

WCDMA 셀룰러 네트워크를 이용하는 차량간 통신을 위한 간섭제거기법

The Interference Cancellation Method for Inter-Vehicle Communication using WCDMA Cellular Network

하 원
(고려대학교, 박사과정)

배 정 화
(고려대학교, 박사과정)

박 진 우
(고려대학교, 교수)

목 차

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| I. 서론 | III. 컴퓨터시뮬레이션 |
| II. Code Grouping을 이용한 간섭제거 기법 | 1. 시뮬레이션 조건 |
| 1. Code Grouping | 2. 시뮬레이션 결과 |
| 2. 간섭제거 방식 | VI. 결론 |

I. 서론

차량간 통신은 지능형 교통정보시스템의 구성을 위한 기본적인 부분이며 안전도의 향상을 위한 차량의 제어와 교통량의 제어를 목적으로 하고 있다. 이러한 통신의 방법에는 대상 차량간의 직접적인 연결방식에 기반하고 있으며 임시적인 네트워크를 구성하거나, 점대점 통신방식을 사용하여 주위의 차량들과 통신을 유지, 정보를 받는다. 그러나 이러한 점대점 통신방식의 경우, 차량간의 거리가 멀어지거나 중간에 화물트럭과 같은 커다란 장애물이 발생할 경우 그 통신의 성능이 현저히 저하되어, 그 정보의 신뢰성이 떨어지게 된다. 그러므로 점대점 통신을 통해 통신이 불가능할 경우 셀룰러 네트워크를 통해 정보를 주고받는 방식이 제안되었다[1]. 셀룰러 네트워크를 이용한 차량간 통신은 직사경로가 확보되는 경우 높은 전송률을 갖는 직접적인 통신방식을 사용하고, 직사경로가 확보되지 않는 경우에는 기지국 장비를 이용하여 통신경로를 확보한다.

이러한 차량간 통신에 사용할 수 있는 3세대 이동통신시스템인 WCDMA 시스템의 경우, 차량 및 주위의 장애물들로부터 생기는 다중경로로 인하여 간섭이 발생한다. 이러한 간섭성분은 통신의 성능을 제한하며, 차량간 통신에서 얻는 정보의 신뢰성을 떨어뜨린다. 특히 다양한 정보를 제공하는 높은 전송률의 하향링크의 경우, 간섭으로 인한 성능의 저하는 큰 문제가 된다.

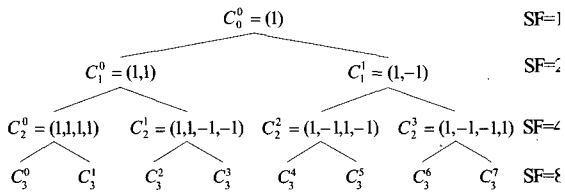
본 논문에서는 이러한 WCDMA 하향링크에서 적용 가능한 간섭제거 기법을 제안하고 그 성능을 알아보도록 한다. 이 간섭제거 기법은 사용자간의 구분을 위해

생성되는 OVVSF(Orthogonal Variable Spreading Factor) 코드의 생성 특성을 이용하여 코드를 Grouping 하고 이를 이용하여 간단한 연산으로 간섭을 제거한다.

II. Code Grouping을 이용한 간섭제거 기법

1. Code Grouping

CDMA 시스템에서 성능의 향상과 용량의 증대를 위하여 간섭을 제거 또는 억압하기 위한 다양한 방식들이 제안되었다. 이러한 방식들은 다중사용자 수신기라 불리며, 선형적인 변환을 이용한 방식, 비선형적인 간섭제거에 기반한 방식, 최적계수를 적응적으로 찾는 방식 등 다양한 방식들이 존재한다. 최적의 성능을 제공하는 Verdu의 다중사용자 수신기[2]의 경우, 사용자의 수에 exponential 하게 증가하는 복잡도를 갖는 단점을 갖는다. 또한 기존의 간섭제거방식의 경우, 각각의 사용자에 대한 정보를 모두 가지고 있어야 하므로 연산의 복잡도와 처리시간이 늦어지는 단점이 있다. 이러한 단점들은 기지국에서 사용하기에는 용인될 수 있으나, 다양한 멀티미디어 정보를 소화해 내야 하는 하향링크의 수신기인 휴대단말에 적용하기에는 어려움이 따른다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 이 논문에서는 OVVSF 코드의 생성특성을 사용하여 각각의 코드를 그룹내의 대표코드를 사용하여 그 사용자의 간섭성분을 재현한 다음 그 신호를 수신한 신호에서 제거하여 성능을 향상시키는 방법을 제안한다.



