

**충격 잡음 환경에서 RS-길쌈 연쇄 부호의 성능에 관한 연구**

오휘명\*, 최성수\*, 김관호\*, 황금찬\*  
 한국전기연구원, 연세대학교†

**A Study for Performance of RS-Convolutional Concatenated Codes over Impulsive Noise Channel**

Hui-Myoung Oh, Sung-Soo Choi, Kwan-Ho Kim, Keum-Chan Whang  
 KERI(Korea Electrotechnology Research Institute), Yonsei University

**Abstract** - There are many factors to degrade the performance of power-line communication systems such as multi-path fading, attenuation, colored and impulsive noise, and interference. Most of all, impulsive noise is generated by switching operation of many power supply units and equipments, and it causes both burst error and random error as the pattern of generation. In this paper, the variations of performance for RS convolutional concatenated coded system are simulated and analysed with the several parameters over impulsive noise channel.

**1. 서 론**

전력선 통신 채널은 기본적으로 데이터 전송용이 아닌 전기 에너지 전달에 적합하도록 설계된 전력선으로 구성되어 있기 때문에, 잡음과 고주파 신호 감쇠는 물론 토 폴로지 구조와 다양한 부하기기의 영향을 배제시키기 어렵고, 실제로 외부로부터 기인하는 전도성 및 유도성 간섭 신호들이 통신 성능을 저하시킨다. 다중경로 페이딩, 고주파 신호 감쇠, 유색 잡음 및 신호 간섭 등 다양한 성능 열화 요인들 중에서도 충격 잡음(Impulsive Noise)은 전력선에 연결된 수많은 전원장치 및 기기들의 개폐(Switching)동작에 의해 발생하며[1], 배경 잡음에 비해 수 배 또는 수백 배의 전력 레벨을 나타내며 주기적 또는 비주기적으로 발생하여 데이터 프레임 상에 군집 또는 산발 오류를 야기한다.

전력선 통신 시스템에서는 이러한 성능 열화를 극복하기 위해 다양한 디지털 통신 시스템 알고리즘을 적용하고 있으며, 군집 오류 정정을 위한 Reed-Solomon (RS) 부호와 산발 오류 정정을 위한 길쌈(Convolutional) 부호를 연결하여 사용하는 RS-길쌈 연쇄 부호가 채널 부호로서 채택되어 있다[2].

본 논문에서는 전력선의 충격 잡음 환경 하에서 RS-길쌈 연쇄 부호의 성능 열화 정도를 여러 가지 파라미터에 따라 시뮬레이션 분석하였다.

**2. 전력선 채널 충격 잡음**

**2.1 전력선 채널 잡음**

전력선 채널에 존재하는 잡음은 다음과 같이 세 가지로 분류된다.

- 배경잡음: 낮은 전력을 갖는 수많은 잡음원들로부터 발생하는 잡음들의 합이며, 비교적 낮은 전력 스펙트럼 밀도를 가지나 주파수에 따라 변화하여 유색 잡음에 해당한다.
- 협대역잡음: 중,단파 방송 대역 상의 방송 송신 신호에 의한 잡음으로서 주로 sine파류의 신호들이다.

- 충격잡음: 주파수 영역 상에서 불연속적인 스펙트럼 또는 광대역 스펙트럼 형태로 나타나며, 전력신호와 동기화된 전원들 또는 개폐전원 장치에 의해 발생하는 주기적 충격잡음과 네트워크 상에서 순간적인 개폐동작에 의한 비주기적 충격잡음 등을 포함한다.

**2.2 전력선 채널 충격 잡음 모델**

충격 잡음을 표현하기 위해 일반적으로 사용되는 것이 Middleton의 잡음 모델이다[3]. Middleton의 잡음 모델은 가우시안 잡음과 충격 잡음의 합으로 구성되며, 수신기 시스템에 대한 충격 잡음의 대역폭에 따라 세 가지 타입으로 구분된다[4].

