

---

# 다중 간섭 환경에서 Impulse Radio UWB 시스템의 전송품질 향상에 관한 연구

장세인\* · 이양선\*\* · 김시관\*\*\*

## A Study on the QoS Improvement of Impulse Radio UWB System in Multiple Interference Environment

Se-In Jang\* · Yang Sun Lee\*\* · Si-Gwan Kim\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 Impulse Radio UWB 시스템에서 다중 접속시 발생하는 간섭을 개선하기 위해 CCI canceller를 적용하여 동일 채널 상의 다중 접속 간섭을 제거 하였다. 또한, 전송 품질을 향상시키기 위하여 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용하여 다중간섭 채널 환경에서의 시스템 성능을 평가하였다.

### ABSTRACT

In this paper, We applied CCI canceller to remove multiple access interference in co-channel environment and improved performance of Impulse Radio UWB system. Also, we have evaluated the performance of UWB system with Truncated Type-II Hybrid ARQ scheme for achieving high quality data transmission.

### 키워드

초광대역, truncated type-II hybrid ARQ, 동일채널 간섭제거, 다중접속

### Key word

ultra wideband, truncated type-II hybrid ARQ, CCI canceller, multiple access interference

---

\* 한국폴리텍VI대학 대구캠퍼스 인터넷미디어과(제1저자)

\*\* 조선대학교 정보통신공학과 (교신저자, yslee48@gmail.com)

\*\*\* 금오공과대학교 컴퓨터공학부

접수일자 : 2009. 12. 31

접수완료일자 : 2010. 02. 05

## I. 서 론

홈 네트워크는 다양한 유·무선 네트워크 기술을 적용하여 실내의 모든 가전기기 및 휴대기기 등을 하나의 네트워크로 연결하여 실내 혹은 실외에서 제어할 수 있게 하는 유비쿼터스 환경의 핵심 기술이다. 최근들어 무선 통신 시스템의 급격한 증가로 인해 한정된 주파수 자원의 효과적인 분배가 큰문제로 대두되고 있다. 이러한 문제에 대한 해결책은 크게 신호의 협대역화와 새로운 주파수 대역의 이용으로 구분할 수 있다. 하지만, 신호의 협대역화는 한계가 있으며, 수십 GHz 이상의 새로운 주파수 대역에 대한 개발과 이용은 여러 기술적인 제약이 있는 것이 현실이다. 이러한 문제에 대한 근본적인 해결책으로서 기존 시스템과 동일한 주파수 대역을 사용하면서 잠음대역 아래로 무변조시켜 전송하는 초광대역 임펄스 통신시스템(Impulse Radio Ultra Wideband System) 기술이 관심을 모으고 있다[1],[2]. UWB 무선기술은 기존의 시스템에 비하여 셀의 크기가 훨씬 더 작아지고 전파환경이 더욱 열화될 것으로 예상된다. 또한 저전력 전송을 요구하는 UWB 무선기술을 이용하여 WPAN 영역에서 가전기기간의 데이터 스트리밍이 전송될 수 있는데, 이때, 다수의 가전기기 간의 데이터 스트리밍 전송이 동시에 수행되는 경우 CDMA 통신에서와 같이 다중간섭문제(Multiple Interference)가 발생할 수 있다[3],[4].

따라서, 본 논문에서는 IR UWB 다중접속 시스템에서 다중 접속시 발생하는 다중 접속 간섭을 분석하고, 다중간섭에 의한 성능열화를 개선하기 위해 CCI canceller를 적용하여 동일 채널 상의 간섭을 제거 하였다. 또한, 데이터 서비스에서 요구하는 서비스를 보장하고 전송 품질을 향상시키기 위하여 재전송을 제한한 Hybrid Type-II ARQ 방식을 적용하였다.

