

# UWB 동기화를 위한 새로운 결정 법칙들

준희원 정 다 해\*, 이 영 윤\*, 안 상 호\*, 이 의 형\*\*, 유 승 환\*\*, 종신회원 윤 석 호\*

## New Decision Rules for UWB Synchronization

Dahae Chong\*, Youngyoon Lee\*, Sangho Ahn\*, Euihyoung Lee\*\*,  
Seung Hwan Yoo\*\* Associate Members, Seokho Yoon\* Lifelong Member

### 요 약

Ultra-wideband (UWB) 시스템의 동기화에 대한 이제까지의 연구에서는 참조 신호와 다중경로 성분들 중 어느 한 성분과의 위상을 맞추는 것을 동기화라 정의하고 빠르게 동기화하는 기법에 대하여 연구하였다. 그러나 다중경로 성분들은 서로 다른 전력을 갖기 때문에, 동기화 이후 과정들에서, 낮은 전력을 갖는 다중경로 성분에서 동기화가 될 경우에는 좋지 않은 성능을 가지며, 높은 전력을 갖는 다중경로 성분에서 동기화할 경우에는 좋은 성능을 갖는다. 일반적으로 첫 번째 다중경로 성분이 가장 큰 전력을 가지며, 따라서 첫 번째 다중경로 성분에서 동기화함으로써 동기화 이후 과정들의 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 첫 번째 다중경로 성분과 참조 신호의 위상이 맞았을 때를 동기화라 새롭게 정의하고, 최대 우도 (maximum-likelihood: ML) 방법을 이용하여 UWB 다중경로 채널에서 첫 번째 다중경로 성분을 찾기 위한 최적 결정 법칙을 유도하였으며, 동시에 이에 바탕을 둔 준 최적 결정 법칙을 제안하였다. 모의실험을 통해, 새로운 동기화의 정의에 따라 동기화하였을 때, 그렇지 않을 때보다 좋은 복조 성능을 갖는 것을 확인할 수 있었으며, 본 논문에서 제안된 최적 및 준 최적 결정 법칙은 기존 결정 법칙과 비교할 때 월등한 성능을 갖는 것을 확인할 수 있었다.

**Key Words** : UWB, Multipath, Synchronization, ML, Decision rule

### ABSTRACT

In ultra-wideband (UWB) systems, conventionally, the synchronization is to align time phases of a locally generated template and any of multipath components to within an allowable range. However, the synchronization with a low-power multipath component could incur significant performance degradation in receiver operation (e.g., detection) after the synchronization. On the other hand, the synchronization with a high-power multipath component can improve the performance in receiver operation after the synchronization. Generally, the first one among multipath components has the largest power. Thus, the synchronization with the first path component can make better performance than that with low-power component in receiver operation after the synchronization. Based on which, we first propose an optimal decision rule based on a maximum likelihood (ML) approach, and then, develop a simpler suboptimal decision rule for selecting the first path component. Simulation results show that the system has good demodulation performance, which uses new synchronization definition and the proposed decision rules have better performance than that of the conventional decision rule in UWB multipath channels.

between macroblocks in the previous and the current frame. On video samples with high motion and scene change cases, experimental results show that (1) the proposed algorithm adapts the encoded bitstream to limited channel capacity, while existing algorithms abruptly exceed the limit bit rate; (2) the proposed algorithm improves picture quality with 0.4~0.9dB in average.

\* 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2007-331-D00295)

\* 성균관대학교 정보통신공학부 (syoon@skku.edu), \*\* 건국대학교 전자공학부

논문번호 : KICS2007-10-474, 접수일자 : 2007년 10월 16일, 최종논문접수일자 : 2007년 11월 22일

## I. 서론

Ultra-wideband (UWB) 시스템은 매우 짧은 펄스와 넓은 점유대역폭을 이용하는 통신 시스템으로 높은 데이터 전송률 실현을 목표로 한다<sup>[1],[2]</sup>. 또한, UWB 시스템은 저전력 신호를 사용하여, 다른 시스템에 간섭을 거의 주지 않으면서 근거리로 송수신이 가능하다. 이러한 특성 때문에, UWB 시스템은 근거리 초고속 통신을 목표로 하는 무선 개인 네트워크 (wireless personal area network: WPAN) 적합하며 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 UWB 시스템은 복잡한 다중경로 채널의 영향으로 동기화하기가 쉽지 않다. 동기화는 UWB 시스템의 성능을 좌우하는 매우 중요한 과정 중 하나로서, 데이터를 올바르게 복원하기 위해서는 필수적으로 동기화가 올바르게 이뤄져야 한다.