〈그림 1〉 OVFS 코드와 코드그룹의 생성

〈그림 1〉에는 OVFS 코드의 생성방법을 설명하고 있다. C_j^i 는 i 번째 계층의 j 번째 코드를 의미하며 그 코드의 길이와 가지는 확산이득은 2^i 이다. 코드트리는 상위 모코드(mother code)를 반복하여 생성된다. 예를 들어 자코드(child code) $C_2^2 = C_1^1, C_1^0$ 와 $dC_2^2 = C_1^1, -C_1^0$ 를 선택할 경우 이의 모코드인 C_1^1 와 자코드 C_2^2 과의 상관은 1,1이 되며, C_1^1 과 C_2^3 의 상관은 1, -1이 된다. 이와 같이 자코드는 모코드로 완벽한 재생이 가능하다. 그러므로 모코드만 알면 그 이하의 자코드들은 간섭 성분을 재현할 때 그 정보가 요구되지 않는다.

제안된 다중사용자 간섭 제거수신기에서는 간섭성분을 모코드의 자코드의 상관을 이용하여 대표코드로부터 생성하고 이를 수신된 신호에서 제거하여 간섭성분이 없는 수신신호를 만든다. 이를 다시 기존의 상관수신기를 이용하여 복구하면 자신의 정보가 얻어지게 된다. 여기에서 적당한 확산이득을 가정하면 그에 상응하는 코드그룹이 생성된다. 이 생성된 코드그룹은 최상위의 코드를 대표코드로 가지며 하위계층의 코드들을 멤버로 갖는다. 예를 들어 그림1에서 확산이득을 8로 할 경우, 8개의 코드그룹이 생성되며 그 각각의 대표코드는 $C_3^0 \sim C_3^7$ 이 된다. 여기에서 우리가 원하는 사용자의 신호가 C_3^7 을 대표코드로 갖는 코드그룹에 속한 사용자일 경우, 그룹 외부인 $C_3^0 \sim C_3^6$ 코드 그룹에서 오는 간섭성분은 inter-group interference라 하고 그룹 내부인 C_3^7 코드그룹에서 오는 간섭성분은 intra-group interference라 부른다.

2. 간섭제거 방식

기지국에서부터 전송되는 신호는 식(1)로 표현된다.

$$x(t) = \sum_{g=1}^G \sum_{j=1}^{L_g} Z_g(t - (j-1)T_C) \quad (1)$$

여기에서 Z_g 는 그룹g의 칩당 간섭성분의 총량이며,

G 는 코드그룹의 수, L_g 는 대표코드의 확산이득이다.

$$Z_g(t) = \sum_{i=1}^{N_g} \sqrt{w_i} b_i s_g(t) \quad (2)$$

여기에서 $s_g(t)$ 는 코드그룹g의 대표코드이며, $\sqrt{w_i}$ 는 i 번째 사용자의 진폭을 의미하고, b_i 는 i 번째 사용자의 데이터를, N_g 는 코드그룹 내의 사용자의 수를 의미한다.

휴대단말에서의 수신신호 $r(t)$ 는

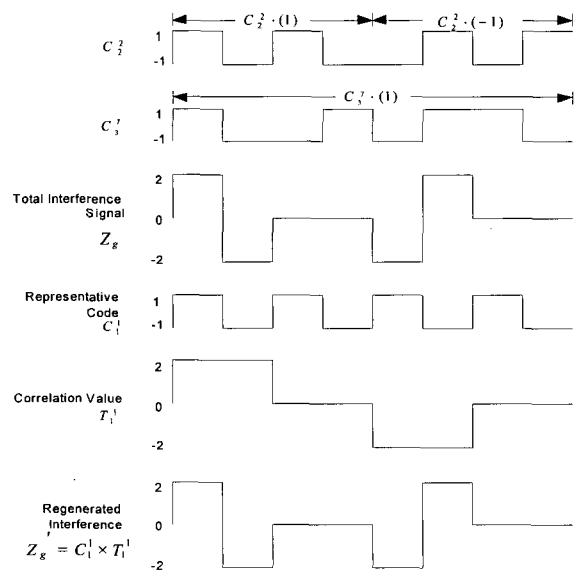
$$r(t) = \sum_{p=1}^P \sum_{g=1}^G \sum_{j=1}^{L_g} a_p Z_g(t - (j-1)T_C - \tau_p) + n(t) \quad (3)$$

여기에서 P 는 채널상에 존재하는 다중경로의 개수를 의미한다.

