co-channel interference.

* 조선 대학교 공과 대학 컴퓨터 공학과 교수

** 관동 대학교 공과대학 전자통신 공학과 교수

접수일자 : 1998년 2월 5일

I. 서 론

DS-SS(Direct Sequence Spread Spectrum) 통신 시스템의 장점 중 한가지는 이동 통신 채널 환경에서 다 경로 페이딩 현상을 극복하기 위하여 경로 다이버시티를 이용하는 RAKE 수신 방식을 사용하고 있다는 것이다. RAKE 수신기는 최대 비 결합 방식을 사용할 때 최적의 성능을 가지며, 이를 위하여 수신기는 채널 경로 수에 따른 시간 지연, 위상과 신호의 왜곡을 포함하고 있다.

DS-SS 통신 시스템은 대역 확산 시스템과 같은 확산된 신호를 수신기에서 역확산 시키기 위해 송·수신기 사이에 정확한 동기가 필수적이며 DS-SS의 동기 시스템은 한 칩 이내로 동기를 맞추는 초기 동기 획득 과정과 정확하게 수신 위상에 동기를 맞추는 추적 과정으로 나눌 수 있다. DS-SS 통신 시스템에서 비동기 및 동기 방식 RAKE 수신기가 사용되었으나 수신기가 다소 복잡하고 비확산 함수의 결합, 간섭의 방해, 다경로 페이딩에 대한 조정 등 여러 가지 채널에서 시간에 대한 필터와 최적의 상태로는 적합하지 않으므로 본 논문에서는 동기 방식 RAKE 수신기가 최적의 성능을 가질 수 있도록 최대 비 결합 방식에서 채널 진폭과 위상을 알아내는 간섭 신호 제어의 추정을 위하여 신경망의 학습을 이용한 NNAC의 수신기의 성능을 분석한다 [1]. 통신 시스템에서 신경망의 적용은 다경로 페이딩에 적응 등화기가 적합한데 이는 신경망의 시그모이드 함수를 원하는 만큼 정확하게 근사화 할 수 있는 장점을 지니고 있기 때문이다[2][3].

이러한 배경으로부터 본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해 DS-SS 통신 시스템에서 적응 상관기 수신기와 다계층 신경망인 역전파 학습 알고리즘을 결합한 NNAC 구조에서 수신된 신호를 검출하여 그에 따른 결과들을 분석 하고, 적응 상관기를 이용한 NNAC 알고리즘의 성능과 NNAC의 여러 확률이 RAKE 수신기의 오차 확률보다 더 낮음과 또, 음성 신호와 협대역 간섭에서 NNAC가 간섭 억제 필터 없이 작동할 수 있음을 보인다.

II. 신경망의 적응 상관기 수신기 모델

RAKE 수신기는 대역 확산 통신에서와 같이 전

송 대역폭이 인접 대역폭보다 클 때 주파수 선택성 페이딩 채널에 사용되는 수신기로 다이버시티 효과를 나타낸다. DS-SS 통신 시스템에서 사용자들은 채널을 공유하게 되는데 수신기는 여러 사용자가 전송한 신호를 동시에 받으므로 사용자간 간섭 신호가 존재하게 된다.

검출기는 사용자마다 상관기를 두는 것인데 이러한 구조는 가능한 모든 지연 경로마다 사용자 신호들간의 상호 상관이 거의 없을 때만 가능하다. 그러나 CDMA 채널이 비동기 채널인 경우는 사용자가 임의의 시간에 신호를 보냄으로서 사용자 신호의 상대적인 지연에 의해서 불가피하게 상호상관이 생기게 되며, 또한 CDMA 채널이 동기 채널인 경우에도 수신단에서 역확산되지 않은 여러 사용자의 간섭 잡음의 레벨이 커지게 되면 사용자 신호들간에 상호 상관관계가 존재하게 된다. 이러한 수신기는 사용자 수의 증가에 따라 복잡도가 지수 함수적으로 증가하게 된다. 따라서 복잡도는 사용자 수에 따라 선형적으로 증가하면서 사용자간 간섭 신호를 제어하는 성능은 최적의 다중 사용자 수신기에 가깝도록 하는 연구가 계속 진행되어왔다. 이러한 다중 사용자 간섭 신호를 검출하는 DS-SS 시스템 모델은 그림 1과 같다.