UWB 신호의 전력이 낮기 때문에, UWB 시스템은 동기화 시 긴 프리앰블을 사용하며, 이로 인해 기존 통신 시스템들의 프리앰블에 비해 더 넓은 탐색 구간을 (search space) 갖게 된다. 따라서 UWB 시스템은 기존 통신 시스템들에 비해 동기화 하는데 많은 시간이 소요되며, 이런 단점을 해결하기 위해, 기존의 연구들에서는 수신기의 참조 신호와 수신 신호의 다중경로 성분들과의 위상차를 일정 간격 이내로 맞추는 것을 동기화라 정의하고 그에 맞춰 동기화 시간을 줄이는 것에 관하여 연구하였다<sup>[3]-[8]</sup>. 그 동안의 연구 결과들로 인하여 동기화 시간은 크게 줄었으나, 동기화 이후 과정들에서의 성능은 보장할 수 없게 되었다. 다중경로 성분들 각각은 서로 다른 전력을 가지며 그 중, 낮은 전력을 갖는 다중경로 성분에서 동기화가 될 경우 동기화 이후 과정에서 좋지 않은 성능을 보인다. 반면 높은 전력을 갖는 다중경로 성분에서 동기화가 될 경우 동기화 이후 과정에서 좋은 성능을 보인다. 일반적으로 첫 번째 다중경로 성분을 기준으로 늦게 도달한 다중경로 성분일수록 낮은 전력을 가지므로, 첫 번째 다중경로 성분에서 동기화함으로써 동기화 이후 과정의 성능을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 수신기의 참조 신호와 첫 번째 다중경로 성분의 위상이 맞았을 때를 동기화라 새로 정의하고, 그에 맞는 결정 법칙들을 제안하였다. 우선 최대 우도 (maximum-likelihood: ML) 방법에 기반하여 첫 번째 다중경로 성분을 찾는 최적 결정 법칙을 유도하였다. 그러나 이 결정 법칙은 채널의 정보를 필요로 하기 때문에 실제로 구현하기는 어

렵다. 이에 최적 결정 법칙에 비해 간단하며 채널의 정보를 필요로 하지 않는 준 최적 결정 법칙을 제안하였다. 또한, 모의실험 결과를 통해 제안한 결정 법칙들의 성능을 기존 결정 법칙의 성능과 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II 장에서는 UWB 신호 및 채널 모델에 대해 소개한다. III장에서는 최적 결정 법칙 및 준 최적 결정 법칙을 제안하며, IV장에서는 기존 결정 법칙을 소개한다. V장에서는, 다중경로 성분 전력에 따른 복조 성능 및 기존 결정 법칙, 최적 결정 법칙 및 준 최적 결정 법칙의 동기화 성능을 비교 분석하였다. 마지막으로 VI장에서 결론을 내린다.

## II. 시스템 모델

### 2.1 신호 모델3

본 논문에서는 direct sequence (DS)-UWB 시스템 및 institute of electrical and electronics engineers (IEEE) 802.15.3a 채널 모델을 고려하였으며, 동기화 과정 동안 데이터가 변조되지 않은 신호가 전송된다고 가정하였다. 그러면, DS-UWB 시스템의 전송 신호는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$s(t) = \sqrt{E_c} \sum_{i=1}^{N_c} c_i p(t - (i-1)T_c), \quad (1)$$

여기에서  $E_c$ 는 전송 신호의 에너지,  $c_i \in \{1, -1\}$ 은  $N_c$ 개의 칩을 주기로 갖는  $i$ 번째 의사 잡음 부호,  $T_c$ 는 칩의 시간 주기,  $p(t)$ 는 UWB 시스템에서 신호 모델로 주로 사용되는 2차 미분된 가우시안 펄스이다.  $p(t)$ 는  $T_c$ 의 시간 주기를 가지며 다음과 같은 수식으로 표현된다<sup>[4],[8]</sup>.

$$p(t) = \sqrt{\frac{4}{3t_\psi \sqrt{\pi}}} \left( 1 - \left( \frac{t}{t_\psi} \right)^2 \right) \exp \left( -\frac{1}{2} \left( \frac{t}{t_\psi} \right)^2 \right), \quad (2)$$

여기에서  $t_\psi$ 은 펄스의 시간 주기를 조절하는 파라미터이다.

수신신호는 채널을 통과한 전송 신호에 잡음이 더해진 형태로 나타낼 수 있으며, 이는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$r(t) = s(t) * h(t) + w(t), \quad (3)$$

여기에서  $*$ 는 컨볼루션 연산,  $h(t)$ 는 채널의 시간 응답을 나타낸다.  $w(t)$ 는  $N_0$ 의 전력 스펙트럼

밀도를 갖는 부가 백색 정규 잡음이다 (additive white Gaussian noise: AWGN).

