

FANET 통신장비 성능시험을 위한 FER 측정 시스템 개발

이재현, 안현준, 차경민, 김미현, 김기진

한화시스템

jhlee0214@hanwha.com, hjahn14@hanwha.com, gm.cha@hanwha.com,

miyun.kim0909@hanwha.com, kijinkim@hanwha.com

Development of FER Measurement System for Performance Test of FANET Communication Equipment

Yi Jae Hyun, Ahn Hyun Jun, Cha Gyoung Min, Kim Mi Hyun, Kim Ki Jin

Hanwha Systems.

요약

유·무인 항공기를 활용한 네트워크인 FANET(Flying Ad-hoc NETwork) 기술의 발전과 더불어 송수신 성능 및 연결 노드 수 측면에서 통신에 대한 요구가 증가하고 있다. 통신 성능 확인에 필요한 기존의 FER(Frame Error Rate) 측정 장치는 통신장비에 직접 연결되거나 장착되어 작동해야 한다. 본 논문은 물리적 형상을 갖지 않는 SW를 활용한 FER 측정 시스템을 개발하였다. 통신장비의 중단에서 통신 성능시험을 수행하고, 이를 모니터링하는 시스템을 개발하여 실험실 환경에서 테스트하였다.

I. 서론

본 논문에서는 FANET 통신장비의 성능시험을 위한 방법을 제시한다. FANET 환경은 유·무인 항공기로 이루어진 애드혹 네트워크 기술을 의미한다.[1] 애드혹 기술이란 망 제어를 위한 중앙 제어장치 없이 각 장치가 라우팅 형성에 참여하여 전체 네트워크 구성에 자율성을 부여한 네트워크이다.[2] 이러한 네트워크 환경은 국방, 농업, 통신 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 다양한 FANET 환경이 생겨나고 있는 만큼 다수 노드를 동시에 운용하는 개발 장비 간 송수신 성능시험은 중요한 사항이다. 통신 성능시험을 위해서는 주로 실험실에서 FER 측정을 위한 HW 계측기를 활용한다. 이러한 기기는 유인 항공기에 장착하여 사용자가 직접 제어할 수도 있다. 하지만 무인항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)에 장착하는 네트워크 장비에는 적합하지 않다. 기체의 크기가 소형화되고 경량화됨에 따라 페이로드가 증가하면 항속 시간이 감소하여 임무 완료에 어려움을 겪을 수 있기 때문이다.[3] 그리고 다수 노드를 동시에 시험하기 위하여 고가의 측정 장비를 여러 대 갖추는 것은 시스템을 구성하고 시험하는 측면에서나 비용적인 면에서 효율적이지 않다.

본 논문은 이러한 단점을 극복하기 위하여 FANET 환경에 적용하기 위한 SW 형태의 FER 측정 시스템 개발 과정을 설명하고, 테스트 SW를 라즈베리파이에 탑재하여 진행한 자체시험 결과를 나열한다. 마지막으로 개발에 대한 의의 및 향후 발전 방향에 대해 고찰하였다.

II. 본론

본 논문에서 기술하는 FER SW는 IP 주소 및 UDP 포트를 통해 네트워크를 구분하는 환경에서 작동한다. 해당 SW의 기능은 크게 수신 성능 측정과 지연시간 측정이 있으며 동작 절차는 다음과 같다.

웹 UI를 통해 사용자가 입력한 IP 주소와 UDP 포트, 패킷 크기를 기반으로 데이터 패킷을 생성한다. FER SW는 raw socket을 활용하며, 이를

통해 인터페이스에 할당되지 않은 IP를 사용자가 임의로 입력할 수 있다. 사용자가 입력한 전송속도를 기반으로 목적지 주소로 모의 트래픽을 송신한다. 목적지 노드에서는 사용자가 입력한 소스 IP 주소 및 UDP 포트에 해당하는 패킷만을 분석한다.

FER SW는 TCP가 아닌 UDP와 같은 데이터그램 형식의 연결을 사용하는 통신장치의 성능평가를 위해 사용한다. UDP 통신방식은 클라이언트가 서버로부터 어떤 형태의 승인도 받지 않고 서버에 패킷을 보내는 단방향 송신을 한다.[4] 이런 UDP 통신 성능을 시험하기 위해 본 기술에서는 송신 패킷의 UDP 페이로드에 새로운 헤더를 정의하였다.

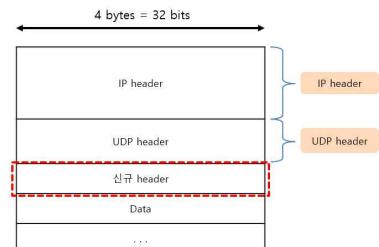


Fig. 1 FER SW에서 사용하는 패킷 구조

Fig. 1은 FER SW에서 사용하는 패킷 구조이다. UDP 페이로드 첫 구간에 신규 헤더를 정의하였다. 신규 헤더의 세부 구조는 다음과 같다.

