

보안성을 겸비한 전이중방식의 다중레벨 통신드라이브에 관한 연구

A Study on Multilevel Communication Drive of Full-Duplex Method with Security

조수억¹, 박성미^{2*}

Su-Eog Cho¹, Seong-Mi Park^{2*}

〈Abstract〉

Currently, the industry uses MODBUS communication method using RS485 as a communication method used when constructing distributed equipment and networks. However, this method has a rather good transmission and reception distance, but has a disadvantage of being a half-duplex communication method. Therefore, there is a great need for a full-duplex communication method that can simultaneously transmit and receive two-wire communications. Therefore, in this paper, we propose a new communication hardware equipment that can implement full-duplex communication method by communication signal level to overcome the disadvantage of communication speed. The proposed communication hardware is a structure that can transmit and receive at the same time on the same communication line in two equipments communicating in a two-wire system. The characteristic of this communication hardware is that the transmitter generates two-level signal for data transmission, but the receiver generates three-level electric signal according to the status of the transmission data generated by the receiver. The data transmission signal information of the receiver is present at the same time. Therefore, the receiving side can analyze the received signal based on the information on the current transmission signal and can analyze the signal only in the two communicating devices, so it can be seen that the communication security is very excellent.

Keywords : *Multilevel Communication Drive, Full-Duplex, MODBUS*

1 주저자, 서일대학교 전기공학과 부교수
E-mail: secho@seoil.ac.kr

2* 교신저자, 한국승강기대학교 승강기공학부 부교수
E-mail: seongmi@klc.ac.kr

1 Main Author, Dept. of Electrical Engineering, Seoil
University, Associate Professor

2* Corresponding Author, Dept. of Lift Engineering, Korea
Lift College, Associate Professor

1. 서론

최근 산업계에서는 ICT(Information and Communications Technologies) 기술을 기반으로 제조 전 과정을 자동화 및 지능화하는 스마트 팩토리에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 자동화 및 스마트화를 위해서는 각 기기 간의 통신이 필수적이며, 이를 지원하기 위해 대부분의 기존장비는 비동기 직렬통신인 RS232, RS423, RS422, RS485 방식의 통신 포트를 내장하고 있다[1]-[2]. 현재 산업계에서는 분산된 장비와 네트워크 구축 시 사용되는 통신방식은 RS485를 이용한 모드버스(MODBUS) 통신 방식을 사용하고 있다.

그러나 이 방식은 송수신 거리는 다소 좋으나, 송신과 수신을 동시에 할 수 없는 반이중(Half-duplex) 통신 방식이라는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 다양한 방식이 연구되고 있으며 그 대표적인 방식은 4선 방식 통신이나 이는 통신선로가 긴 경우 선로에 대한 부담감을 주고 있다. 따라서 2선 방식 통신에서 송신과 수신을 동시에 할 수 있는 완전한 전이중(Full-duplex) 통신 방식에 대한 연구가 절실히 필요하다[3]-[4]. 따라서 본 논문에서는 시분할 방식에 의한 전이중 통신방식을 사용할 경우 통신 속도에 대한 단점을 극복하기 위해 통신신호 레벨에 의한 완전한 전이중 통신방식 구현이 가능한 새로운 통신용 하드웨어 장비를 제안한다. 제안된 통신 하드웨어는 2선 방식 통신으로 통신하는 두 장비에서 동일 통신선에 발신신호를 인가함과 동시에 수신 신호를 검출할 수 있는 방식으로 동 시간에 발신과 수신에 가능한 구조이다. 본 통신 하드웨어의 특징은 발신부에서는 데이터 전송용 2레벨의 신호가 발생하나 수신부에서는 수신부에서 발생하는 송신데이터의 상태에 따라 3-레벨의 전기적신호가 발생하게 되

며 이 신호에는 발신부의 데이터 전송신호와 수신부의 데이터 전송신호 정보가 동시에 존재하게 되는 것이 특징이다. 따라서 수신측은 현재의 송신신호에 대한 정보에 의해 수신신호를 분석할 수 있다. 이는 통신하는 두 기기에서만 그 신호를 분석할 수 있으므로 통신의 보안성 면에서 매우 우수한 것을 알 수 있다.