그림 1에서 채널의 임펄스 응답을 고려하여 k명의 사용자는 각각 대역 확산 시스템 신호를 같은 주파수 대역으로 전송한다. 송신단에서 각 사용자의 BPSK로 변조된 디지털 신호는 대역 확산되고 각각의 채널 지연과 수신단에서 RAKE 수신기 출력을 다중 사용자 간섭 신호 제어 필터를 통과시키고 각 사용자 신호의 결정을 내린다.

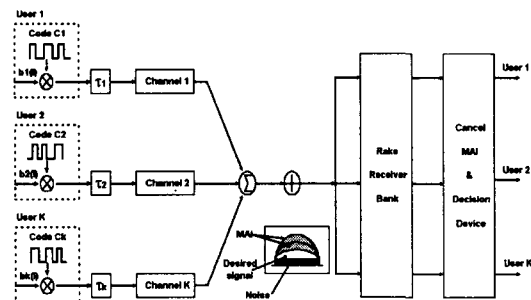


그림 1. DS-SS 시스템 모델
Fig. 1. DS-SS system model

본 논문에서는 DS-SS 통신 시스템에서 k사용자를 가진 변조 방법이 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)라 하면, 준최적 검출기는 자동 상관기를 통과한 출력을 사용자간 신호 간섭을 제거해주는 필터에 통과 시키고 그 출력을 결정단에서 각 사용자 신호의 결정을 내리는 복합 다층 신경망을 토대로 한 NNAC 수신기이며 구조는 그림 2와 같다.

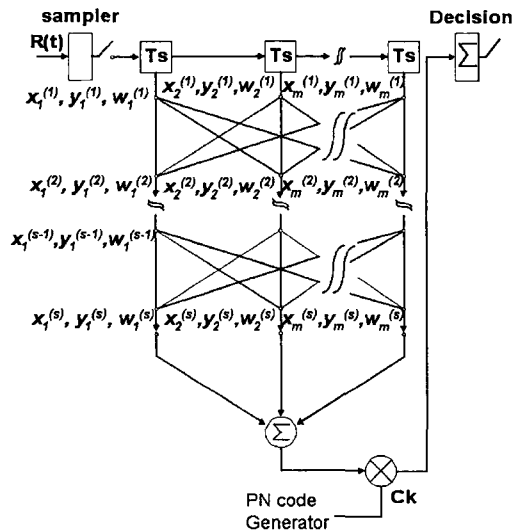


그림 2. NNAC의 구조
Fig. 2. The structure of NNAC

사용자 신호의 에너지를 알고 있거나 또는 추정할 수 있다는 가정 하에서 여러 가지 다중 사용자 검출기들이 제안되었는데 이러한 NNAC 수신기는 전력이 큰 사용자로부터 적응적으로 사용자 간섭 신호를 제거할 수 있고, 사용자 수에 따라 복잡도가 지수적으로 증가하는 형태를 선형적으로 증가하는 적응적인 다중 사용자 간섭 신호기이다.

