

# 2차 볼테라 모델을 이용한 Super-RENS 시스템의 비선형 모델링

\*서만중, 심희성, 임성빈  
 숭실대학교 정보통신전자공학부  
 e-mail : *baoro33@ssu.ac.kr, bluelang@ssu.ac.kr, sbi@ssu.ac.kr*

## Nonlinear Modeling of Super-RENS System Using a Second-Order Volterra Model

\*Manjung Seo, Heesung Shim and Sungbin Im  
 School of Electronic Engineering  
 Soongsil University

### Abstract

Reliable channel modeling becomes an important measure in performance evaluation on various data detection algorithms. For this reason, correct and accurate modeling is required. This paper presents a nonlinear modeling of Super-RENS (Super-Resolution Near Field Structure) read-out signal using the second-order Volterra model.

### I. 서론

최근 들어, 광 기록 저장 시스템을 위한 다양한 기록 방식들이 연구되고 있다. BD (Blue-ray Disc)나 HD-DVD (High-Definition Digital Versatile Disc) 기록 방식의 표준화가 진행된 후에 차세대 광 기록 방식에 대한 업계의 초점이 모아지고 있다. 이러한 차세대 광 기록 저장 시스템 가운데 기술의 호환성이 장점인 Super-RENS (Super-Resolution Near Field Structure)<sup>[1]</sup> 기술이 유력한 후보 중 하나이다. 이러한 Super-RENS 기록 기술을 연구하는데 있어 가장 기초가 되는 것은 기록 채널 분석 및 시스템 모델링이다. 신뢰성 있는 채널 모델은 다양한 데이터 검출 알고리즘의 성능 확인에 중요한 척도가 되므로 정확한 모델링이 요구되며, 추정된 채널 모델을 기반으로 이에 적합한 변조 코딩 및 에러

정정 코딩 기술이 사용되어야 한다. 본 논문에서는 Supr-RENS 시스템의 비선형 모델링을 위해 볼테라 모델을 적용하고자 한다.

### II. 볼테라 모델

볼테라 필터에 기반한 방법들은 수학적 기초를 가지고, 비선형 현상들의 폭넓은 범위를 기술할 수 있다. 만일 볼테라 필터에 의해 표현되는 비선형 시스템이 안정되고 유한한 메모리를 가진다고 가정한다면 볼테라 급수<sup>[2]</sup>는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Y(k) = & \sum_{\tau_1=0}^{N-1} h_1(\tau_1)X(k-\tau_1) \\
 & + \sum_{\tau_1=0}^{N-1} \sum_{\tau_2=0}^{N-1} h_2(\tau_1, \tau_2)X(k-\tau_1)X(k-\tau_2) \\
 & + \sum_{\tau_1=0}^{N-1} \sum_{\tau_2=0}^{N-1} \sum_{\tau_3=0}^{N-1} h_3(\tau_1, \tau_2, \tau_3)X(k-\tau_1) \cdot \\
 & X(k-\tau_2)X(k-\tau_3) + \dots
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서  $X(k)$ 는 시스템의 입력 시퀀스를 나타내고,  $Y(k)$ 는 볼테라 필터에 의해 예상되는 시스템의 출력 시퀀스를 나타낸다.  $h_1(\tau_1)$ ,  $h_2(\tau_1, \tau_2)$  및  $h_3(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$ 는 각각 1차, 2차, 3차 볼테라 계수이다. 또한  $N$ 은 시스템의 시간지연을 나타내고, 위의 볼테라 계수들을 찾는 방법으로는 Least Square 방법을 사용한다.

### III. 모의실험

Super-RENS 시스템의 비선형 모델링을 위해 본 실험에서 사용한 디스크의 특성은 표 1과 같다.