2. 제안된 통신용 하드웨어

2.1 기존 비동기 통신방식의 특성비교

산업현장에서 장비간 정보공유를 위해 1:1로 연결하여 통신을 할 경우 3선 방식통신에서 송신과 수신을 동시에 할 수 있는 완전한 전이중 방식인 그림 1(a)와 같이 RS232C 통신방식을 채용한다. 그러나 여러 장치를 함께 연결하는 경우 RS232C 통신방식은 멀티 통신포트가 필요하므로 비용이 증가하는 단점으로 인하여 하나로 통신 선로에 여러 대 접속이 가능한 RS485/422 통신을 많이 채용하게 된다.

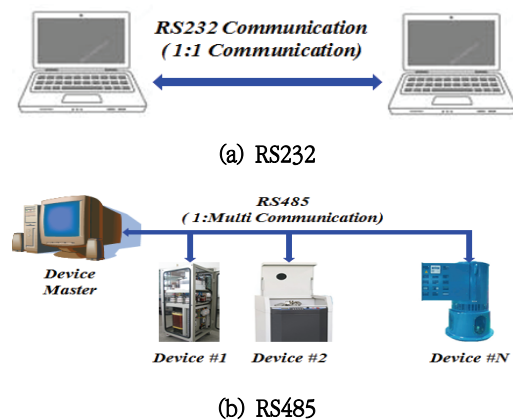


Fig. 1 Representative asynchronous communication method

표 1은 대표적인 비동기 통신 방식인 RS232 통신과 RS485 통신의 특성을 비교한 것이다. RS485 방식은 최대 출력전압은 RS232 보다 낮지만 차동입력으로 인하여 최대통달거리 및 최고 통신 속도가 우수 하나 반이중 통신방식으로 통신에 송수신을 할 수 없는 단점이 있다. 이와 달리 RS232 방식은 전이중 방식으로 동시간에 송신과 수신할 수 있는 장점이 있으나, 송신용 선과 수신용 선이 존재하는 3선 방식인 단점이 있다 [5]-[7].

Table 1. Comparison of RS232 and RS485 Communication Characteristics

Specification	RS232C	RS485
동작 모드	Single-Ended	Differential
최대 Driver 수	1 Driver	32 Drivers
	1 Receiver	32 Receivers
최대 통달거리	약 15 m	약 1.2 km
최고 통신속도	20 Kb/s	10 Mb/s
지원 전송방식	Full Duplex	Half Duplex
최대 출력전압	±25V	-7V to +12V
최대 입력전압	±15V	-7V to +12V

RS232 통신과 RS485 통신 방식에서는 통신 선로에 통신 데이터 분석기 장착으로 통신프로토콜 유출이 쉬워 통신보안에 매우 취약한 단점이 있다.

2.2 제안된 비동기 통신

그림 2는 제안된 2선 방식 통신에 의한 완전한 전이중 통신이 가능한 3-레벨 통신용 하드웨어를 나타내고 있다.

통신 전송신호는 스위치 Q_1 과 Q_2 의 On/Off에 따라 결정된다. 즉 Q_1 과 Q_2 가 모두 Off되는 경우

출력은 High 임피던스 상태로 통신라인에서 전송 기능을 할 수 없는 상태가 된다. Q_1 이 On되고 Q_2 가 Off되는 경우는 직렬통신 2진 값 '1'을 전송하는 경우로 V_s 는 V_{dc} 가 되고, Q_1 이 Off되고 Q_2 가 On되는 경우는 직렬통신 2진 값 '0'을 전송하는 경우로 V_s 는 0이 된다. 그러나 V_L 전압은 출력 임피던스 저항으로 인하여 상대방 출력레벨에 의해 3-레벨로 나타나게 된다.