NNAC 구조에서 학습 법칙으로는 EBP(Error Back Propagation) 모델을 사용하고, 그림 2에서 중간층과 각 유닛의 입출력 특성을 비선형화[3]해서 저역 통과 신호와 동일하게 수신된 $R(t)$ 는 식(1), (2)와 같다[4].

$$R(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{L-1} a_{jk}(t - iT_s) u_k(t - jT_c - iT_s) + i(t) + n(t) \quad \dots (1)$$

식 (1)에서 첫 번째 항 우측 $u_k(t - iT_s)$ 는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$u_k(t - iT_s) = b_k^{(i)} \sum_{n=0}^{N-1} p_n g(t - nT_c - iT_s) \quad \dots (2)$$

윗 식에서 $(a_{jk}, j=0, \dots, j-1)$ 와 J 는 탭 이득 계수를 나타내고, $u_k(t)$ 는 송신 기본 신호이며, $b_k^{(i)}$ 는 사용자 k 의 i 번째 송신 정보 기호이다. p_n 은 PN코드의 n 번째 칩의 값이고, n 에 의해서 길이를 나타내며, $g(t)$ 는 각각의 칩 파형이다. 또한 T_s 와 T_c 는 각각 기호와 칩의 주기이고 $i(t)$ 는 협대역 간섭을 나타내며, $n(t)$ 는 부가된 백색 가우시안 잡음을 나타낸다[5].

p_n 과 $g(t)$ 가 실수인 반면에 $R(t)$, a_{jk} , $u_k(t)$, $b_k^{(i)}$, $i(t)$ 와 $n(t)$ 는 모두 복소수이므로 NNAC에서 입력 벡터 X 는 식 (3)에서 나타낸 바와 같다. 여기서 칩의 주기는 T_c 이고, 샘플된 수신 신호가 $R(t)$ 일 때 출력 신호는 T_s ($T_s = NT_c$)의 비로 복원된 기호이다.

$$X = (R(T_c), R(2T_c), \dots, R(NT_c)) \quad \dots (3)$$

NNAC의 입·출력의 관계는 식 (4)와 식 (5)에 의해 나타난다.

$$x_j^{(l)} = \sum_{i=0}^{n^{(l-1)}} w_{ij}^{(l-1)} y_i^{(l-1)} \quad l=2, \dots, L \quad \dots (4)$$

$$y_j^{(l)} = \begin{cases} F(x_j^{(l)}), & j=1, \dots, n^{(l)}, l=2, \dots, L \\ x_j^{(l)}, & j=1, \dots, n^{(l)}, l=1 \end{cases} \quad \dots (5)$$

여기서, $n^{(l)}$ 은 l 층안의 노드 수이고, $w_{ij}^{(l)}$ 는 l 층의 노드 i 와 $l+1$ 층의 노드 j 사이의 가중치 값이다. $y_j^{(l)}$, $w_{ij}^{(l)}$, $x_j^{(l)}$ 는 $F(\cdot)$ 일때 모두 비선형 복소수 함수에서 유도되므로 식(6), (7)과 같다.

$$F(Z) = f(r) + i f(q) \quad \dots (6)$$

$$\frac{dF(Z)}{dZ} = \frac{df(r)}{dr} + i \frac{df(q)}{dq} \quad \dots (7)$$

위 식에서 Z는 실수 γ 를 가진 복소수이고, 허수 q 와 $f(\cdot)$ 는 실제 시그모이드 함수를 나타내며 NNAC의 출력에서 NNAC가 원하는 출력과 실제 출력 사이에서 신호의 차이점은 역전파 학습 알고리즘의 규칙에 따라 가중치를 조정한다[6][7][8].

III. CBPRLS 알고리즘

CBP(Complex Back-Propagation) 알고리즘의 형식에 따른 각 계층의 가중치는 기울기 강하 규칙에 따라 조정되고 최적의 가중치는 천천히 그 값에 근접하며 신경망 각 계층의 가중치는 빠른 수렴 비율에서 얻어진 반복적인 최소 제곱(RLS ; Recursive Least Square) 알고리즘 결과에 따라 조정된다[9][10]. CBPRLS (Complex Back Propagation Recursive Least Square)는 새로운 CBP 알고리즘 방법과 RLS 알고리즘의 조합된 것으로 실제 RLS 알고리즘의 복소수로 부터 확대되는데, 조정된 가중치에 의해 필요한 에러는 수정된 CBP 에러와 합쳐서 증가된다. CBPRLS 알고리즘에서 유도해 수정된 CBP 에러는 NNAC에서 출력층 내에서의 $n^{(L)}$ 노드라 가정하면, NNAC의 출력 제곱 에러 ε 는 식 (8)과 같다.