2.2 채널 모델

IEEE 802.15.3a 표준에서는 UWB 실내 무선 통신 환경으로 다음과 같은 모델을 채택하였다<sup>[2],[8],[9]</sup>.

$$h(t) = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \alpha_{k,l} \delta(t - T_l - \tau_{k,l}). \quad (4)$$

이 모델은  $L$ 개의 클러스터로 구성되어 있으며, 클러스터 각각은  $K$ 개의 경로로 구성된다.  $\delta(t)$ 는 디락 델타 함수이며,  $\alpha_{k,l}$ ,  $\tau_{k,l}$ 은 각각  $l$ 번째 클러스터의  $k$ 번째 경로의 채널 계수, 시간 지연을 나타내며,  $T_l$ 은  $l$ 번째 클러스터의 시간 지연을 나타낸다.  $\alpha_{k,l}$ 은  $\pm 1$ 과 로그-노말 분포를 갖는 변수  $\beta_{k,l}$ 의 곱으로 다시 쓸 수 있으며,  $T_l$ 과  $\tau_{k,l}$ 은 각각 포이송 분포를 갖는다. 각 클러스터들과 클러스터 내의 경로들의 분포는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Pr(T_l | T_{l-1}) = \lambda \exp[-\lambda(T_l - T_{l-1})], \quad (5)$$

$$\Pr(\tau_{k,l} | \tau_{k-1,l}) = \lambda \exp[-\lambda(\tau_{k,l} - \tau_{k-1,l})], \quad (6)$$

여기에서  $\lambda$ 와  $\lambda$ 는 각각 클러스터와 클러스터 내의 경로들의 평균 시간 지연을 의미한다. 또한, 채널의 각 경로들은 다음과 같은 특성을 갖는다.

$$E[\alpha_{k,l}^2] = \Omega_0 e^{-T_l/\Gamma} e^{-\tau_{k,l}/\gamma}, \quad (7)$$

여기에서 식 (7)의  $\Gamma$ 와  $\gamma$ 는 각각 클러스터와 클러스터 내의 경로들의 감쇄 인수이며,  $\Omega_0$ 는 첫 번째 클러스터의 첫 번째 경로의 평균 전력이다.

본 논문에서는, 수식 유도 편의를 위해 단일 클러스터 및 각 경로들 간의 시간차를 의사 잡음 부호의 한 칩의 시간 주기와 동일하게 설정하였다<sup>[7],[10],[11]</sup>. 따라서 식 (4)의 채널모델은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$h(t) = \sum_{j=1}^{L_p} \alpha_j \delta(t - (j-1)T_c - \tau), \quad (8)$$

여기에서  $L_p$ 는 ( $=LK$ ) 경로의 수,  $\alpha_j$ 는  $j$ 번째 경로의 채널 계수,  $\tau$ 는 채널의 전달 지연을 (propagation delay) 나타낸다. UWB 채널에서  $L_p$ 는 무한에 가까운 값을 갖으나, 그 중 많은 경로들은 무시할 정도로 작은 전력을 갖는다. 그러므로 채널 경로들 중 최대 전력을 갖는 경로의 전력을 기준으로 10dB 이내의 전력을 갖는 경로들을 다중경로

성분으로 재정의한다<sup>[2],[10]</sup>. 이에 따라 식 (8)의 채널을 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$h(t) = \sum_{j=1}^Q \alpha_j \delta(t - (j-1)T_c - \tau), \quad 1 \leq Q \leq L_p, \quad (9)$$

여기에서  $Q$ 는 최대 전력을 갖는 경로를 기준으로 10dB 이내의 전력을 갖는 경로들의 개수이다.

2.3 시스템 모델

그림 1은 UWB 동기화 시스템의 구조를 나타낸다. 여기서 참조 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$g_m(t) = \sum_{n=1}^{N_c} c_n p(t - (n+m-1)T_c), \quad (10)$$

$$m \in \{0, 1, 2, \dots, N_c - 1\}.$$

그림 1에서  $y_m$ 은 상관기 출력값이며, 다음과 같이 표현된다.

$$y_m = \sum_{n=1}^{N_c} \left( \int_{(n-1)T_c}^{nT_c} r(t) g_m(t) dt \right). \quad (11)$$

상관기 출력값은 결정 법칙 블록의 입력이 되며, 시스템은 결정 법칙에 따라 동기화 여부를 판단한다.

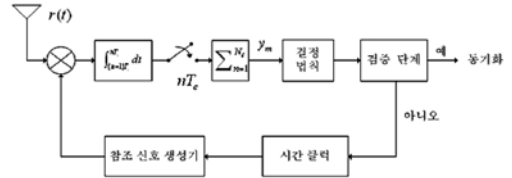


그림 1. UWB 동기화 시스템의 구조

III. 제안한 결정 법칙

3.1 상관기 출력값의 분포

식 (7)에서 보는 바와 같이, 일반적으로 먼저 도달한 다중경로 성분일수록 평균적으로 큰 전력을 갖는다. 이 장에서는 이에 기반을 두고 ML 방법을 이용하여 새로운 결정 법칙들을 제안한다.