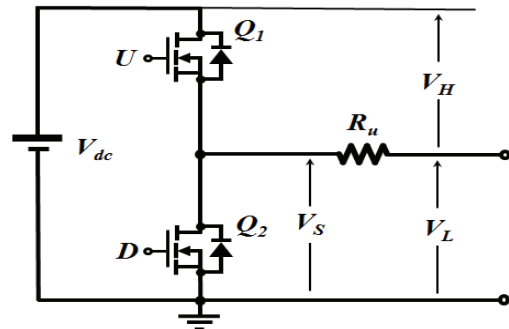


Fig. 2 Proposed three-level communication stage transceiver circuit

그림 3은 양방향 통신을 위한 3-레벨 통신용 하드웨어 구성을 나타내고 있다. 제안된 토폴로지에서 출력임피던스가 통신 선로의 임피던스 보다 커서 통신선로의 임피던스를 무시한다고 가정한다. A-side와 B-side의 수신전압 V_{S1} 과 V_{S2} 는 송신측 전압이나 수신측 전압에 의해 결정되는 것이 아니고 송신측 전압과 수신측 전압에 의해 결정된다. 즉 두 송신 측 전압이 동일한 경우에는 송신전압이 검출되고 상이한 경우에는 송신전압의 절반이 검출된다. 이러한 논리 구조에 의해 수신단의 출력전압은 송신측과 수신측의 송신정보에 따라 3-레벨이 된다. 따라서 송신측과 수신측의 송신상태에 따라 3레벨 전압이 형성된 수신 정보와 송신정보를 조합하면 수신정보를 얻을 수 있다.

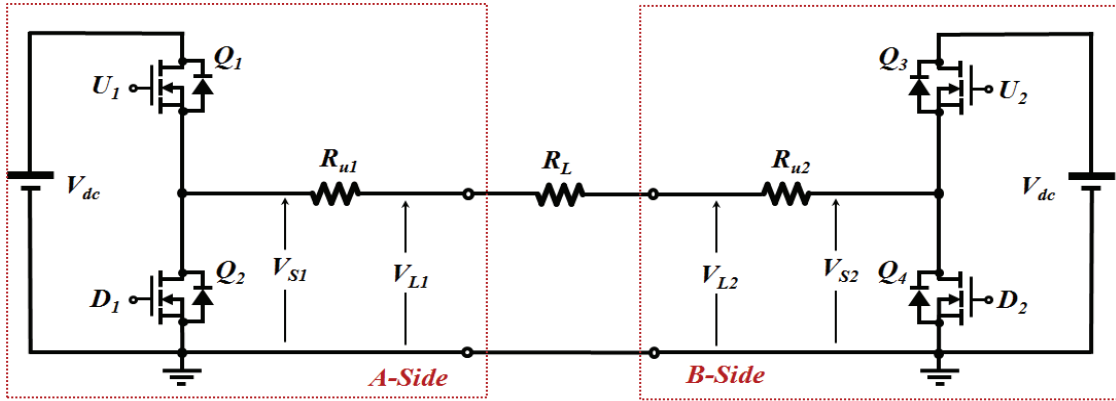


Fig. 3 Communication stage transceiver circuit for 3-level communication for bi-directional communication

그림 4는 3레벨 전압에서 수신정보를 취득하기 위한 회로도이다. 그림에서 알 수 있듯이 레벨을 판별할 수 있도록 전원전압을 분배하여 수신신호와 비교기를 구성함으로써 레벨을 판단 할 수 있다. 2레벨 판단을 위해 편이상 전원전압의 2/3와 수신신호의 비교기로 구성된 D_{H1} 은 2레벨 여부에 대하여 부논리로 동작하고, 전원전압의 1/3과 수신신호의 비교기로 구성된 D_{L1} 은 1레벨 이상 여부에 대하여 정논리로 동작한다. 따라서 이 두신호의 논리적 곱과 송신신호 V_{S1} 과 배타적 논리합으로 구성할 경우 수신정보에 해당하는 신호를 얻을 수 있다.