만약 우리가 원하는 사용자가 코드그룹 G 에 속한다고 가정하면, 수신기에서 받는 다중사용자 간섭 성분과 잡음 성분은 식(4)와 같이 주어진다.

$$i(t) = I(t) + O(t) + n(t) = \sum_{p=1}^P \sum_{g=1}^{G-1} \sum_{j=1}^{L_g} a_p Z_g(t - (j-1)T_g - \tau_g) + \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{j=1}^{L_k} a_p Z_k(t - (j-1)T_g - \tau_g) + n(t) \quad (4)$$

여기에서 $I(t)$ 는 inter-group interference, $O(t)$ 는 intra-group interference, L_K 는 그룹내 사용자의 확산이득, K 는 그룹G 내부에 존재하는 사용자의 수를 의미한다. 식 (2)와 식 (4)에서 우리는 추정된 다

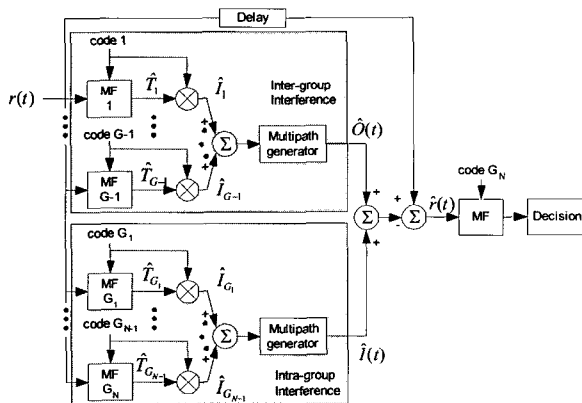


〈그림 2〉 대표코드를 이용한 간섭재생방법

중사용자 간섭 z_g 를 코드그룹의 대표코드로부터 재생할 수 있다. <그림 2>에서는 대표코드를 사용하여 간섭성분을 재생하는 방법을 보이고 있다. 2명의 간섭사용자가 각각의 확산코드를 C_2, C_3 로 하면, 그들은 C_1 을 대표코드로 갖는 코드그룹의 멤버가 된다. 기지국에서 방사되는 신호는 각 사용자의 확산된 신호의 합이 된다. 이 방사된 신호를 그룹의 대표코드인 C_1 으로 상관시키면 코드그룹에서 생성되는 간섭성분의 총량 T_1 을 구할 수 있다.

그 다음 T_1 신호를 C_1 을 이용하여 다시 확산시키면 두 사용자 C_2, C_3 로 인한 간섭성분을 완벽히 재생할 수 있다. 기존의 간섭제거 방식에서는 간섭제거를 수행하는 블록이나 단계마다 간섭사용자의 데이터가 복구되고 이를 확산시켰으나 제안된 방식에서는 각 사용자의 데이터는 복구하지 않고 간섭의 총량(T_1)만을 구하고, 이를 대표코드로 다시 확산하는 방식을 사용한다. 그러므로 각 사용자의 정확한 코드를 요구하지 않으며 이를 통해 요구되는 연산의 수를 줄일 수 있게 된다. 이러한 과정을 통해 얻어진 재생된 간섭성분들은 최초 수신된 신호에서 빼내어져 기존의 상관수신기를 이용, 데이터를 복구하게 된다. 각 그룹의 간섭성분은 상호 독립적으로 재생된다. 이러한 구조는 기존의 병렬간섭제거기(Parallel Interference Cancellation)과 유사하다.

제안된 수신기는 각 사용자의 코드를 직접 이용하지 않고 코드그룹의 대표코드를 사용하기 때문에 이 수신기를 code grouping interference cancellation (CGIC)라 부른다. <그림 3>에는 CGIC 수신기의 구조를 보이고 있다. CGIC 수신기는 inter-group interference(위)와 intra-group interference(아래)를 재생하는 블록으로 나뉘어 진다. Intra-group interference를 발생시키는 부분은 직렬간섭제거기와 비슷한 구조를 갖는다. 만약 코드그룹의 수를 적당히 선택한다면, 간섭



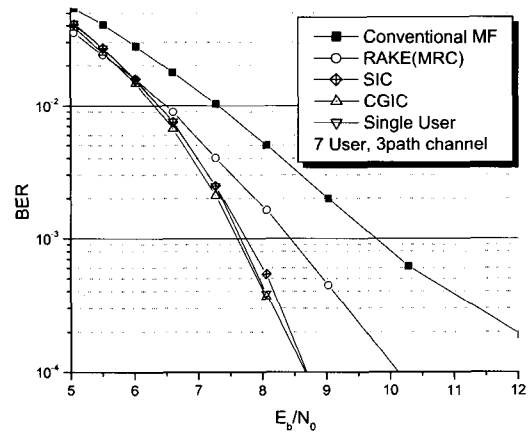
<그림 3> CGIC 수신기의 구조

제거에 요구되는 코드의 수는 현저히 감소되며 이를 통해 연산의 양을 줄일 수 있다. 또한 병렬적인 간섭제거 기법을 사용하므로 간섭제거에 소요되는 처리시간도 직렬방식에 비해 현저히 줄일 수 있는 장점이 있다.