우선  $y_m$ 의 분포를 알기 위해,  $y_m$ 의 평균 및 분산을 구한다. 식 (11)은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$y_m = \int_0^{N_c T_c} r(t) g_m(t) dt$$

$$= \sqrt{E_c} \int_0^{N_c T_c} \sum_{i=1}^{N_c} \sum_{n=1}^{N_c} \sum_{j=1}^Q \alpha_j c_i c_n$$

- $p(t - (i+j-2)T_c - \tau)$
- $p(t - (n+m-1)T_c - \tau)$

$$+ \int_0^{N_c T_c} w(t) \sum_{n=1}^{N_c} c_n p(t - (n+m-1)T_c) dt. \quad (12)$$

식 (12)는 수신 신호와 참조 신호의 위상 차  $\tilde{\tau}$ 에 ( $\tilde{\tau} = \tau - mT_c$ ) 대하여 다음과 같이 정리된다.

$$y_m = \begin{cases} N_c \sqrt{E_c} \alpha_1 + w'(t), & \tilde{\tau} = 0 \\ N_c \sqrt{E_c} \alpha_2 + w'(t), & \tilde{\tau} = T_c \\ \vdots & \vdots \\ N_c \sqrt{E_c} \alpha_Q + w'(t), & \tilde{\tau} = (Q-1)T_c \\ w'(t), & \tilde{\tau} = QT_c \\ \vdots & \vdots \\ w'(t), & \tilde{\tau} = (N_c - 1)T_c \end{cases} \quad (13)$$

$$w'(t) = \int_0^{N_c T_c} w(t) \cdot \sum_{n=1}^{N_c} c_n p(t - (n+m-1)T_c) dt, \quad (14)$$

여기에서  $w'(t)$ 는 상관기 출력값에 포함된 잡음 성분으로  $N_c N_0$ 의 분산을 갖는다.

따라서  $j$ 번째 다중경로 성분에 상응하는 상관기 출력값  $y_m$ 의 확률 밀도 함수는 다음과 같다.

$$f_j(y_m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi N_c N_0}} \cdot \exp\left(-\frac{(y_m - N_c \sqrt{E_c} \alpha_j)^2}{2N_c N_0}\right), \quad (15)$$

여기에서  $N_c \sqrt{E_c} \alpha_j$ 는  $j$ 번째 다중경로 성분의 평균이며  $N_c N_0$ 은 잡음의 분산을 나타낸다. 또한, 어느 다중경로 성분에도 상응하지 않을 때의 상관기 출력값  $y_m$ 의 확률 밀도 함수는 다음과 같다.

$$f_0(y_m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi N_c N_0}} \exp\left(-\frac{y_m^2}{2N_c N_0}\right). \quad (16)$$

### 3.2 제안한 결정 법칙

ML 방법에 따라 최적 결정 법칙의 유도를 위해서는 참조 신호의 모든 지연에 대한 상관기 출력값이 필요하다. 상관기 출력값들은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y = [y_0, y_1, \dots, y_{N_c-1}]^T, \quad y_i = y_{(i \bmod N_c)}. \quad (17)$$

첫 번째 다중경로 성분이  $y_m$ 에 상응하는 경우, 즉  $\tau = mT_c$ 일 때  $y$ 의 확률 밀도 함수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$f(y|m) = \prod_{b=0}^{N_c-1} f_0(y_b) \prod_{j=1}^Q f_j(y_{m+j-1}). \quad (18)$$

채널의 전달 지연  $\tau$ 가 균일한 확률을 가질 때, ML 방법에 따른 결정 법칙  $A_o$ 는 다음과 같다.

$$A_o(m) = \arg \max_{0 \leq m \leq N-1} f(y|m). \quad (19)$$

식 (19)에서  $m$ 에 독립적인 성분들을 제거하면 다음과 같다.

$$A_o(m) = \arg \max_{0 \leq m \leq N-1} \prod_{j=1}^Q \frac{f_j(y_{m+j-1})}{f_0(y_{m+j-1})}. \quad (20)$$

식 (20)에 식 (15), (16)을 대입한 후 정리하면 다음과 같다.

$$A_o(m) = \arg \max_{0 \leq m \leq N-1} \exp\left(\sum_{j=1}^Q -\frac{(y_{m+j-1} - N_c \sqrt{E_c} \alpha_j)^2}{2N_c N_0} + \frac{y_{m+j-1}^2}{2N_c N_0}\right). \quad (21)$$

식 (21)에서 상수 및  $m$ 에 독립적인 성분들을 제거한 후, 정리하면 결정 법칙은 다음과 같다.

$$A_o(m) = \arg \max_{0 \leq m \leq N-1} \sum_{j=1}^Q y_{m+j-1} \alpha_j. \quad (22)$$

식 (22)는 UWB 채널에서의 첫 번째 다중경로 성분을 찾는 최적 결정 법칙이다. 그러나 최적 결정 법칙은 채널 계수의 정보  $\{\alpha_j\}_{j=1}^Q$ 를 알아야하기 때문에 실제 구현하기에는 어렵다.