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^{L_2} e_k e_k^* \dots\dots\dots (8)$$

여기서 e_k 는 원하는 출력 d_k 와 실제 출력 $y_k^{(l)}$ 사이의 k번째 신호의 차이이고 기호 *는 공액 복소수이다. 2장에서 논의한 NNAC의 가중치는 모두 복소수이므로 CBP 알고리즘에 따라 조정될 수 있으며 이는 식(9), (10), (11), (12)와 같다.

$$\nabla_{ij} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{ij}^{(l)}} + i \frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{ij}^{(l)*}} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{ij}^{(l)}} + i \frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{ij}^{(l)*}} = -2e_j^{(l+1)} y_i^{*(l)}$$

$$e_j^{(l)} = \begin{cases} F'(x_j^{(l)} \otimes (d_j - y_j)), & l=L \\ \delta_j^{(l)} \otimes F'(x_j^{(l)}), & l=1, \dots, L-1 \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

$$\delta_j^{(l)} = \sum_{k=1}^{n^{(l+1)}} e_k^{(l+1)} w_{jk}^{*(l)} \dots\dots\dots (11)$$

$$w_{jk}^{*(l)} \leftarrow w_{ij}^{(l)} - \mu \cdot \nabla_{ij} \dots\dots\dots (12)$$

여기서 연산자 "⊗" 는 식(13)과 같이 정의된다.

$$Z_1 \otimes Z_2 = r_1 \cdot r_2 + iq_1 \cdot q_2 \dots\dots\dots (13)$$

또한, Z_1 과 Z_2 는 실수 r_1, r_2 와 허수 부분 q_1, q_2 이들 각각은 복소수 값이고, $w_{ij}^{(l)}$ 와 $w_{ij}^{(l)*}$ 는 각각 가중치 $w_{ij}^{(l)}$ 의 실수 부분과 허수 부분으로 나타낸다. μ 는 1 step 크기이고 $x_j^{(l)}$ 와 $y_j^{(l)}$ 는 모두 복소수 값이며, $F(\cdot)$ 의 평균은 $F(\cdot)$ 에서 유도된 것이며 식(9)에서 나타낸 오차 신호 $e_j^{(l)}$ 은 역전파 오차이다. 따라서 수정된 CBP 에러를 기본으로 한 CBPRLS 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계 1 : NNAC의 초기 값 가중치와 역 상호 행렬 $P_N^{(l)}$ 은 식 (14)에서 식 (17)과 같다.
- 단계 2 : NNAC의 출력 계산은 식(4), (5)에 따른다.
- 단계 3 : 가중치를 조정한다.

$$K_N^{(l)} = \frac{P_N^{(l)} Y_N^{*(l)}}{\omega + Y_N^{(l)} P_N^{(l)} Y_N^{*(l)}}, \quad N = n^{(l)}, \dots\dots (14)$$

$$l = 1, \dots, (L-1)$$

$$P_N^{(l)} \leftarrow \frac{1}{\omega} [P_N^{(l)} - K_N^{(l)} Y_N^{(l)} P_N^{(l)}] \dots\dots\dots (15)$$

$$w_{ij}^{(l)} \leftarrow w_{ij}^{(l)} + k_i^{(l)} \bar{e}_j^{(l+1)}, \quad i=1, \dots, n^{(l-1)}, \dots\dots\dots (16)$$

$$j=1, \dots, n^{(l)}$$

$$\bar{e}_j^{(l+1)} = \begin{cases} F^{-1}(d_j) - x_j^{(l)}, & l=L \\ e_j^{(l)}, & elsewhere \end{cases} \dots\dots\dots (17)$$

여기서 ω 는 ($0 < \omega < 1$)사이에서 조정된다.