- Class A: 충격 잡음의 대역폭이 수신기 시스템의 대역폭보다 작은 경우, 즉, 수신기 단에서 순간적인 잡음 변화 없음
- Class B: 충격 잡음의 대역폭이 수신기 시스템의 대역폭보다 큰 경우, 즉, 수신기 단에서 순간적인 잡음 변화 발생
- Class C: 충격 잡음의 대역폭이 수신기 시스템의 대역폭과 동등한 경우

전력선 상에서 나타나는 충격 잡음은 Class A 잡음 모델에 해당하며[5], 잡음 변수  $z$ 에 대해 다음과 같은 PDF(Probability Density Function)로 표현된다.

$$p_A(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{e^{-A} A^m}{m!} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma_m^2}\right) \quad (1)$$

단,

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 \cdot \frac{(m/A) + \Gamma}{1 + \Gamma} \quad (2)$$

여기서,  $A$ 는 충격잡음지수,  $\Gamma = \sigma_G^2 / \sigma_I^2$ 는 가우시안 잡음 대 충격 잡음 비(GIR : Gaussian-to-Impulsive noise power Ratio)이며,  $\sigma_G^2$ 는 가우시안 잡음 전력,  $\sigma_I^2$ 는 충격잡음 전력이고,  $\sigma^2 = \sigma_G^2 + \sigma_I^2$ 는 총 잡음 전력이다.

그림 1은  $A = 0.01$ ,  $\Gamma = 0.1 (-10dB)$ 인 경우에 대한 Class A 잡음 패턴의 시뮬레이션 결과이다. 대부분의 구간에서 가우시안 잡음 형태를 가지면서, 순간적으로 충격잡음이 발생하는 형태를 확인할 수 있다.

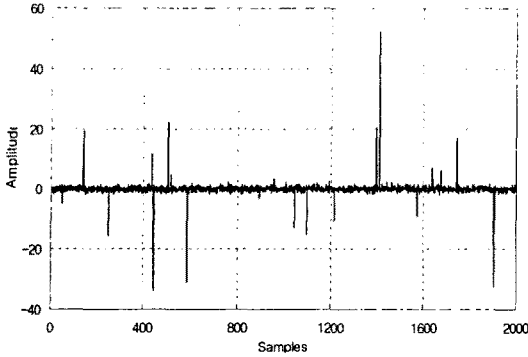


그림 1. Class A 잡음 패턴  $A = 0.01, \Gamma = 0.1$

### 3. RS-길쌈 연쇄 부호 시스템

RS(Reed-Solomon) 부호는 non-binary BCH 코드로서, Galois Field  $GF(2^n)$  상의 심벌단위 오류정정 능력에 의해 군집 오류를 정정할 수 있도록 설계된 부호이다. 한편, 길쌈 부호는 생성 다항식과 입력 데이터 간의 컨벌루션을 통해 부호화되며, 산발 오류를 정정하는데 사용된다. 이러한 두 가지 부호를 각각 외부 부호와 내부 부호로 사용하면 산발 오류와 군집 오류를 동시에 정정할 수 있기 때문에 연쇄 부호 형태로 사용하게 된다. 그림 2는 간단한 RS-길쌈 연쇄 부호화 시스템 구조이다.

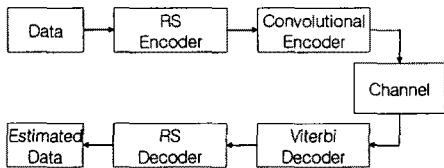


그림 2. RS-길쌈 연쇄 부호화 시스템

### 4. 성능 시뮬레이션

#### 4.1 시뮬레이션 사양

본 논문에서 성능 시뮬레이션에 사용된 여러 가지 파라미터들의 사양은 표 1 및 표 2와 같다.

표 1. RS-길쌈 연쇄 부호 사양

항목	내용	
RS 부호	Galois Field	$GF(2^8)$
	Coded Symbol 수	31 [sym.]
	Data Symbol 수	19 [sym.]
	Error 정정 능력	6 [sym.]
	Decoder	BM Decoder
길쌈 부호	구속장 K	5(3, 7)
	Frame Size	155 [bits]
	Tail Bits	K-1 [bits]
	Code Rate	1/2
	Decoder	Viterbi Decoder : Soft-Decision Base

\* () 안은 변화값

표 2. 충격 잡음 사양

항목	내용	
충격 잡음	충격 잡음 지수 A	0.01 (1.0, 0.1, 0.001)
	GIR $\Gamma$	0.1 (1.0, 0.01)
	수신 레벨 제한	No Limit (0.8, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0)

\* () 안은 변화값

#### 4.2 수신 레벨에 따른 성능

일반적인 통신 시스템의 신호 송수신 과정에서는 수신 신호의 레벨이 outer/inner-loop power control 또는 AGC(Automatic Gain Control) 등에 의해 조절된다. 그러나 충격 잡음은 일반적으로 위와 같은 방식으로 제어되는 범위를 넘어서며, 따라서 충격 잡음에 대한 수신 레벨 제한에 따라 변화하는 시스템 성능을 확인하였다.

