

소프트웨어 정의 라디오 테스트베드 기반 다중 홉 릴레이 네트워크 설계

오영우¹, 김준수², 박시웅³, 최우열^{1,*}

¹조선대학교 컴퓨터공학과,

²한국광기술원 지능형광센서연구센터

³한국전자통신연구원 호남권연구센터

e-mail : duddn1022@naver.com, jskim86@kopti.re.kr, swp@etri.re.kr, wyc@chosun.ac.kr

Design and Implementation of Multi-hop Relay Network based on Software-defined Radio Testbed

Youngwoo Oh¹, Junsu Kim², Siwoong Park³, Wooyeol Choi^{1,*}

¹Department of Computer Engineering, Chosun University

²Korea Photonics Technology Institute

³Electronics and Telecommunications Research Institute

Abstract

본 논문에서는 무선 네트워크에서 다양한 장애요소로 인해 신호 감쇄 현상을 최소화하기 위해, 다중 홉 릴레이 네트워크를 구현 및 성능 분석을 수행한다. Software-defined Radio 기반의 통신실험 장비를 활용하여 실제 환경에서 네트워크를 구성한다. 다중 홉을 활용한 릴레이 통신의 성능을 확인하기 위해 비트 에러율에 대한 성능 비교를 수행한다. 실험 결과를 통해, 다중 홉을 통한 릴레이 통신 방식이 direct 방식보다 월등히 우수한 성능을 보여주는 것을 확인하였다.

I. 서론

최근 무선통신 시스템은 고속 데이터 통신을 위해 서비스 주파수 대역을 높이고 셀의 범위를 줄이고 있는 추세이다. 특히 초기 시스템 도입 단계에서 인프라 구축비용에 대한 부담을 줄일 수 있는 다중 홉 릴레이 네트워크가 고려되고 있다 [1]. 또한, 무선통신이 원활히 수행되기 어려운 요소가 많은 환경에서 릴레이 통신은 더욱 효과적이다. 무선 데이터 전송 시 가장 우수한 경로를 선택하거나, 다수의 단말에서 받은 패킷 중 손실이 적은 패킷을 취하면 되기 때문이다.

이처럼 릴레이 네트워크는 무선통신의 한계점을 극복하기 위한 효과적인 대안으로 전망되고 있으며, 본 논문에서는 무선통신 환경 개선을 위한 다중 홉 네트워크를 구현하고 성능을 분석하는 과정을 수행한다.

II. 본론

2.1 다중 홉 네트워크 분석 및 설계

본 논문에서는 다중 홉을 설계하여 전파가 닿기 어려운 환경에서 신호를 증폭·확산시키는 방식으로 셀 범위를 확장하는 연구를 진행한다. 무선통신 간 발생하는 페이딩 현상, 패킷손실 및 지연시간을 최소화하기 위해 queued state machine (QSM) 아키텍처를 구현하였다. 대역 제한 채널의 극복과 심볼 간 간섭을 방지하기 위해 root-raised-cosine 필터를 적용하였다. 송·수신 측의 동일 queue 사용으로 인한 중복응답 문제를 처리하기 위해 queue reference를 추가한다.

2.2 전송 패킷 구성

Guard Bit (30)	Sync Bit (20)	Message Bit (128)	PN Seq Bit (31)	Number of Packets (46)	Padding Bit (500)
----------------	---------------	-------------------	-----------------	------------------------	-------------------

그림 1. 패킷 구성

패킷을 이용하여 텍스트 메시지를 생성하고, 다중 홉을 이용한 송·수신 연구를 진행하였다. 패킷손실 방지 및 동기화를 위해 guard bit, sync bit 등이 사용했으며, padding bit를 이용하여, 각각의 패킷을 구분하였다. 수차례의 실험과정 통해, 그림 1과 같이 최적화된 형태로 패킷을 구성하였다 [2].

2.3 QSM

Queued state machine은 작업 대기열을 생성하고, 순차적으로 작동하는 다중 프로세스 루프 처리 아키텍처이다. 본 실험에서는 큐 정보 유무에 따른 지연시간 최소화 및 프로세스의 흐름 제어를 위해 사용하였다. Producer-consumer 구조를 결합한 QSM 방식을 통해, 송·수신 간 발생하는 패킷 동기화 문제 및 프로세스 처리를 위한 작업을 간소화하였다.

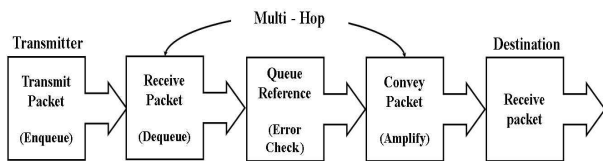


그림 2. QSM 방식의 흐름도

2.4 성능평가 지표

본 논문은 BER 과 SNR를 이용하여 통신 성능평가를 진행하였으며, MATLAB과 LabVIEW를 이용하여 구현하였다. 설계된 QPSK 변조 방식에 적합한 BER 추정값은 식 (1)과 같이 표현된다 [3].

$$BER(10^{-n}) = 0.5 \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) \quad (1)$$

SNR을 도출하기 위해 MATLAB을 통해 생성된 모듈을 LabVIEW에 적용하였으며, 신호 세기와 잡음전력을 분리하여 식 (2)를 이용하여 계산한다.

$$SNR_{(dB)} = 10 \times \log_{10}\left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}}\right) \quad (2)$$

III. 구현

본 연구는 USRP 하드웨어 장치와 LabVIEW를 이용한 다중 홉 릴레이 네트워크를 구성하였다. 성능을 평가하는 지표는 SNR, BER을 사용하였다. 다중 홉 네트워크의 성능 검증을 위해, 송·수신 단의 무선통신에 필요한 파라미터 값을 동일하게 설정하였다.