표 1. 디스크의 특성

Disc	BD (Blu-ray)
Recording layer	Metal/Si
Diameter	12cm
Cover	0.1mm
Track pitch	320nm
Laser wavelength	405nm
Minimum mark size	150nm
Linear velocity	4.92m/s
NA	0.85
Dynamic tester	Plustec ODU-1000
Recording power	9.3mW
Read-out power	1.2mW

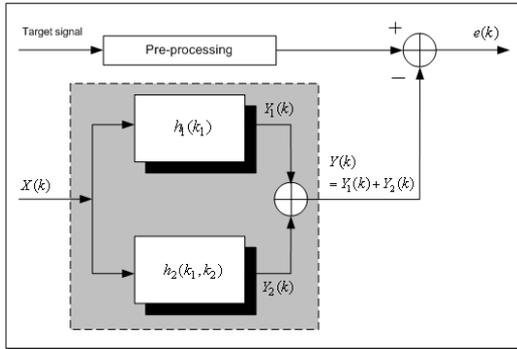


그림 1. 실험 구성도.

그림 1은 Super-RENS 시스템의 비선형 모델링을 위한 실험 구성도를 나타낸 것으로 입력 신호  $X(k)$ 는 랜덤하게 발생시킨 2진 비트 패턴을 사용하였고, target 신호는 Super-RENS 시스템을 통해 출력된 RF 신호이다. 본 논문에서는 좀 더 효율적인 모델링을 위해 저역 통과 필터를 사용하여 RF 신호의 잡음을 제거하는 사전 신호처리 과정을 거쳤다. 그림 2는 볼테라 필터의 지연 범위를 0부터 30까지 변화시켰을 때의 MSE (Mean Square Error)를 나타낸 것이다. 이때, MSE 다음과 같이 측정하였다.

$$\begin{aligned}
 MSE &= \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q e(k)^2 \\
 &= \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q (d(k) - Y(k))^2
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서  $d(k)$ 와  $Y(k)$ 는 각각 추정하고자 하는 RF 신호와 볼테라 필터의 출력신호를 나타내고,  $e(k)$ 는 두 신호간의 오차를 나타낸다.

그림 3은 볼테라 필터의 비선형 모델링 성능을 살펴 보기 위해 2진 비트 패턴을 사용하여 Super-RENS 시스템의 RF 신호를 추정한 것으로 실험결과 볼테라 필터의 출력신호와 RF 신호와의 MSE는 그림 2에서 볼 수 있듯이 약  $1.6 \times 10^{-3}$ 이다.

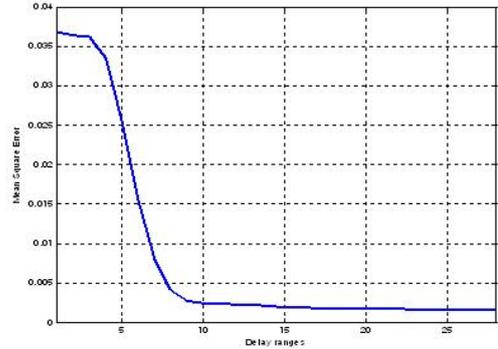


그림 2. 볼테라 필터의 지연범위에 따른 MSE.

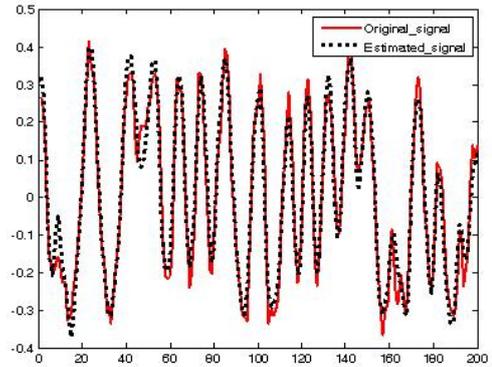


그림 3. RF 신호와 볼테라 필터의 출력신호 비교.

### IV. 결론

본 논문에서는 Super-RENS 시스템을 연구하는데 있어 기초가 되는 기록 채널 분석과 시스템 모델링을 위해 볼테라 모델을 적용하였다. 실험결과 Super-RENS 시스템의 비선형 모델링을 위해 볼테라 모델이 유용하게 활용될 수 있다는 가능성을 확인하였다.

### 참고문헌

[1] J. Tominaga, T. Nakano and N. Atoda, "An approach for recording and readout beyond the diffraction limit with an Sb thin film," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 73, no. 15, pp. 2078-2080, Oct. 1998.

[2] M. Schetzen, *The Volterra and Wiener Theories of Nonlinear Systems*, New York: Wiley, 1980.