## II. Impulse Radio UWB 시스템

### 2.1 모노사이클 펄스 특성

UWB-IR 시스템의 펄스  $p(t)$ 는 주기  $T_p$ 와 에너지  $E_p = \int_{-\infty}^{\infty} [p(t)]^2 dt$ 를 갖는다. 송신기에서는 아래 식 (1)

로 표현되는 가우시안 모노사이클 펄스  $p_{TX}(t)$ 를 전송한다.

$$p_{TX}(t) = t \exp(-2\pi [\frac{t}{t_n}]^2) \quad (1)$$

여기서  $t_n$ 은 펄스의 폭을 결정하는 파라미터로, 수나노초 이하의 매우 작은 값을 사용한다. 식(1)과 같은 가우시안 모노사이클 펄스가 수신기에 입사되는 경우 수신단 입력파형  $p_{RX}(t)$ 는 다음 식(2)와 같이 나타낼 수 있다[5].

$$p_{RX}(t) = (1 - 4\pi [\frac{t}{t_n}]^2) \exp(-2\pi [\frac{t}{t_n}]^2) \quad (2)$$

여기서, 신호의 스펙트럼과 시간영역 구조는  $t_n$ 에 의해 결정된다.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} p_{RX}(t) dt = 0 \quad (3)$$

식 (3)은 수신된 신호에서 DC 성분의 제거를 의미한다. UWB-IR 시스템에서 복조는 상관기를 이용하며, 송신 신호  $p_{TX}(t)$ 에 대응되는 정규화된 신호상관함수  $\gamma_p(\tau)$ 는 다음과 같이 정의된다[6].

$$\begin{aligned} \gamma_p(\tau) &= \int_{-\infty}^{+\infty} p_{RX}(t)p_{RX}(t+\tau)dt \\ &= [1 - 4\pi [\frac{\tau}{t_n}]^2 + \frac{4\pi^2}{3} [\frac{\tau}{t_n}]^4] \exp(-\pi [\frac{\tau}{t_n}]^2) \end{aligned} \quad (4)$$

수신단 상관기에서 사용되는 기준 신호  $v(t)$ 는 식(5)과 같다.

$$v(t) = p_{RX}(t) - p_{RX}(t - \delta) \quad (5)$$

상관기 출력에서는 데이터 "0"의 경우 기본신호와와의 곱에서 가장 큰 상관값을 갖기 때문에 양수의 값이 출력

되고, 데이터 “1”의 경우  $\delta$ 의 이격으로 기준신호와와의 곱에서 가장 낮은 상관값을 갖기 때문에 음수의 값을 출력하게 된다.

즉, 완벽한 시간동기의 가정하에서 상관기의 해석은 다음과 같다.

$$\beta_i = \sum_{j=iN_s}^{(i+1)N_s} \cdot \int_{\tau+jT_f}^{\tau+(j+1)T_f} r(t)v(t-jT_f-c_jT_c-\tau)dt \quad (6)$$

최종적으로 판정된 데이터  $\alpha_i$ 는 다음과 같다.

$$\alpha_i = \begin{cases} 0 & \text{if } \beta \geq 0 \\ 1 & \text{if } \beta < 0 \end{cases}$$

### III. Impulse Radio UWB 시스템 성능 분석

#### 3.1 간섭제거 기법

기준사용자 ( $S_1$ )이외의 다른 사용자( $S_2, \dots, S_k$ )의 정보는 각 사용자에 대해 다르게 할당된 시간 주기로 역확산하여 검파된다. 다음으로 검파된 사용자의 정보는 다시 동일한 시간 주기에 의해 확산된다. 마지막으로 확산된 다른 사용자의 신호( $S_2, \dots, S_k$ )를 T 시간만큼 지연된 원래의 수신 신호( $S_1$ )에서 빼줌으로써 MAI가 제거된  $S_c$ 를 얻게된다[7].

