

철도신호용 통신 프로토콜을 위한 데이터링크 성능분석

틀 설계

황중규⁰ 이재호⁰ 강문호^{*} 박용진^{*}
한국철도기술연구원 철도신호통신연구팀

(jghwang, jhlee1)@krti.re.kr, mhkang@email.sunmoon.ac.kr, park@nclab.hanyang.ac.kr^{*}

Design of Data Link Protocol Performance Analysis Tool for Railway Signaling Communication Protocol

Jong-Gyu Hwang⁰, Jae-Ho Lee⁰, Moon-Ho Kang^{*}, Yong-Jin Park^{*}
Signalling & Telecommunication Research Team, Sunmoon University^{**}, Hanyang University^{*}
Korea Railroad Research Institute⁰

요 약

본 논문에서는 신뢰성 있는 통신을 요구하는 철도신호용 정보전송을 위해 설계한 프로토콜과 이 설계된 프로토콜의 데이터 링크 제어의 성능분석을 위한 시뮬레이터의 개발에 대해 설명한다. 우선 철도신호용 통신 프로토콜의 성능분석을 위해 Matlab/Simulink 윈도우상의 데이터 링크 제어 시스템 화면에서 사용자 인터페이스 블록을 통해 통신 파라미터들을 선택하여 시뮬레이션을 행할 수 있는 시뮬레이션 툴과, Matlab 이 제공하는 RS232통신용 API 기능을 이용하여 철도 신호장치간의 통신 프로토콜을 PC상에서 에뮬레이션 할 수 있는 시뮬레이터를 설계하였다.

1. 서 론

철도 신호제어장치들은 각자 고유의 기능을 수행하면서 각 장치간 통신링크를 통하여 하나의 신호제어시스템을 구성하고 있다. 이러한 신호제어장치들이 기존에는 대부분 기계적 또는 전기적인 계전기 로직에 의해 그 고유의 기능을 수행하여 왔으나, 최근 들어 각 장치별로 전자화된 시스템들로 대체되어가고 있다. 이처럼 신호제어장치들이 전자화 되어감에 따라 각 장치간 인터페이스를 위한 링크 구성도 디지털 통신채널을 통하여 구성되고 있다. 따라서 이러한 각 장치간 인터페이스를 위한 통신채널에 대한 중요성이 증대되고 있다.

따라서 주요 신호제어장치들이 전자화 되어감에 따라, 이들 장치간의 인터페이스를 위한 신뢰성을 갖는 통신 프로토콜의 필요성이 점점 증대되고 있다. 본 논문에서는 이러한 신호설비들의 전자화 추세에 따라 제기되는 통신 프로토콜 구조에 대한 연구를 수행하였으며, 그 중 철도청에서 사용되는 철도신호장치들 중 전자연동장치(EIS)와 역정보전송장치(LDTS) 사이의 통신 프로토콜의 구조에 대한 연구를 수행하였다.

철도신호시스템간 인터페이스를 위한 통신 프로토콜은 기본적으로 다양한 신호운영 특성과 방식-에러검지 및 제어 방식, 흐름제어방식, ARQ 및 데이터링크 제어 프로토콜, 등등에 대한 성능분석이 행하여진 후 최적의 방식이 선정되어야 할 것이다[1]-[3]. 이를 위하여 본 연구에서는 철도신호 장치간 인터페이스를 위한 데이터 링크 제어의 성능분석을 위한 시뮬레이션 툴을 설계하였다.

2. 데이터 링크 제어 성능분석

2.1 시뮬레이션 개요

통신시스템 데이터 링크 제어 시뮬레이션을 행하기 위하여 그림1과 같이 Matlab을 이용한 통신시스템을 설계하였다. 전체 시스템은 데이터 시그널링 방식 및 AWGN(Additive White Gaussian Noise)를 파라미터로 하여 BER을 계산하는 BER 계산 시뮬링크 블록, BER과 프레임 크기로부터 프레임 에러율을 계산하는 프레임 에

러 계산 시뮬링크 블록, ARQ 방식들에 의거하여 데이터 레이트와 각종 채널 파라미터들로부터 링크의 사용효율을 구하는 ARQ와 Link Utilization 계산 시뮬링크 블록, 시뮬레이션 결과 디스플레이 및 분석을 위한 디스플레이 블록 등으로 이루어져, 여러 파라미터 조건 하에서 데이터 링크 제어 성능을 시뮬레이션할 수 있도록 하였다. 본 시뮬레이션 툴에서 구현되는 ARQ 방식은 Stop-And-Wait(SAW) ARQ, Go-Back-N(GBN) ARQ 와 Selective-Reject(SR) ARQ로서, 각 방식에서 유도되는 링크 효율과 이와 관련된 식들을 보이면 식(1)~(5)와 같고, 그림 1의 ARQ and Link Utilization Calculation 블록에서 계산되어진다[1][2].