단계 4 : 만약 CBPRLS 알고리즘이 수렴되면 검

출된 신호 $y_i^{(L)}$ 는 신호 d_i 을 대신하고, 단계 2로 간다.

NNAC는 수신된 확산 스펙트럼 신호를 검출하여 협대역 간섭을 억압하게 되고, RAKE 수신기와 NNAC를 이용한 수신기를 시뮬레이션을 통해 비교하면 다계층 퍼셉트론 내에 각각의 층에서 노드의 선택으로 인하여 NNAC 성능에 영향을 주게 된다.

IV. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

DS-SS 통신 시스템에서 전송률이 매우 큰 통신 시스템의 경우 다중 경로에 의해 발생하는 수신 신호 감쇄를 조정하기 위해 NNAC를 이용하여 복합 다계층 퍼셉트론에서 수신된 확산 스펙트럼 신호를 검출하여 RAKE 수신기와 NNAC 성능과 비교해서 분석한다.

컴퓨터 시뮬레이션에서 사용자가 1이라 가정하고, 각 정보 기호의 길이가 $N = 31$ 인 PN GOLD 코드 할당에 의해 변조된 것이라 하면 4 개의 탭을 가지는 주파수 선택 페이딩 채널을 고려하여 5 개 활동적인 사용자를 가지는 DS-SS 통신 시스템을 시뮬레이션 하였다[9][10][11].

다계층 퍼셉트론 내에서 각층 노드 수의 선택이 NNAC 성능에 영향을 주므로 알고리즘 계산에서 복잡성을 주지 않고, NNAC 성능의 감소에도 영향을 미치지 않는 범위에서 3계층 CMPL(Complex Multilayer Perceptron)을 31개의 입력 노드와 4개의 은닉층과 하나의 출력 노드를 가진 상관을기 선택해 결과를 분석한다.

다른 매개변수의 SNR, 는 i 번째 사용자의 잡음 비와 같고, E_b/E_n 는 사용자 1과 사용자 2의 전송 전력 비이며, f_d, T_s 는 각각 최대 도플러 주파수 이동과 정보 기호의 주기이다. f_d, T_s 는 채널의 여러 가지 비율을 보여주고, f_s 는 정보 기호의 비율이며, f_l 는 반송파 주파수로 부터 주파수 오프셋 간섭 일 때, B_l 는 협대역 간섭의 대역폭이다.

본 논문에서 NNAC와 RAKE 수신기의 성능 비율을 분석하기 위해 간섭 제어시스템이 미지의 비선

형 플랜트[12][13]에 요구되는 응답에 대한 입력 신호 $x(k)$ 를 검토하여 차분 방정식으로 기술된 비선형성의 단일 입출력을 식(18)과 같이 비선형 동적 시스템에 응용한다.

$$y(k+1) = f(y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1)) \dots \dots \dots (18)$$

단 : $[y(k), u(k)]$ 는 이산 시간 k 에서 단일 입출력 플랜트의 입출력 쌍을 나타내므로, 수정된 CBP 에러를 기본으로 한 CBPRLS 알고리즘을 적용하기 위한 신호 간섭 제어 시스템은 그림 4와 같다.

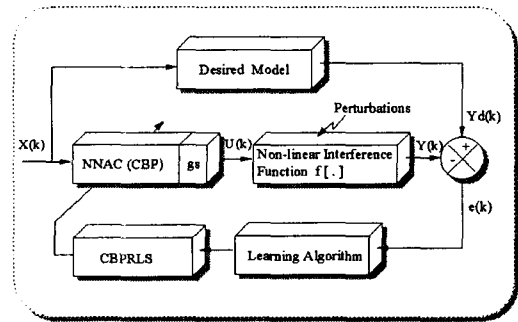


그림 3. NNAC(CBPRLS)의 비선형 간섭 제어 시스템 블록도

Fig. 3. Non-linear Interference control System Block Diagram of NNAC(CBPRLS)