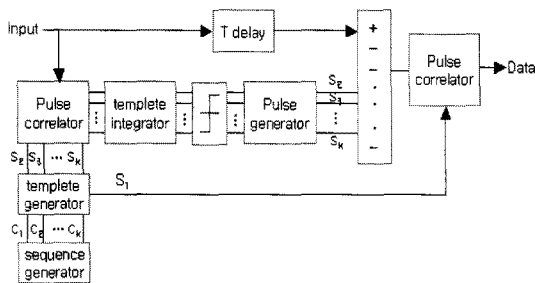


그림 1. 간섭제거기 구조  
Fig. 1. A structure of interference canceler

#### 3.2 다중 간섭 환경에서 Impulse Radio UWB 시스템 성능 분석 및 동일 채널 간섭 제거

$N_u$ 명의 사용자가 다중 접속한 상황에서, 첫 번째 사용자를 기준으로 수신신호를 다시 정리하면 식(7)과 같다.

$$r(t) = A_1s^{(1)}(t - \tau_1) + n_{tot}(t) \quad (7)$$

$$\begin{aligned} n_{tot}(t) &\equiv n(t) + \sum_{k=2}^{N_u} A_k s^{(k)}(t - \tau_k) \\ &= N_s \sigma_a^2 + N_s \sigma_a^2 \sum_{k=2}^{N_u} A_k^2 \end{aligned} \quad (8)$$

여기서,  $\sigma_n^2 = N_0(1 - r(\delta))$

$$\begin{aligned} \sigma_a^2 &= T_f^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{E_p} v(t) p_{RX}(t-s) dt \right]^2 ds \\ &= \frac{E_p}{T_f} \int_{-\infty}^{\infty} [r(s) - r(s+\delta)]^2 ds \\ &= \frac{E_p}{T_f} G(\delta) \end{aligned} \quad (9)$$

이고,  $G(\delta) = \int_{-\infty}^{\infty} [r(s) - r(s+\delta)]^2 ds$ 이다.

여기서,  $n_{tot}(t)$ 는 다른 사용자의 간섭과 잡음의 합이다.  $N_u$ 명의 사용자가 각각 랜덤한 시간도약 패턴을 이용하고 데이터비트의 발생이 랜덤하다면, 식(8)에서 다른 사용자에 의한 간섭은  $N_u$ 가 큰 경우 가우시안 분포를 갖는 랜덤변수로 근사되며,  $n_{tot}(t)$  역시 가우시안 분포를 갖게 된다. 따라서, 다중 접속 간섭 환경에서 UWB-IR 시스템의 비트 오류  $P_b$ 는 아래와 같이 구해진다[8].

$$P_b = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\left\{ (SNR)_1^{-1} + 2R_s P(\delta) \sum_{k=2}^{N_u} \left( \frac{A_k}{A_1} \right)^2 \right\}^{-1}} \right) \quad (10)$$

여기서,  $(SNR)_1 = A_1^2 \frac{N_s E_p}{2N_0} (1 - r(\delta))$  이고,

$$R_s = \frac{1}{N_s T_f} \text{ (bps)}$$

$$P(\delta) = \frac{G(\delta)}{(1 - r(\delta))^2} \text{ 이다.}$$

본 논문에서 고려한 다중 접속 Impulse Radio UWB 시스템의 성능 분석을 위한 파라미터를 정리하면 다음과 같다.

표 1. 다중 접속 Impulse Radio UWB 시스템 성능 분석 파라미터

Table 1. Performance analysis parameter of multiple access Impulse Radio UWB system

기호	값
$t_n$	0.0326 ns
$T_p$	0.072 ns
$\delta$	0.0176 ns
$\gamma(\delta)$	-0.6183
$N_s$	1
$T_f$	10 ns
$R_s$	100 Mbps
$P(\delta)$	$0.586814 \times 10^{-10}$

그림 2는 표 1의 파라미터를 이용하여 다중간섭 환경에서 Impulse Radio UWB 시스템의 성능 및 CCI 간섭 제거기를 통한 간섭 제거 후의 성능을 나타낸 그림이다.