Stop-And-Wait(SAW)

$$\nu = \frac{1 - P_f}{1 + 2a} \quad (1)$$

Go-Back-N(GBN) ARQ

$$\nu = \begin{cases} \frac{1 - P_f}{1 + 2aP_f} & W \geq 2a + 1 \\ \frac{W(1 - P_f)}{(2a + 1)(1 - P + WP_f)} & W < 2a + 1 \end{cases} \quad (2)$$

Selective-Reject(SR) ARQ

$$\nu = \begin{cases} 1 & W \geq 2a + 1 \\ \frac{W(1 - P_f)}{2a + 1} & W < 2a + 1 \end{cases} \quad (3)$$

$$P_f = 1 - (1 - P_b)^{n \times nb} \quad (4)$$

P_f : frame error probability, nf : number of frames

nb : number of bits per frame

$$a = \frac{\text{Propagation Time}}{\text{Transmission Time}} = \frac{d/V}{L/R} = \frac{Rd}{VL} = \frac{(R \times \frac{d}{V})}{L} \quad (5)$$

ν : link utilization

W : sliding window size

R : bit rate

D : link length

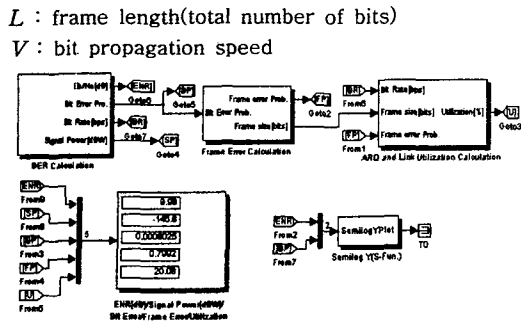
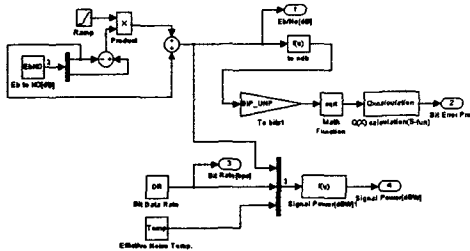
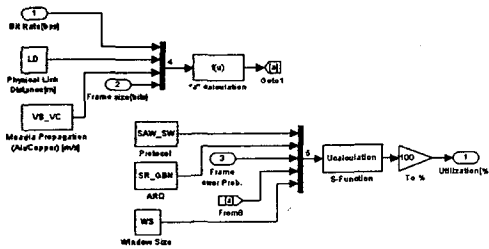


그림 1. 전체 시뮬레이션 블록

BER Calculation 내부블록



ARQ and Link Utilization Calculation 내부블록

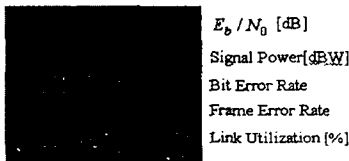


2.2 시뮬레이션 예

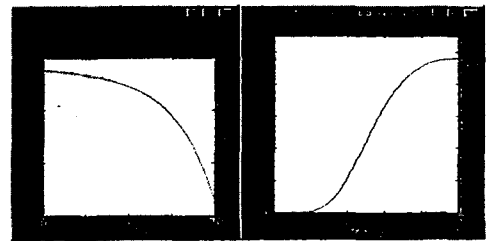
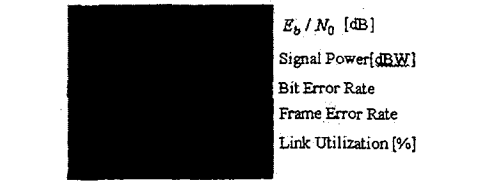
시뮬레이션틀의 유용성을 보이기 위하여 아래와 같은 시뮬레이션 조건하에서 베이스밴드 데이터 전송시스템에 있어서 양극신호(bipolar/antipodal)와 단극신호(unipolar/orthogonal) 전송시 각각에 대한 특성을 비교하였다. 그림.2는 시뮬레이션 결과를 보이는 것으로 양극신호 데이터 엔코딩이 단극신호 엔코딩에 비해서 비트 에러 성능이 200배, 프레임 에러 성능이 100배, 링크 효율(link utilization)은 5배 증가됨을 알 수 있다.

시뮬레이션 조건

- Physical Link Distance : 10 [Km]
- Effective noise temperature : 27 [°C]
- Media propagation speed(copper) : 2×10^8 [m/s]
- E_b/N_0 : -10 ~ 10 [dB]
- Data Bit Rate : 64000 [bps] Frame Size : 250 [bytes]
- ARQ : SAW



[Unipolar signalling]



[Bipolar signalling]

그림 2. E_b/N_0 변동에 따른 BER과 링크 효율(U)

3. LDTS-EIS 시뮬레이터

3.1 LDTS-EIS 개요

본 연구에서는 Matlab이 제공하는 RS232통신용 API 기능을 이용하여 철도 신호장치간의 통신 프로토콜을 시뮬레이션할 수 있는 틀을 설계하였다. 설계된 틀은 철도 신호장치들중 선로변 데이터 전송장치(LDTS : Local Data Transmission System)와 전자연동장치(EIS : Electronic Interlocking System)간의 통신을 시뮬레이션하기 위한 것으로서, LDTS 장치는 선로변의 신호기실에 설치되어지는 장치로서, CTC(Centralized Traffic Control)로부터의 제어명령을 전송받아 EIS로 전송하고, 반대로 EIS로부터 전송되는 상태정보 등을 CTC로 전송하는 역할을 수행하는 장치이다.