채널 계수는 값과 부호로 나눌 수 있으며, 그 중 부호는 1 또는 -1로 구성된 특정 수열로 나타낼 수 있으며 식 (22)의 성능에 큰 영향을 미친다. 그러나 동기화 이전에 채널 계수의 정보는 미리 알 수 없으므로, 부호가 결정 법칙의 성능에 미치는 영향을 줄이기 위해서 절대값 연산을 사용한다. 따라서 다음과 같이 절대값 연산을 이용한 준 최적 결정 법칙을 만들 수 있다.

$$A_o(m) = \arg \max_{0 \leq m \leq N-1} \sum_{j=1}^Q |y_{m+j-1}|. \quad (23)$$

식 (23)은 UWB 채널에서 채널의 정보 없이 첫 번째 다중경로 성분을 찾아낼 수 있다.

## IV. 기존 결정 법칙

이제까지의 연구에서는 수신기의 참조 신호와 수신 신호의 다중경로 성분들과의 위상을 일정 간격 이내로 맞추는 것을 동기화라 정의하고,  $|y_m|$ 을 문턱

값과 비교하여 동기화 여부를 판단하였다<sup>[8]</sup>. 그러나 새로운 동기화의 정의에 맞춰 동기화를 수행할 경우, 전송 지연이 참조 신호의 지연보다 작다면 ( $\tau < mT_c$ ), [8]의 기법으로는 탐색 구간을 모두 조사하기 어렵다.

따라서 본 논문에서는, [8]의 기법에 기반을 둔 다음과 같은 기존 결정 법칙을 만들고 이를 최적 및 준 최적 결정 법칙과 비교한다.

$$A_c(m) = \arg \max_{0 \leq m \leq N-1} |y_m| \quad (24)$$

기존 결정 법칙은 가장 큰  $|y_m|$ 이 첫 번째 다중 경로 성분이 맞는지를 판단한다. 그러나 기존 결정 법칙은 많은 다중경로 성분 중 한 가지 성분에만 의존하며, 따라서 첫 번째 다중경로가 가장 큰 전력 을 갖지 않는 경우에는 동기화하기 어렵다.

### V. 모의실험 결과 및 분석

이 장에서는 우선 첫 번째 다중경로 성분에서 동기화되었을 경우와 다중경로 성분들 중 어느 한 성분에서 동기화되었을 경우의 복조 성능을 비교하였으며, 본 논문에서 제안한 최적 및 준 최적 결정 법칙과 기존 결정 법칙의 신호대잡음비에 따른 오 정보 확률 성능을 모의실험을 통해 비교하였다. 오 정보 확률은 결정 법칙으로 찾아낸 위상이 첫 번째 다중경로 성분이 아닐 경우로 정의하였으며 신호대 잡음비는  $E_s/N_0$ 로 정의하였다. 255칩 주기를 갖는 의사 잡음 부호를 사용하였으며 의사 잡음 부호 한 칩의 주기는 0.5ns로 설정하였다.

IEEE 802.15.3a 표준에서는 가시 경로의 (line of sight: LOS) 유무 및 송수신기의 거리에 따라 CM1, CM2, CM3, CM4의 4가지 경우로 채널을 구분해 놓았으며<sup>[10]</sup> 각 경우에 따라 채널의 인수들이 다르게 적용된다. 따라서 IEEE 802.15.3a 모델 CM1, CM2, CM3, CM4에 식 (4) 대하여 각각 모의실험을 수행하였으며 이들 각각을 간략화 한 4 개의 모델에 식 (9)) 대해서도 모의실험을 수행하였다. 채널 모델 CM1, CM2, CM3, CM4는 표 1의 채널 인수들을 사용하여 설계하였다. 복조 성능 모 의실험은 첫 번째 다중경로 성분에서 동기화되었을 때 실제로 복조 성능이 향상되는가를 확인하기 위 해 여러 채널 모델 중 CM1 채널 모델에서 수행하였 으며, 복조 시스템으로는 평균 수 4, 8의 레이크

표 1. IEEE 802.15.3a 채널 모델의 LOS 유무 및 송수신기의 거리에 따른 인수

채널 모델	$A(1/ns)$	$\lambda(1/ns)$	$\Gamma$	$\gamma$
CM1 LOS, 0-4m	0.0233	2.5	7.1	4.3
CM2 NLOS, 0-4m	0.4	0.5	5.5	6.7
CM3 NLOS, 4-10m	0.0667	2.1	14	7.9
CM4 Extreme NLOS, 0-4m	0.0667	2.1	24	12

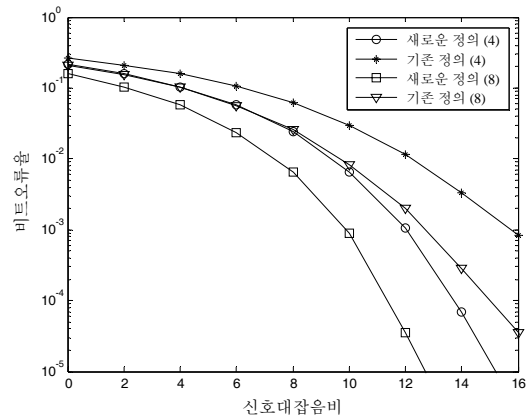


그림 2. 새로운 동기화 정의 및 기존 동기화 정의에 따른 복조 성능

수신기, 데이터 변조 기법으로는 이진 펄스 진폭 변조 (pulse amplitude modulation: PAM) 기법을 각각 사용하였다.