III. 컴퓨터 시뮬레이션

1. 시뮬레이션 조건

컴퓨터 시뮬레이션을 수행하는데 있어서 휴대단말은 채널에 대한 완벽한 정보를 가지고 있다고 가정하였다. 또한 잡음은 가산백색잡음으로 가정하였고 각 사용자의 신호세기는 동일하다고 가정하였다. 사용된 채널은 3개의 다중경로 성분을 가지고 있고 그의 임펄스응답은 z^{-1} 를 one-chip delay라 할 경우 $H(z) = 1 + 0.5z^{-1} + 0.3z^{-2}$ 로 하였다. 채널상에는 한 명의 원하는 사용자와 6명의 간섭사용자가 존재한다. 간섭사용자들은 2개의 코드그룹에 속하고 있으며, 원하는 사용자와 다른 그룹에 속하고 있다. 각 사용자는 각각의 OVFSF 코드를 이용하여 확산된 다음 $2^{16} - 1$ 의 길이를 갖는 gold code를 이용 scramble 하였다. 성능비교를 위하여 사용한 RAKE 수신기는 최대비율합성(MRC) 방식을 사용하여 각각의 다중경로 성분을 합성하는 것으로 하였다. 또한 직렬간섭제거 수신기[3]는 모든 사용자의 정보를 가지고 있다고 가정하였다.



<그림 4> BER performance of receivers

2. 시뮬레이션 결과

<그림 4>에는 3개의 경로를 갖는 채널에서의 성능을 보이고 있다. <그림 4>에서 CGIC 수신기의 BER 성능은 기존의 상관수신기는 물론 MRC 방식을 이용한

RAKE 수신기보다 성능이 월등히 우수함을 볼 수 있다. 기존의 상관수신기와 RAKE 수신기는 간섭성분을 잡음과 같이 보기 때문에 이에 대한 성능의 감소를 보일 수밖에 없다. 또한 RAKE 수신기의 경우 다중경로 성분을 합성하면서 간섭성분마저 합성하게 되므로 이로 인해 성능이 감소된다. CGIC 방식은 7명의 사용자가 존재하는 경우, 한 명의 사용자만이 존재하는 경우와 같은 성능을 보이고 있다. 이는 CGIC가 다중사용자 간섭을 효과적으로 제거하고 있음을 보여주고 있다. 낮은 E_b/N_0 구역에서는 CGIC의 성능이 RAKE 수신기에 비해 저조한 것을 볼 수 있는데, 이는 잡음에 의해 간섭을 재생의 오류가 생기기 때문이다. E_b/N_0 가 9dB 인 지점에서 CGIC의 성능은 기존의 상관수신기보다는 20dB, RAKE 수신기보다는 8dB 정도 우월한 것을 보이고 있다.

또한 그림4에서 보면 CGIC 방식이 SIC 방식과 거의 유사한 성능을 갖는 것을 보여주고 있다. 여기에서 SIC 방식은 모든 다른 사용자에 대한 정보를 가지고 있고, CGIC 방식은 자신의 코드와 코드트리만을 알고 있음에 주목해야 한다. CGIC 방식은 자신의 코드만을 요구하고 대표코드는 이미 정해진 코드트리를 이용하여 추출한다. 그러므로 SIC 방식보다 연산의 간단함이 장점이 되며, 특히 다른 사용자의 정보를 알 수 없는 휴대단말에서는 CGIC 수신기가 유일한 대안이 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 차량간 통신에 사용할 수 있는 WCDMA의 하향링크에서 OVSF의 트리구조로부터 코드그룹을 생성하고 이를 통해 효율적으로 다중 사용자 간섭을 제거하는 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 기존의 방식들보다 성능이 우월하면서도 연산의 양을 현저하게 줄일 수 있고 또한 다른 사용자의 코드정보를 요구하지 않기 때문에 하향링크의 수신기인 휴대단말에 적용이 가능하다. 제안된 CGIC 수신기는 셀룰러 네트워크를 이용한 차량간 통신에 있어서, 정보의 신뢰도를 높이고 링크의 전송률을 높이는데 사용될 수 있다.

참고문헌

1. L.B. Michael, and et al., "Combined Cellular/Direct Method of Inter-Vehicle Communication", Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2000, pp. 534-539.
2. S. Verdu, "Minimum Probability of Error for Asynchronous Gaussian Multiple-access Channels", IEEE Trans. Inform. Theory, Vol.IT-32, pp.85-96, 1986.