EIS는 LDTS로부터의 제어명령을 수신하여 선로전환기, 신호기 등 현장의 신호장치들에 제어명령을 전송하고 또한, 상태정보들을 LDTS로 전송하게 된다. LDTS와 EIS간의 두 장치 사이의 전송 프로토콜은 크게 다음과 같은 기준을 바탕으로 설계되었다.

- 전송 메시지 프레임의 시작 및 끝의 검출을 위한 펄드를 사용한다.
- 전송도중의 에러에 의한 영향을 최소화하고, 또한 통신고장에서 회복 시에 정상적으로 시스템이 정상적으로 회복될 수 있도록 LDTS가 EIS의 전체적인 상태정보를 업데이트 할 수 있도록 메시지의 흐름제어를 한다.
- EIS에 어떠한 상태변화가 없어도, 주기적으로 EIS의 전체 상태정보를 LDTS로 전송하여 업데이트 하도록 한다.

LDTS와 EIS간의 두 장치 사이의 연결도와 전송 메시지 구조를 보이면 다음과 같다. 본 연구를 통해 설계한 두 장치간

인터페이스를 위한 통신 프로토콜은 [6]에 상세에 설명되어져 있다.

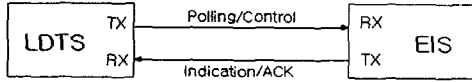


그림 3. LDTS와 EIS 연결

표 1. 전송 메시지 구조

SIZE	Data Length	Sequence No.	MessageType	Data	CRC	ETX
1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	N byte	2 byte	1 byte

3.2 Matlab 기반 시뮬레이터 설계

설계된 툴은 Matlab의 RS232 통신을 지원하는 API 함수들을 이용하여 PC상에서 GUI 형태로 시리얼 통신 파라미터들의 설정(통신채널, 데이터레이트, 타임아웃 등), 전송 메시지 프레임 설정 등 필요한 통신 조건을 설정하고, 수신 메시지를 시간 순으로 저장하여 필요한 경우 그래프 상에서 분석할 수 있도록 하였다. 통신 개시, 시뮬레이터가 EIS를 선택하여 통신개시 메시지를 선택된 EIS로 전송한 후, EIS가 승인 메시지를 시뮬레이터로 전송하면 상호간 메시지 전송이 이루어지도록 하였다. 그림 4는 Matlab RS232 통신 함수와 GUI를 이용한 LDTS 시뮬레이션 과정을 보인 것이다.

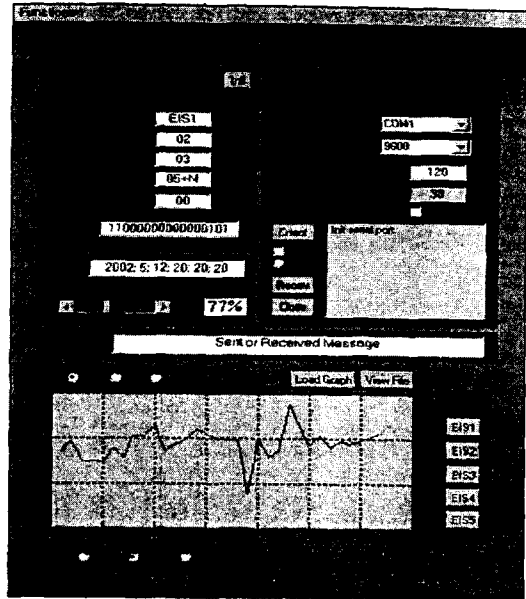


그림 4. LDTS 시뮬레이터

4. 결 과

본 연구에서는 철도신호 장치간 인터페이스를 위한 데이터 링크제어의 성능분석을 위한 시뮬레이션 툴을 설계한 것으로, Simulink 윈도우상의 데이터 링크제어 시스템 화면에서 GUI 블록을 통해 통신 파라미터들과 데이터 링크제어기법들을 선택하여 시뮬레이션 할 수 있고, 또한 Matlab이 제공하는 RS232통신용 API 기능을 이용하여 철도 신호장치간의 통신 프로토콜을 PC상에서 모사할 수 있는 툴을 설계하였다. 이 툴을 이용하여 철도 신호장치인 EIS와 LDTS간 인터페이스를 위한 통신 프로토콜을 설계하였으며, 이들 장치 이외의 다른 철도신호설비간 통신 프로토콜 설계에 활용될 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] Bernard Sklar, *Digital Communications*, 2nd ed., Prentice Hall, 2001.
 [2] William Stallings, *Data & Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, 2000.
 [3] Gerard J. Holzmann, *Design and Validation of Computer Protocol*, Prentice Hall, 1991.
 [4] *Using Simulink Version3*, Math Works, 1999. 2.
 [5] 전기신호시스템 엔지니어링 기술개발, G7 1단계 최종보고서, 한국철도기술연구원, 1999.
 [6] 신호설비 상호간 정보전송방식 표준화, 연구보고서, 한국철도기술연구원, 2002