그림 2는 새로운 동기화의 정의에 의해 동기화했을 때와 (첫 번째 다중경로 성분) 기존 동기화의 정의에 따라 동기화했을 때의 (다중경로 성분들 중 어느 한 성분) 복조 성능을 보여주고 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 첫 번째 다중경로 성분에서 동기화 되었을 때, 그렇지 않을 때보다 더 나은 복조 성능을 갖는 것을 확인할 수 있으며 신호대잡음비의 증가에 따라 성능 차이는 더욱 커지게 된다. 따라서 새로운 동기화의 정의에 따라 동기화했을 때, 동기화 이후 과정의 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 IEEE 802.15.3a 채널 모델에서 결정 법칙들의 오정보 확률을 나타내고 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 제안한 결정 법칙들이 기존 결정 법칙에 비해 월등히 좋은 성능을 보이는 것을 알

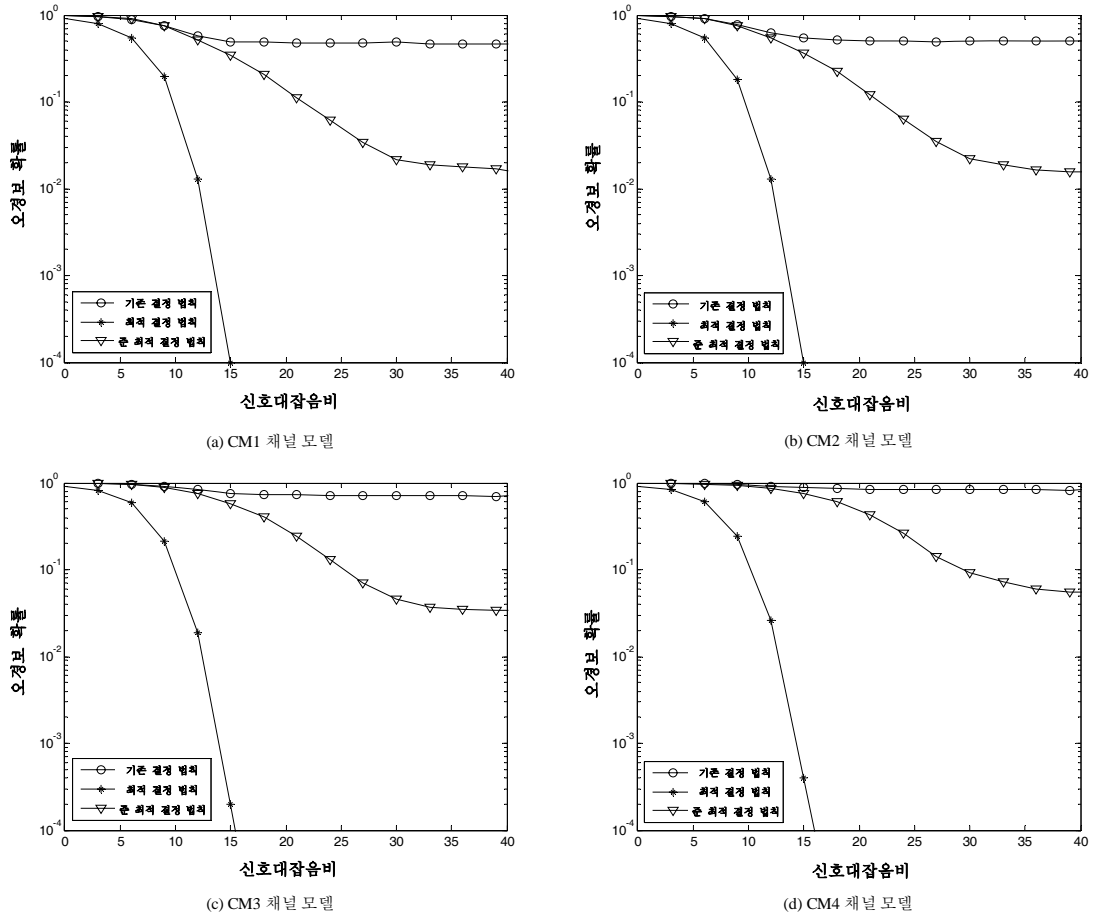


그림 3. IEEE 802.15.3a 채널 모델에서 기존, 최적, 준최적 결정 법칙의 오정보 확률

수 있다. 최적 결정 법칙은 채널의 정보를 이용하기 때문에 가장 좋은 성능을 보이며, 준 최적 결정 법칙은 채널의 정보를 이용하지 않기 때문에 최적 결정 법칙에 비해 성능이 약간 떨어지게 된다. 최적 및 준 최적 결정 법칙 모두 CM1, CM2, CM3, CM4의 순서, 즉 채널이 복잡해질수록 성능이 약간씩 하락하는 것을 알 수 있다.