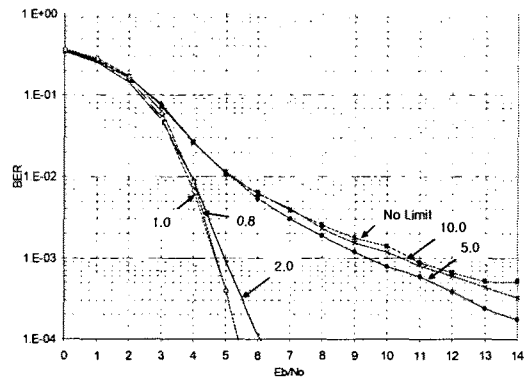


그림 3. 수신 레벨 제한에 따른 성능

그림 3은 수신 레벨 제한을 신호 레벨에 각각 0.8, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 그리고 제한 없이 수신 했을 경우에 대한 BER 성능 그래프이다. 결과로부터 충격잡음의 수신 레벨을 제한함으로써 시스템 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

#### 4.3 길쌈부호의 구속장에 따른 성능

길쌈부호의 구속장(Constraint Length)은 부호화되는 정보 데이터 비트가 연관되는 정도로서, 가우시안 잡음 환경에서는 구속장이 클수록 더 좋은 오류정정 성능을 나타낸다. 그러나 그림 4에 보인 성능 결과는 충격잡

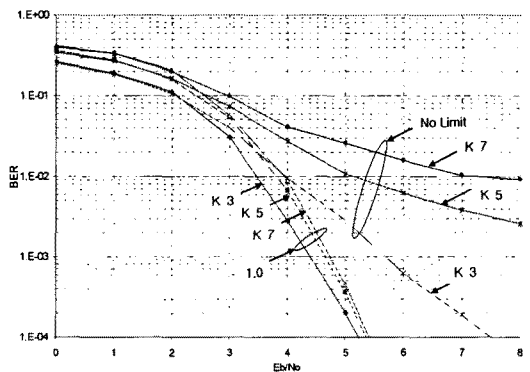


그림 4. 길쌈부호의 구속장(K)에 따른 성능

## 5. 결 론

본 논문에서는 오류 정정 부호로서 RS-길쌈 연쇄 부호를 사용하는 전력선 통신 시스템에서 전력선 채널 상에 나타나는 충격 잡음에 의한 성능 열화 정도를 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 시뮬레이션 결과로부터, 충격 잡음 환경 하에서는 길쌈부호의 구속장을 증가시킴에 의해 오히려 더 많은 오류가 발생할 수 있으며, 충격 잡음의 발생 빈도가 증가할수록, 그리고 상대적 전력 레벨이 증가할수록 성능 열화가 심함을 알 수 있었다. 또한 충격 잡음에 의한 성능 열화를 줄이기 위해 우선적으로 수신 레벨 제한이 필요함을 알았다. 한편, 충격 잡음의 발생 형태가 주로 산발 오류를 야기하기 때문에 RS-길쌈 연쇄 부호와 같은 오류 정정 부호를 사용할 경우 내부 부호에 해당하면서 산발 오류 정정용으로 쓰이는 길쌈 부호가 보다 두드러진 영향을 받게 되며, 이로 인해 전체 시스템 성능이 변화함을 알았다. 다양한 전력선 채널 환경에서 전력선 통신 시스템의 신뢰성 향상을 위한 알고리즘적 연구가 요구된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 오휘명 외, "전력선 통신 채널 Data Base 구축을 위한 기본 연구", *대한전기학회 논문지*, vol. 52D, no. 2, pp. 107-111, 2003
- [2] HomePlug, <http://www.homeplug.org>
- [3] D. Middleton, "Statistical-physical Model of Electromagnetic Interference", *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. EMC-19, no. 3, pp. 106-126, Aug. 1997
- [4] K. Mizutani, et al, "Digital PLL under Impulsive Noise Environment". *Proceedings of ISPLC2003*, pp. 38-43, 2003
- [5] K. Yamauchi, et al, "Parameter Measurement of Class A Interference on Power Line", *Trans. IEICE*, vol. E72, no. 1, pp. 7-9, Jan. 1989
- [6] S.B. Wicker, "Error Control Systems for Digital Communications and Storage", Prentice-Hall, 1995