그림 3에서 g_s 는 η 와 b 를 나타내며 역전파 학습의 활성화 함수에 새로운 기울기 값으로 오차 진동을 적게하여 수렴 속도를 빨리 하기 위해 첨가한 모멘텀항이다. 요구되는 출력이 $y_d(k)$ 이고 제어중인 간섭 제어의 실제 출력이 $y(k)$ 일 때 오차 $e(k) = y_d(k) - y(k)$ 이면 제어의 목표는 식 (19)와 같이 제한된 제어 입력 $u(k)$ 를 결정한다.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} [y_d(k) - y(k)] = e(k) = 0 \dots \dots \dots (19)$$

간섭 제어 시스템은 차분 방정식으로 식 (20)과 같다.

$$y(k) = f [y(k-1), y(k-2), u(k), u(k-1), u(k-2)]$$

..... (20)

이때 미지의 함수 $F[\cdot]$ 은 식 (21) 과 같다.

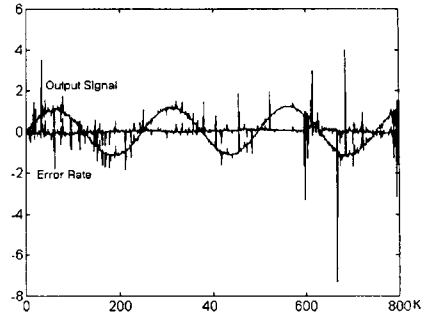
$$F[\cdot] = [2 + \tanh\{7\pi(y^2(k-1) + y^2(k-2))\}] + e^{-u(k)} / [1 + u^2(k-1) + u^2(k-2)]$$

..... (21)

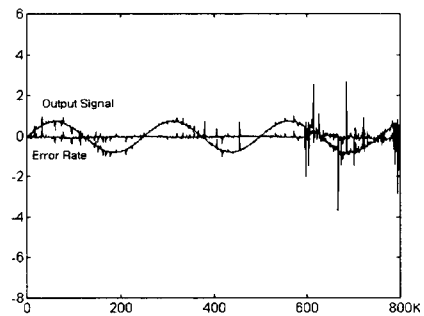
위 식에서 시스템 입력이 $x(k) = \sin(2\pi k/250)$ 일 때, NNAC 알고리즘과 RAKE 수신기의 간섭 제어의 성능을 비교해서 그림 4에 나타냈다. RAKE 수신기는 에러율이 높지만 NNAC 알고리즘은 입력 신호에 잘 제어됨을 알 수 있고, NNAC 알고리즘의 에러도 역시 RAKE 수신기보다 더 작음을 알 수 있다. 또한 그림 5는 NNAC와 RAKE 수신기의 성능 비율에서 각각 CBPRS와 CBP로 학습된 NNAC는 RAKE 수신기의 성능이 최악인 동안 RAKE 수신기의 에러 확률보다 NNAC의 에러 확률이 CBP 알고리즘 보다 더 작음을 보여주고 있다.

그림 6는 다중 사용자의 전력비의 영향에 대해 나타내는데, 이는 $E2/E1$ 의 증가를 가지는 NNAC와 RAKE 수신기 이 두 가지의 성능은 감소하였으므로, DS/SS 시스템의 성능에 있어서 완전한 전력 제어가 된다.

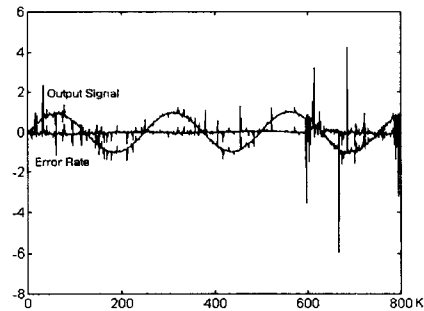
NNAC의 간섭 억압 능력은 그림 5에서와 같이, ISR(Interference to Signal Ratio)이 신호 비율에 대한 간섭이기 때문에 신호 음성과 여러 음성의 간섭을 나타내며 여기서 각각의 음성들은 NNAC에서 효과적으로 억압 제어되어 나타나므로, 협대역 간섭에서도 동일하게 약간의 성능 감소가 발생하여 간섭 신호가 제어 됨을 알 수 있다. 반면에 RAKE 수신기는 억압 필터가 없기 때문에 수신기의 성능이 단일 음성 간섭의 형태로 소진되었다.