그림 4는 간략화 된 UWB 채널 모델에서 결정 법칙들의 오정보 확률을 나타내고 있다. 그림 4에서와 마찬가지로, 간략화 된 UWB 채널 모델에서도 제안한 결정 법칙들이 기존 결정 법칙에 비해 월등히 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 최적 및 준 최적 결정 기법 모두 채널이 복잡해질수록 성능이 약간씩 하락하며, 신호대잡음비의 증가에 따라 기존 결정 법칙과 제안한 결정 법칙들의 성능 차이는 더욱 커지게 된다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 UWB 시스템의 동기화에 대해 새로 정의하고, 그에 따른 최적 결정 법칙 및 준 최적 결정 법칙을 제안하였다. 모의실험 결과, 새로운 동기화의 정의에 따라 동기화하였을 때, 그렇지 않을 때보다 좋은 복조 성능을 보이는 것을 확인하였으며 또한, 본 논문에서 제안한 결정 법칙들 모두 기존 결정 법칙에 비해 월등히 좋은 동기화 성능을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 최적 결정 법칙은 채널의 정보를 이용하기 때문에 여러 다중경로 채널 모두에서 우수한 성능을 보이며, 준 최적 결정 법칙은 채널의 정보를 이용하지 않기 때문에 최적 결정 법칙에 비해서는 성능이 약간 떨어진다. 두 결정 법칙 모두 신호대잡음비의 증가에 따라 기존 결정 법칙과의 성능 차이는 더욱 커지게 된다.