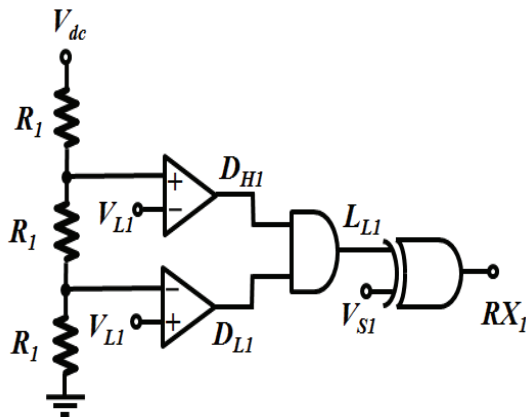


Fig. 4 Receive Information Extraction Circuit Diagram

그림 5는 B-side에서 송신정보를 발생하고 A-side에서는 수신만하는 일반적인 485모드로 동작할 경우의 파형을 나타내고 있다. 이 경우 송신측 전압과 수신측 전압이 동일하게 나타나는 2레벨 통신모드이다. 그림 5에서 알 수 있듯이 B-side 출력전압 V_{S2} 와 A-side 수신전압 V_{L1} 은 동일한 형태가 되고, 두 비교기의 출력 D_{H1} 과 D_{L1} 의 논리합은 항상 영이 된다. 또한 항상 영인 L_{L1} 전압과 수신신호의 배타적 논리합은 수신신호로 나타나게 된다.

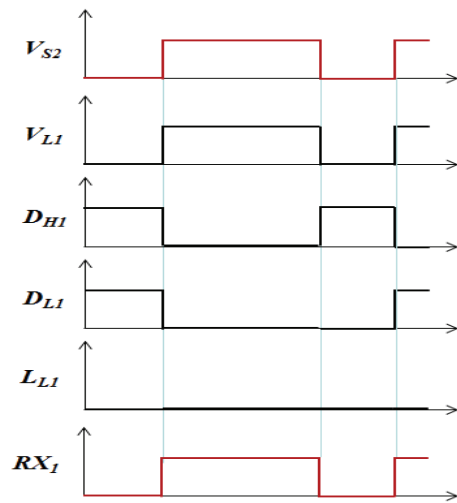


Fig. 5 Unidirectional Communication

그림 6는 B-side에서 송신정보를 발생하고 A-side에서 도 송신신호를 발생하는 동시간 전이중 통신모드로 동작할 경우의 파형을 나타내고 있다. 해석을 명확히 하기 위해 그림과 같이 V_{S1} 과 V_{S2} 두 송신신호는 90도 위상차를 갖는 것으로 정의하였다. 이 경우 송신측 전압과 수신측 전압은 상대방 송신측 정보에 의해 상이한 레벨로 나타나게 된다. 그림 6에서 알 수 있듯이 A-side 수신전압 V_{L1} 은 A-side 송신전압 V_{S1} 과 B-side 송신전압 V_{S2} 에 의해 그림과 같이 형성되고, 두 비교기의 출력 D_{H1} 과 D_{L1} 의 논리합은 송신주파수의 2배의 형태로 나타난다. 따라서 L_{L1} 전압과 수신신호 V_{L1} 의 베타적 논리합을 위하여 B-side 송신전압 V_{S2} 와 일치하게 된다. 따라서 3레벨 수신신호로부터 원하는 수신신호를 출력할 수 있다.

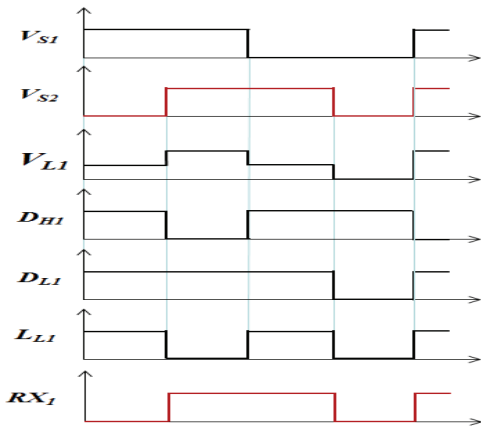


Fig. 6 Simultaneous Bidirectional Communication

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

3.1 시뮬레이션 결과

그림 7은 본 논문에서 제안한 통신방식의 타당

성을 검증하기 위한 시뮬레이션 회로도이다. 시뮬레이션 회로는 크게 통신신호 발생용 Half-bridge 인버터, 3레벨을 검출하기 위한 비교기와 논리회로도 및 비주얼 C언어에 의한 직렬 송신신호를 발생하기 위한 DLL부로 구성된다.