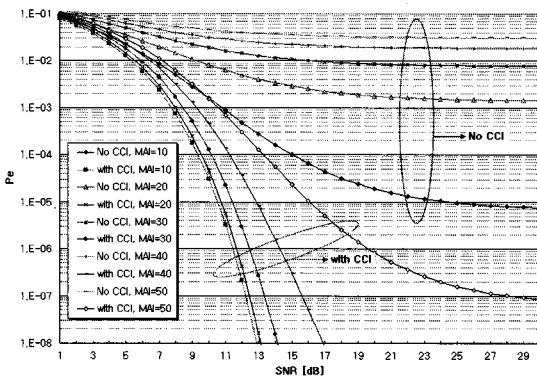


그림 2. 다중간섭 환경에서 Impulse Radio UWB 시스템의 간섭 제거 성능

Fig. 2. Interference cancellation performance of Impulse Radio UWB system in multiple interference environments

그림 2에서와 같이, 다수 기기의 사용으로 동일 채널 상의 간섭이 발생하게 되는 경우, 시스템 성능이 크게 저하된다. 특히, 다중간섭의 수가 10 이상의 되는 경우  $10^{-5}$  BER의 데이터 서비스를 만족할 수 없는 열악한 성능의 간섭영향을 받게 된다. 따라서, 본 논문에서는 일차적으로 동일채널 상에서 영향을 받는 간섭을 제거하기 위하여 CCI 간섭제거기를 적용하여 다중간섭의 영향을 효과적으로 제거하였다. 그 결과, 최대 다중간섭 40에서도 SNR 20dB에서 데이터 서비스를 만족할 수 있는 시스템 성능을 얻을 수 있었다. 그러나, 홈네트워킹 환경에서 다수 기기간의 스트리밍 데이터 전송을 위하여는 저전력의 수신 성능 및 높은 전송효율이 요구된다.

### 3.3 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용했을 때의 시스템 오율 성능

본 논문에서는 동일채널 상에서 다수의 기기간 스트리밍 데이터 전송 서비스를 만족하기 위하여 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용하는 방식을 제안하였다. 기존의 ARQ 기법은 정보 전송 시 채널의 어려움이 높으면 전송지연이 증가하게 되는데 이와 같은 단점을 보완한 방식이 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식이다.

전송효율  $\mu$ 는 다음 식으로 정의되며, 이의 역수는 throughput을 나타낸다.

$$\mu = \frac{n}{k} [P_c + 2(1 - P_c - P_b)P_t] \quad (11)$$

여기서,  $k/n$ : 부호율,

$P_c = (1 - P_{eo})^n$ : 수신 신호에 오류가 없을 확률,

$P_b \leq [1 - (1 - P_{eo})^k] 2^{-(n-k)}$ :  $C_0$  부호를 수신한 후 검출 불가능한 오류를 가질 확률,

$P_t = P_c + (1 - P_c - P_b) \frac{q_0 - y}{1 - y}$ : 패리티 비트를 수신한 후 변환 과정을 통해 원래의 신호로 복호 가능할 확률,

단,  $q_0 = \sum_{j=0}^t \binom{2n}{j} P_{eo}^j (1 - P_{eo})^{2n-j}$ ,

$$y = (1 - P_{eo})^n \left[ 2 \sum_{l=0}^t \binom{n}{l} P_{eo}^l (1 - P_{eo})^{n-l} - (1 - P_{eo})^n \right]$$

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용시의 수신 오류 확률을  $P_r(E)$ 라 할 때, 본 논문에서는 재전송으로 인한 전송지연을 최소화 하기위해 한 번만 재전송 하는 경우를 고려하므로 오율식은 다음과 같이 된다[9].