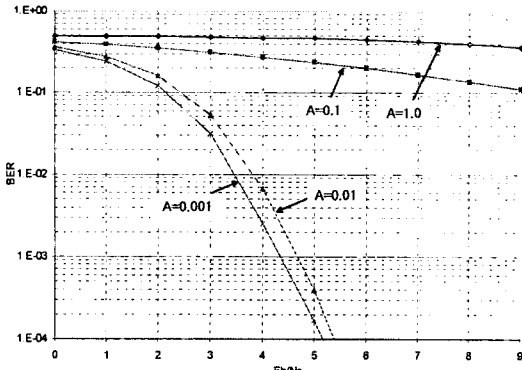


그림 5. 충격 잡음 지수(A)에 따른 성능

음 환경에서 충격 잡음에 의해 오류가 발생할 경우 상호 보완적이기 보다는 오히려 정상 수신된 비트들에 오류가 전파되는 현상이 발생하여 구속장이 클수록 성능 열화가 발생하는 사실을 보여주고 있다.

### 4.4 충격 잡음 지수에 따른 성능

충격 잡음 지수(A)는 2.2절에서 소개된바와 같이 정의되며, 충격 잡음의 발생 빈도를 의미한다. 즉, 충격 잡음은 이 지수에 해당하는 arrival rate를 갖는 Poisson 랜덤 변수에 따라 발생한다. 따라서 A가 커질수록 충격 잡음이 많은 채널이 된다.

그림 5는 충격 잡음 지수 값의 변화에 따른 성능 그래프이다. 예상할 수 있는 바와 같이 A 값이 커질수록 성능 열화가 증가한다. 특히 A=0.1의 경우와 A=1.0의 경우에 성능 열화가 심한 것은, 이 경우들에 대해 길쌈 부호의 산발 오류 정정 능력을 넘어서는 빈도로 충격 잡음이 발생함에 기인한다.

### 4.5 GIR에 따른 성능

GIR은 2.2절에서 소개된바와 같이 가우시안 잡음 대 충격 잡음 전력비로서, 충격 잡음이 발생할 경우 기본 가우시안 배경 잡음에 비해 얼마나 큰 전력 레벨을 가지는지를 나타낸다. 따라서 GIR이 커질수록 발생된 충격 잡음의 전력 레벨이 커지고, 그 때의 신호 대 잡음비(SNR:Signal-to-Noise Ratio)는 작아져 수신단의 성능을 저하시키게 된다.

그림 6은 GIR 값의 변화에 따른 성능 그래프이다. 결과적으로 충격 잡음의 전력 레벨이 높아질수록 시스템 성능이 저하된다. 그러나 오류 정정 능력을 가진 부호화 시스템에서는, 충격 잡음의 순간적인 큰 전력 레벨에 의한 성능 저하폭이 4.4절의 충격 잡음 발생 빈도에 의한 저하폭에 비해 둔하다는 사실을 알 수 있다.

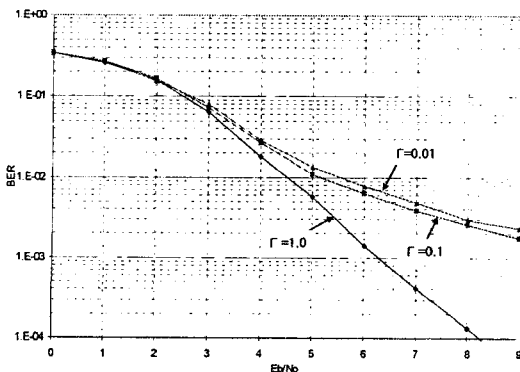


그림 6. GIR( $\Gamma$ )에 따른 성능