(a) NNAC(CBP)



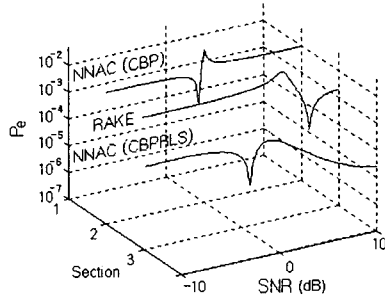
(b) RAKE Receiver



(c) NNAC(CBPRLS)

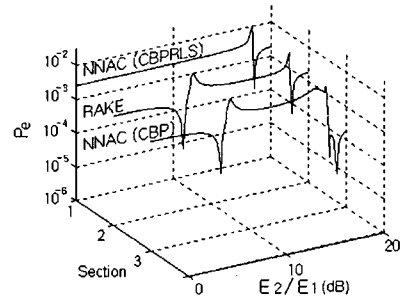
그림 4. NNAC 알고리즘과 RAKE 수신기의 간섭 추종 성능.

Fig. 4. Interference follow Performance of NNAC Algorithm and RAKE Receiver



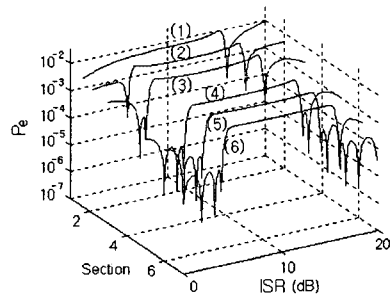
User=5, $f_d T_s = 2.5 \times 10^{-3}$
 $SNR_2 = SNR_3 = SNR_4 = SNR_5 = 0dB$

그림 5. SNR에 대한 NNAC와 RAKE의 BER 성능
 Fig. 5. BER Performance of NNAC Algorithm and RAKE Receiver versus SNR



User=5, $f_d T_s = 2.5 \times 10^{-3}$
 $SNR_1 = SNR_3 = SNR_4 = SNR_5 = 0dB$

그림 6. E_2/E_1 에 대한 NNAC와 RAKE 수신기의 BER 성능
 Fig. 6. BER of NNAC and RAKE Receiver versus E_2/E_1



1, 2, 3 : RAKE 4, 5, 6 : NNAC
 1, 4 : Narrowband Interferences
 2, 5 : Multi tone 3, 6 : Single tone
 User=5, $f_d T_s = 2.5 \times 10^{-3}$
 $SNR_1 = SNR_2 = SNR_3 =$
 $SNR_4 = SNR_5 = 0dB$
 $f_1 = 10 \text{ khz}, B_1 = 3 \text{ khz}, f_s = 20 \text{ ks/s}$

그림 7. ISR에 대한 BER 성능
 Fig. 7. BER versus ISR

V. 결론

본 논문은 새로운 CBPRLS 알고리즘에 의해 신경망을 통한 기존의 RAKE 수신기와 제안된 NNAC 비선형 간섭 추종을 비선형 플랜트에서 제어된 응답에 대해 고찰하고, 차분 방정식으로 기술되는 비선형 동적 시스템을 이용하여 제어 중인 간섭 추종의 제한된 제어 입력을 결정하여 시뮬레이션 하였다. 다층 신경망을 통해 적응 상관기를 응용한 협대역 간섭과 음성에서 인접 채널 간섭 경로에 존재하는 기존의 RAKE 수신기는 어려움이 높았으나, NNAC 알고리즘에서는 학습 후 어려움이 적고, 입력 신호에 잘 추종되어 간섭 신호가 제어 되었다. 또한 NNAC의 간섭 억압에서도 ISR이 신호 비율에서 나타난 간섭은 NNAC로 억제되기 때문에 협대역 간섭에서도 약간의 비트 오류율을 감소 시킴으로서 간섭 신호가 제어되었다.