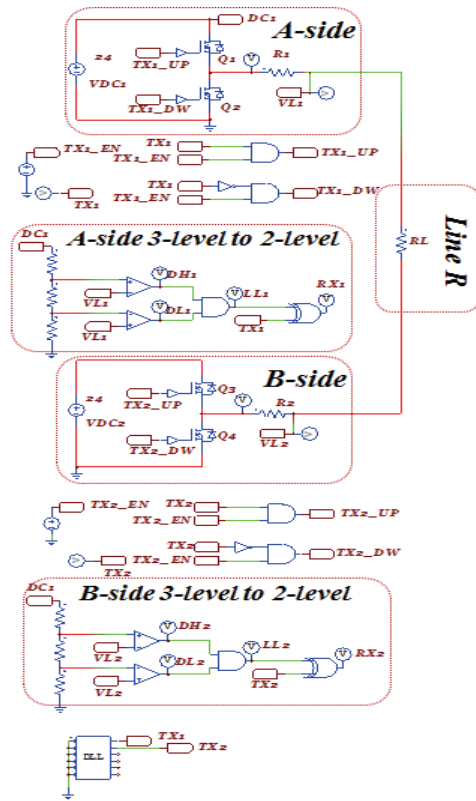


Fig. 7 Simulation Schematic

그림 8은 그림 6과 같은 조건 즉 A-side 및 B-side에서 V_{S1} 과 V_{S2} 두 송신신호는 90도 위상차를 갖는 것으로 정의하였다. 이 경우 송신측 전압과 수신측 전압은 상대방 송신측 정보에 의해 상이한 레벨로 나타나게 되나 그림 6과 같은 동일한 파형이 나타나며 B-side에서 송신된 신호를 A-side에서 완벽히 수신됨을 알 수 있었다.

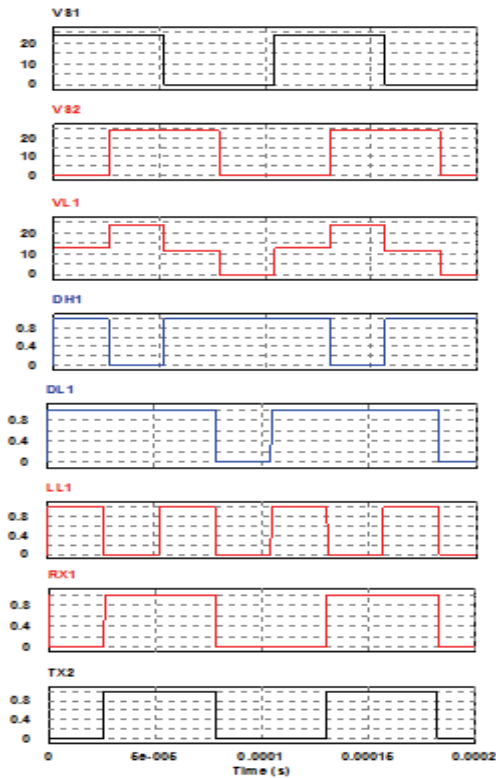


Fig. 8 Simultaneous Bidirectional Communication Simulation Results

그림 9는 비동기 직렬통신을 확인하기 9600 bps, 8-bit 데이터, 1개의 스톱비터, 노-패리티로 설정하여 A-side에서는 아스키 코드에 의한 문자 'U'를 송신하고 B-side에는 아스키 코드에 의한 문자 'C'를 송신한 경우의 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 보는바와 같이 A-side VS₁ 직렬신호는 16진수로 0X55인 아스키코드 문자 'U'가 발생하고 있으며, B-side VS₂ 직렬신호는 16진수로 0X43인 아스키코드 문자 'C'가 발생하고 있다. 문자 'U'와 'C'의 송신 데이터에 의해 제안된 통신 토폴로지에 의해 수신신호는 VL₁과 같은 3-레벨 수신신호가 발생하게 된다. 수신신호는 VL₁은 각 모듈 VS₁과 VS₂ 두 송신신호 의해 결정된다. 따라서 VL₁, VS₁, VS₂ 세 신호 중에서 두 신호에

대한 정보만 있다면 다른 신호에 대한 정보 값을 얻을 수 있다. 각 모듈에서는 자신이 발생한 송신 신호와 수신 신호를 계측할 수 있으므로 상대방 송신신호는 이 두신호의 정보로 얻을 수 있다. 이 방식의 특징은 통신라이에서 발생하는 3-레벨 신호로부터 두 모듈의 송신 신호를 분리하는 것이 불가능하다. 특히 같은 아스키 문자를 송신하더라도 비동기 통신이기 때문에 통신선에 나타나는 3-레벨신호는 상이한 형태로 나타난다. 따라서 중요 신호 수신 시 수신부에서는 보안 신호로 송신기를 동작하면 통신라인 중간에서 타 기기가 정확한 송신 데이터를 취득하는 것은 불가능하게 된다. 이는 통신 보안성면에서 매우 우수한 특징으로 간주될 수 있다.