$$P_r(E) = P_r(A_0^e) + P_r(A_0^d E_1^E) \quad (12)$$

$$= P_r(A_0^e) + P_r(A_0^d)P_r(E_1^E | A_0^d)$$

여기서,  $P_r(A_0^e) = P_b$ ,

$$P_r(A_0^d) = P_d = 1 - P_c - P_b.$$

이다. 패리티 비트를 수신한 후 원래의 정보를 복호하지 못할 확률은 수신신호가 검출 불가능한 오류 패턴을 가질 확률과 정정 불가능한 오류 패턴을 가질 확률의 합이 되므로

$$P_r(E_1^E | A_0^d) = P_{e0} + P_d(1 - q_1) \quad (13)$$

이 된다. 그러므로 각각의 경우를 식 (12)에 대입하면 최종 오율식은 다음과 같이 구해진다[9].

$$P_r(E) = P_b + P_d \left( P_b + P_d \left( 1 - \frac{q_0 - y}{1 - y} \right) \right) \quad (14)$$

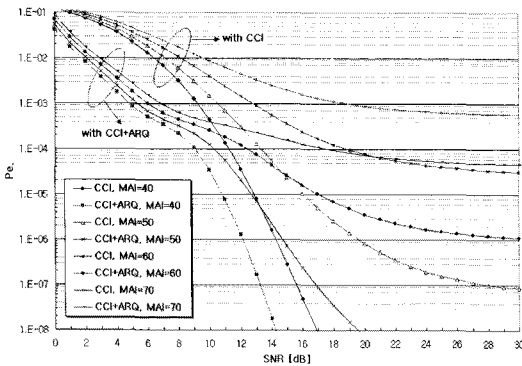


그림 3. 다중간섭 환경에서 Impulse Radio UWB 시스템의 간섭 제거 성능 2

Fig. 3. Interference cancellation performance of Impulse Radio UWB system in multiple interference environments 2 (with ARQ scheme)

그림 3은 동일채널 상에서 발생하는 다중간섭 환경에서 CCI 간섭제거기를 적용한 Impulse Radio UWB 시스템 성능 및 본 논문에서 제안한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 동시에 적용했을 때의 시스템 성능을 보여주고 있다. 결과적으로 제안 기법을 적용함으로써 SNR 17dB에서 최대 다중간섭 수 60의 환경에서도 요구되는 데이터 서비스를 만족할 수 있는 성능을 얻을 수 있었다. 또한, CCI를 통한 간섭제거를 통해 채널 에러율을 일차 보상함으로써, 재전송시 문제가 되는 전송지연의 증가를 억제함으로써 그림 4와 같이 SNR 10dB 이상에서 70% 이상의 전송효율을 얻을 수 있었다.

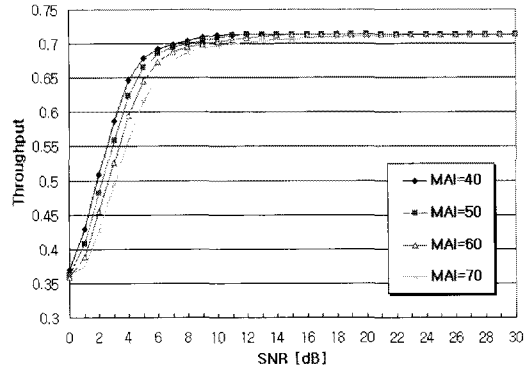


그림 4. 다중간섭 환경에서 ARQ 기법을 적용한 Impulse Radio UWB 시스템의 전송효율

Fig. 4. Transmission throughput of Impulse Radio UWB system with ARQ scheme in multiple interference environments

#### IV. 결 론

본 논문에서는 Impulse Radio UWB 시스템에서 다중 접속시 발생하는 동일채널 간섭을 개선하기 위해 CCI canceller를 적용하여 동일 채널 상의 다중 접속 간섭을 제거 하였다. 또한, 전송 품질을 향상시키기 위하여 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용하여 다중간섭 채널 환경에서의 시스템 성능을 평가하였다. 분석 결과, 동일채널 상에서 영향을 받는 간섭을 제거하기 위하여 CCI 간섭제거기를 적용하여 최대 다중간섭 수 40에서도 SNR 20dB에서 데이터 서비스를 만족할 수 있는 시스템 성능을 얻을 수 있었다. 또한, 본 논문에서 제안한