참고문헌

[1] Charles N. Pateros and Gary J. Saulnier, "Interference Suppression and Multipath Mitigation Using An Adaptive Correlator Direct Sequence Spread Spectrum Receiver," in Proc., IEEE ICC '92

[2] Israe Korn, "Differential Phase Shift Keying in Two-path Rayleigh Channel With Adjacent Channel Interference" IEEE Tran. Vol. 40. pp.461-471, May 1991.

[3] Janfeng Weng Guagguo Bi Department of Radio Engineering, Southeast University Nanjing, 210096, P. R. China "A Neural Network based Adaptive Correlator in DS/SS Mobil Communication System"

[4] R.C Dixon "Spread Spectrum System", wiley interscience, 1976

[5] Sang-Dong Ra, Hyeon-Seob Cho, " A Study on Neural-fuzzy Pattern Matching Word Recognition" 'NNASP'93, 1993, 8

[6] J. Gevargiz, P. K. Das, and L. B. Milstein "Adaptive Narrow-Band Interference Rejection in a DS Spread-Spectrum Intercept Receiver Using Transform Domain Signal Processing Techniques" in IEEE Trans, Commun. Vol 37, pp 1359-1366, December 1989.

[7] J. J. Hopfield and D. Tank, "Neural computation of decision in optimization problems," Biol. Cybern., Vol 52, pp. 141-152, 1985.

[8] J. Ramanujam and P. Sadayappan, "Optimization by neural networks," IEEE Conference on Neural Networks, San Diego, Vol. 2. pp, 325-332. July 1988.

[9] A. J. Maren, C. T. Harston, and R. M. Pap, Handbook of neural computing application, Academic Press, pp. 107-250, 1990

[10] Sang-Dong Na, Chal-soo Bai, "The Decision feedback lattice filter structure for narrow-band interference cancellation in DS/SS communication", HICEC'92, proceedings, pp.2-59-261, 1992.

[11] M. M. Gupta, D. H. Rao, "Dynamic Neural units with applications to the control of unknown nonlinear systems," Reprinted with permission from Journal of Intelligent and Fuzzy systems Vol. 1, no1, pp. 352-371, 1993

[12] Sang-Dong Na, Chal-soo Bai, "A Study on Korean Recognition Using Semi-dynamic Neural Network with sequential Feedback Architecture" ICC T'94, Proceeding, pp. 1442-1443, 1994.

[13] Sang-Dong Na, Chal-soo Bai, "An Improved DS/SS Communication Technique Jammer Rejection" ICHNT&TI'96, proceeding, pp. A 24-23, 1996



나 상 동(Sang-Dong Na)
1968년 3월 조선대학교 전기
공학과(공학사)
1979년 9월 건국대학교 대학원
전기전자공학과(공학석사)
1991년 9월 원광대학교 대학원
전기공학과 (공학박사)

1973년 3월 ~ 현재: 조선대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
1995년 ~ 1996년: Dept. of Computer Eng. Univ. of California Irvine 연구교수
1998년 ~ 현재: 한국통신학회 편집위원
관심분야 : 실시간통신, ATM 네트워크, 이동통신, 신경회로망



배 철 수(Chul-Soo Bae)
1979년 2월 명지대학교 전자
공학과(공학사)
1981년 8월 명지대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1988년 6월 명지대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)

1995년 4월 ~ 현재: 관동대학교 전자통신공학과 교수
1995년 ~ 현재: 한국통신학회 강원지부장
관심분야 : 디지털 신호처리, 이동통신, 컴퓨터 통신 제어 ATM 네트워크