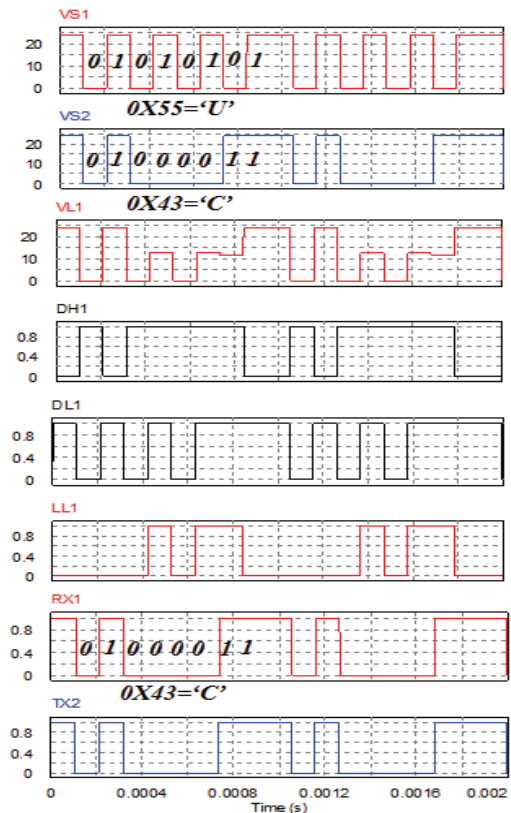


Fig. 9 Simultaneous Bidirectional Simulation Results

3.2 실험 결과

그림 10은 2선 방식통신에서 송신과 수신을 동시에 할 수 있는 3-레벨방식의 새로운 통신용 프로토타입이다. 본 프로토타입은 크게 9-36 [V]입력 범위를 갖는 SMPS부, 통신신호발생을 위한 게이트 앰프 및 Half-bridge 부, 3-레벨 입력을 받아 2-레벨 수신정보로 변환하는 비교부 및 논리부로 구성 되어있다. 그림 10은 일반적인 통신방식인 B-side 측에서 아스키코드 'C' 통신데이터를 발생하고 A-side에서는 수신만하는 경우의 실험결과이다.

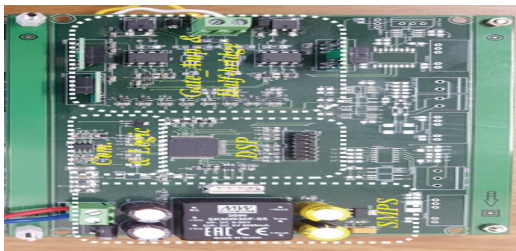


Fig. 10 The new three-level communication prototype

그림 11의 결과파형에서 알 수 있듯이 본 통신 방식은 기존 통신방식과 호환됨을 알 수 있었다. 그림 12는 그림 9의 시뮬레이션 조건과 같은 상태로 통신하였을 경우의 실험결과이다.

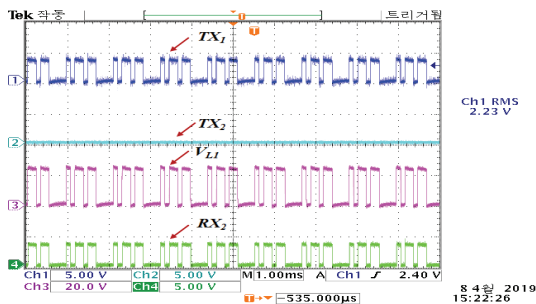
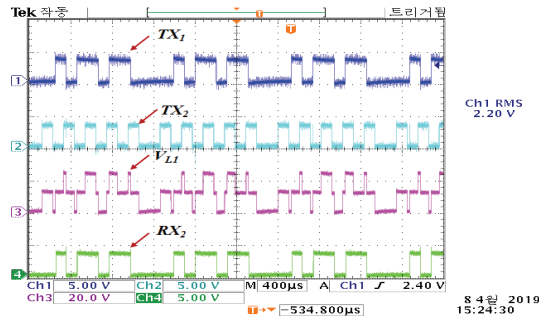
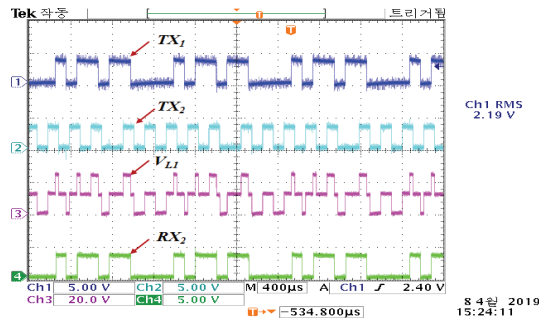