CCI 간섭제거기와 함께 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 동시에 적용함으로써 SNR 17dB에서 최대 다중 간섭 수 60의 환경에서도 요구되는 데이터 서비스를 만족할 수 있는 성능을 얻을 수 있었다. 이는 CCI 간섭제거기를 통한 간섭제거를 통해 채널 에러율을 일차 보상하게 됨으로써, 재전송시 문제가 되는 전송지연의 증가를 억제하는 효과를 얻음으로써 70% 이상의 높은 전송효율을 얻을 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] P. Withington, "UWB Regulation & Applications", UWB Workshop, www.timedomain.com, 11. 2001.
- [2] Aetherwire & Location Inc., www.aether-wire.com.
- [3] N. Boubaker, and K. B. Letaief, "Performance analysis of DS-UWB multiple access under imperfect power control", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 52, no. 9, pp. 1459-1463, Sep. 2004.
- [4] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra-wide bandwidth time-hopping spread-spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, pp. 679-689, Apr. 2000.
- [5] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Impulse Radio : How It Works," *IEEE Comm. Lett.*, vol. 2, pp. 36-38, Feb. 1998.
- [6] F. Ramirez-Mireles, "On performance of ultra wideband signals in Gaussian noise and dense multipath," *accepted for publication in IEEE Trans. on Veh. Technol.* 1999.
- [7] E. G. Gernaniotis, "Performance of non-coherent direct-sequence spread-spectrum multiple-access communications," *IEEE J. Select Areas Commun.*, vol. SAC-3, no. 5, Sept. 1985.
- [8] R. A. Scholtz, "Multiple access with time hopping impulse modulation," *Proc. IEEE MILCOM '93*, pp. 447-450, Oct. 1993.
- [9] Q. Yang and V. K. Bhargava, "Delay and coding analysis of a truncated type-II hybrid ARQ protocol," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-40, no. 1, pp. 22-32, Feb. 1993.

### 저자소개



장세인(Se-In Jang)

1987년 2월 : 경북대학교  
전자공학과 졸업(공학사)  
1989년 2월 : 경북대학교  
전자공학과 졸업(공학석사)

2008년 3월~현재 : 금오공과대학교  
소프트웨어공학과 박사과정 재학중  
1989년 1월~1994년 12월 : (주)LG정보통신  
1995년 4월~2004년 2월 : (주)삼성전자  
2004년 3월~2010년 7월 : 한국폴리텍VI대학 구미캠퍼스  
정보통신시스템과 교수  
2010년 8월~현재 : 한국폴리텍VI대학 대구캠퍼스  
인터넷미디어과 교수  
※ 관심분야 : UWB통신, 센서네트워크, 병렬처리



이양선(Yang Sun Lee)

2001년 동신대학교 전기전자공학과  
졸업(공학사)  
2003년 동신대학교 대학원 전기전자  
공학과 졸업(공학석사)

2007년 목원대학교 대학원 IT공학과 졸업(공학박사)  
2007년 2월~2009년 9월 : (주)휴메이트 기술연구소  
기획팀장  
2009년 10월~현재 : 조선대학교 정보통신공학과  
연구교수  
※ 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, UWB통신,  
무선통신시스템



김시관(Si-Gwan Kim)

1982년 2월 : 경북대학교  
전자공학과 졸업(공학사)  
1984년 2월 : 한국과학기술원  
전산학과(공학석사)

2000년 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)  
2002년~현재 : 금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수  
※ 관심분야 : 초고속 통신, 센서네트워크, 병렬처리