3.1 멀티 홉 네트워크 성능 비교 및 분석

송·수신을 직접적으로 수행하는 direct 방식과 릴레이 노드를 활용하는 다중 홉 방식의 성능을 비교·분석

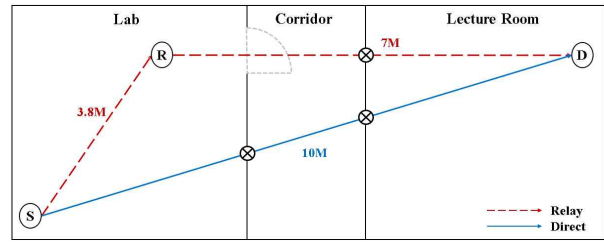


그림 3. 실험환경 구성

을 위해, 그림 3과 같이 신호 감쇄가 충분히 발생할 수 있는 실험환경을 구성하였다.

그림 4는 direct 채널의 통신 성능과 다중 홉을 이용한 성능을 비교한 결과를 보여준다. Direct 채널의 경우 내벽, 철문 등으로 인한 신호 감쇄 현상이 발생하여 목적지까지 신호가 정상적으로 도달하지 못한다. 반면 다중 홉을 이용한 경우, 최종 목적지에서 정상적으로 수신되고 있음을 constellation map을 통해 확인할 수 있다.

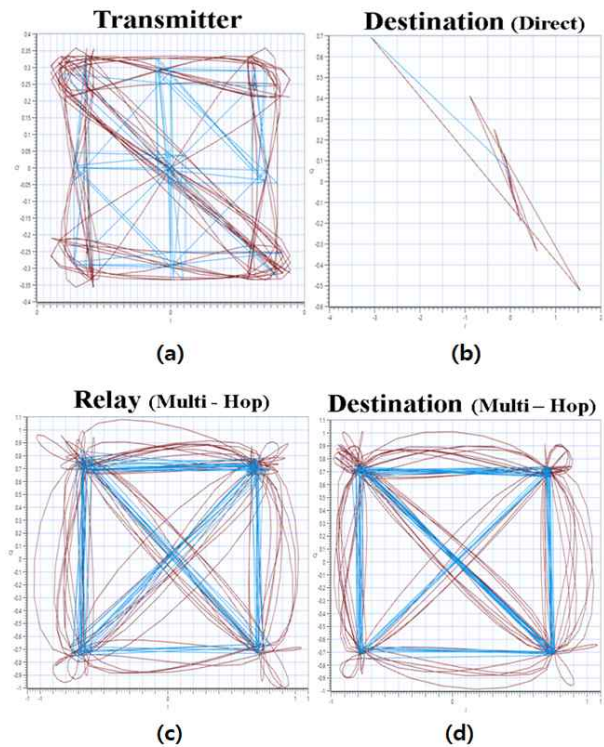


그림 4. 전송 방식에 따른 신호의 constellation map

(a) transmitter (b) 1-hop 전송 시 수신 신호
(c) relay의 수신 신호 (d) 다중 홉 전송 시 수신 신호

그림 5는 송신 신호의 SNR에 대한 BER 성능을 보여준다. 아래의 그림을 통해, 신호 감쇄가 높은 환경에서는 다중 홉을 통해 신호를 증계하는 방식이 직접적으로 전송하는 방식에 비해 월등히 우수한 성능을 가지는 것을 확인할 수 있다.

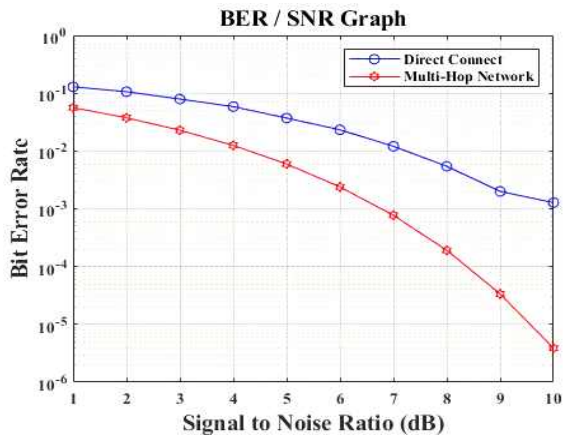


그림 5. SNR에 따른 BER 성능

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 SDR 기반의 테스트베드를 구성하기 위해 USRP2921과 LabVIEW를 이용하여, 신호 감쇄 최소화를 위한 다중 홉 릴레이 네트워크를 구현 및 분석을 수행하였다. 실험 결과를 통해, 신호 감쇄가 심한 환경에서의 다중 홉을 통한 릴레이 네트워크의 성능이 direct 방식보다 BER 이 매우 높은 결과를 확인하였다. 추후 후속연구에서는 다중 홉 네트워크의 홉 수를 추가하여, 복호 후 전달방식(DF)의 릴레이 네트워크를 구현 및 성능 분석을 수행할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 과학기술정보통신부와 정보통신기획평가원의 SW 중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음 (2017-0-00137).

참고문헌

- [1] Small Cell Forum, "Small Cell Award 2020", 2020.07.02.
- [2] 하명찬 외, "USRP를 통한 문자메세지 무선통신에 관한 연구", 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 800-801, 2020.
- [3] 임승찬 외, "시공간 선 부호 SER, BER 및 다이버시티 성능 분석", 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 590-591, 2019.