Fig. 11 Experimental Results of Unidirectional Communication



(a)



(b)

Fig. 12. Simultaneous Bidirectional Experimental Results

그림 12의 결과파형에서 보듯이 두 송신측에서 동일한 데이터를 전송하나 비동기 통신방식으로 동기가 상이하여 통신라인에 나타나는 3-레벨의 전압은 상이하게 나타남을 알 수 있었다. 그러나 수신데이터는 송신데이터를 정확히 수신함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 시분할 방식에 의한 전이중 통신방식을 사용할 경우 통신 속도에 대한 단점을 극복하기 위해 통신신호 레벨에 의한 완전한 전이중 통신방식 구현이 가능한 새로운 통신용 하드웨

어 장비를 제안한다. 제안된 통신하드웨어는 2선 방식 통신으로 통신하는 두 장비에서 동일 통신선에 발신신호를 인가함과 동시에 수신 신호를 검출할 수 있는 방식으로 동 시간에 발신과 수신이 가능한 구조이다. 본 통신하드웨어의 특징은 발신부에서는 데이터 전송용 2레벨의 신호가 발생하나 수신부에서는 수신부에서 발생하는 송신데이터의 상태에 따라 3-레벨의 전기적신호가 발생하게 되며 이 신호에는 발신부의 데이터 전송신호와 수신부의 데이터 전송신호 정보가 동시에 존재하게 되는 것이 특징이다. 따라서 수신측은 현재의 송신신호에 대한 정보에 의해 수신신호를 분석 할 수 있다. 이는 통신하는 두 기기에서만 그 신호를 분석할 수 있으므로 통신의 보안성면에서 매우 우수한 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20179310100050)

참고문헌

- [1] Kari Rikkinen, A new full-duplex radio transmission paradigm, Pre-FIA Workshop, Mar. 2014.
- [2] B. Debaillie, D. J. van den Broek, C. Lavin, B. van Liempd, E. A. M. Klumperink, C. Palacios, J. Craninckx, B. Nauta and A. Pärssinen, "Analog/RF Solutions Enabling Compact Full-Duplex Radios", IEEE Selected Areas in Comm., Vol. 32, No. 9, pp. 1662-1673, Jun. 2014.
- [3] K. Tsubouchi, H. Nakase, A. Namba and K. Masu, "Full duplex transmission operation of a 2.45GHz asynchronous spread spectrum using a SAW convolver", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, Vol. 40, No. 5, pp. 478-482, Sep. 1993
- [4] Lowe, Ryan, et al. "Multi agent actor critic for mixed cooperative competitive environments." Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), 2017.
- [5] L. Gelazanskas et al., "Demand side management in smart grid: A review and proposals for future direction", Sustainable Cities and Society, vol. 11, pp. 22-30, February 2014.
- [6] Varun Chandola, Arindam Banerjee, and Vipin Kumar, Anomaly Detection : RS-485 bus-based high-speed data/power transmission method for seismic exploration instruments, JOURNAL-TSINGHUA UNIVERSITY, Vol.49, No.5, 2009.
- [7] Bor-Ren Lin; Yuan-Po Chien; Hsin-Hung Lu;, "Multilevel inverter with series connection of H-bridge cells", Power Electronics and Drive Systems, 1999. PEDS '99. Proceedings of the IEEE 1999 International Conference, Volume: 2, pp. 859-864, 1999.

(접수: 2019.12.15. 수정: 2020.02.03. 게재확정: 2020.02.03.)