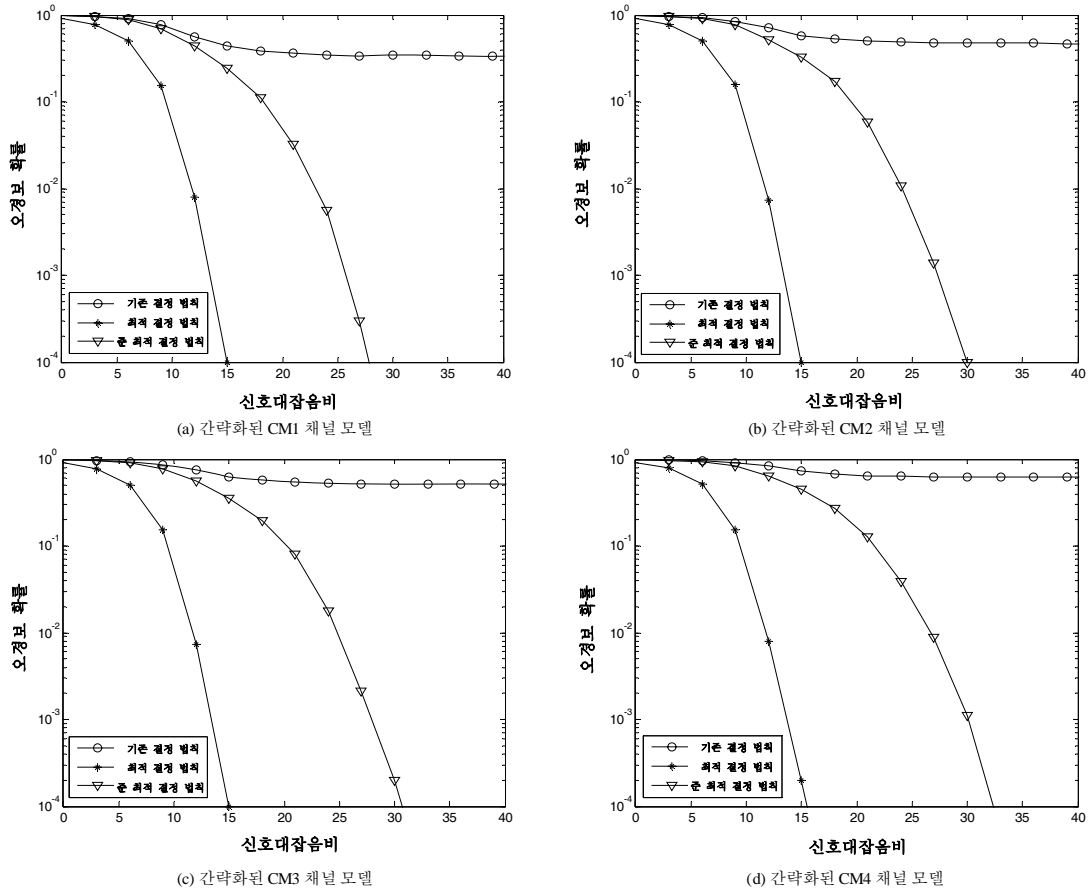


그림 4. 간략화된 UWB 채널 모델에서 기본, 최적, 준 최적 결정 법칙의 오정보 확률

### 참 고 문 헌

- [1] D. Porcino and W. Hirt, "Ultra-wideband radio technology: potential and challenges ahead," *IEEE Commun. Mag.*, Vol.41, No.7, pp.66-74, July 2003.
- [2] L. Yang and G. B. Giannakis, "Ultra-wideband communications: an idea whose time has come," *IEEE Sig. Process. Mag.*, Vol.21, No.6, pp.26-54, Nov. 2004.
- [3] S. R. Aedudodla, S. Vijayakumaran, and T. F. Wong, "Timing acquisition in ultra-wideband communication systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol.54, No.5, pp.1570-1583, Sep. 2005.
- [4] E. A. Homier and R. A. Scholtz, "Rapid acquisition of ultra-wideband signals in the dense multipath channel," in *Proc. IEEE UWBST*, pp.105-109, Baltimore, MD, May 2002.
- [5] I. Ramachandran and S. Roy, "Acquisition of direct-sequence ultra-wideband signals," in *Proc. IEEE WCNC*, Vol.2, pp.752-757, New Orleans, LA, Mar. 2005.
- [6] L. Reggiani and G. M. Maggio, "Rapid search algorithm for code acquisition in UWB impulse radio communications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol.23, No.5, pp.898-908, May 2005.
- [7] S. Yang, J. Oh, and Y. Shin, "Rapid and reliable signal acquisition scheme for indoor UWB systems," *IEICE Trans. Fundamentals Letter*, Vol.E88-A, No.6, pp.1538-1542, June 2005.
- [8] I. Ramachandran and S. Roy, "On acquisition of wideband direct-sequence spread spectrum sig-

nals," *IEEE Trans. Commun.*, Vol.54, No.5, pp.1570-1583, Sep. 2005.

- [9] A. F. Molisch and J. R. Forester, "Channel models for ultrawideband personal area networks," *IEEE Wirelless. Commun.*, Vol.10, No.6, pp.14-21, Dec. 2003.
- [10] S. Gezici, H. Kobayashi, H. V. Poor, and A. F. Molisch, "Performance evaluation of impulse radio UWB systems with pulse-based polarity randomization," *IEEE Trans. Sig. Process.*, Vol.53, No.7, pp.2537-2549, July 2005.
- [11] J. R. Forester, "The effects of multipath interference on the performance of UWB systems in an indoor wireless channel," in *Proc. IEEE VTC 2001-Spring*, pp.1176-1180, Rhodes, Greece, May 2001.

**정 다 해 (Dahae Chong)** 준회원



2006년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2006년 3월~현재 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사과정  
 <관심분야> 통계학적 신호 처리, 추정 및 검파, 이동 통신

**이 영 윤 (Youngyoon Lee)** 준회원



2007년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2007년 3월~현재 성균관대학교 휴대전화학과 석사과정  
 <관심분야> 통신 이론, 이동 통신, 통계학적 신호 처리

**안 상 호 (Sangho Ahn)** 준회원



2007년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사  
 2007년 3월~현재 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사과정  
 2007년 2월 성균관대학교 우수논문상 받음  
 <관심분야> 통계학적 신호 처리, 추정 및 검파

**이 의 형 (Euihyoung Lee)** 준회원



2007년 2월 건국대학교 전자공학과 전자정보통신전공 공학사  
 2007년 3월~현재 건국대학교 전자공학과 석사과정  
 <관심분야> 신호 처리, 추정 및 검파, 위성 통신

**유 승 환 (Seung Hwan Yoo)** 준회원



2007년 2월 건국대학교 정보통신공학부 공학사  
 2007년 3월~현재 건국대학교 전자공학과 석사과정  
 <관심분야> 이동 통신, 통계학적 신호 처리, 위성항법 시스템의 신호 처리

**윤 석 호 (Seokho Yoon)** 중신회원



1997년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학사 (최우등)  
 1999년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학석사  
 2002년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학박사  
 2002년 4월~2002년 6월 MIT 박사후 연구원

2002년 7월~2003년 2월 하버드대학교 박사후 연구원  
 2003년 3월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 전임 강사, 조교수  
 2000년 2월 삼성 휴먼테크 논문대상 동상 받음  
 2007년 Marquis Who's Who in Asia에 등재  
 2007년 IEEE 선임회원  
 <관심분야> 이동 통신, 통계학적 신호 처리, 적응 신호 처리