신규 header (20bytes)	txStream_id	clr_seq	Reserved
	2bytes	1byte	1byte
		seq	
		4bytes	
		num_send	
		4bytes	
	Reserved		current_time_sec
	3bytes		1byte
		current_time_usec	
		4bytes	

Fig. 2 신규 헤더 구조

Fig. 2에서 신규 헤더에 시퀀스(seq)와 송신한 개수(num_send)를 입력하여 FER을 분석한다. seq는 송신단에서 패킷이 만들어지는 순서대로 정수값이 오름차순으로 입력된다. num_send는 송신단에서 데이터 송신 함수가 실행되면 증가하는 값으로, 오류로 인해 seq 값만 증가하는 현상을 막아준다. 수신단에서는 수신한 num_send의 값이 연속적이지 않다면 그 차이만큼 데이터가 유실되었다고 판단한다. 이를 통해 FER을 계산한다.

UAV가 빠르게 이동하는 FANET 환경에서 라우팅 경로가 변하는 등의 현상으로 인해 지연시간이 발생한다. 이러한 지연시간을 미리 분석하기 위해서는 각 UAV의 종단에서 데이터를 송수신하는 시간 차이를 측정해야 한다.

본 시스템의 지연시간 측정을 위해서는 다음의 조건이 필요하다. 측정에 사용되는 모든 노드의 네트워크 장비는 시간 동기화가 되어야 한다. 신규 헤더에 송신단의 time 정보를 입력하여 패킷을 송신하면, 수신단에서는 수신한 패킷의 신규 헤더에 있는 time 값과 현재 수신단의 시간 차이를 통해 지연시간을 측정한다. 따라서 두 장비의 시간 동기가 맞아야 지연시간 측정에 오차가 줄어든다.

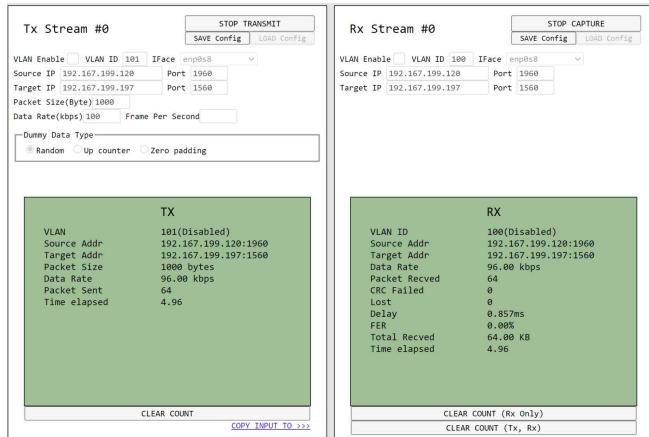


Fig. 3 FER SW UI 화면

Fig. 3에서는 FER SW의 웹 UI 화면을 나타낸 것이다. 사용자 입력을 받아 송수신을 시작하면, 초록색 배경 공간에서 송수신 통계 정보가 나타난다. 송신단에서의 송신 패킷 개수, 수신단에서의 수신 패킷 개수 등을 확인 할 수 있다. 이를 통해 수신단에서 FER 계산값도 나타나게 된다. 또한 수신단에서 지연시간도 나타난다.

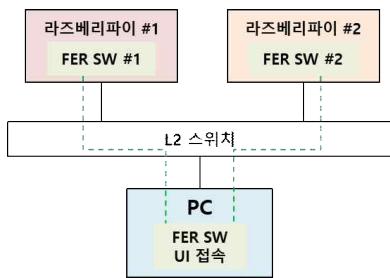


Fig. 4 라즈베리파이를 활용한 테스트 환경 구성도

Fig. 4는 라즈베리파이를 활용한 테스트 환경이다. 각 라즈베리파이는 네트워크 노드를 의미한다. 다수의 라즈베리파이를 이더넷으로 하나의 L2 스위치에 연결한다. L2 스위치와 연결된 PC를 통해 각 라즈베리파이에 접속하여 FER SW를 실행한다. PC에서는 해당 FER SW의 웹 UI에 접속

하여 송신-수신 성능 테스트를 수행한다. FER SW는 IP 주소 및 UDP 포트로 패킷을 구분하기 때문에 다른 노드의 통계에 영향을 주지 않고, 테스트할 노드에만 통계 정보가 실시간으로 업데이트됨을 알 수 있다.

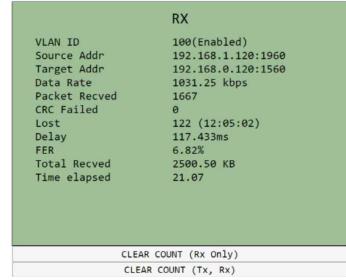


Fig. 5 FER SW 결과 화면

Fig. 5는 수신단 결과 예시로, 송신단-수신단 간 수신 성능 정보 및 지연시간에 관한 결과를 확인할 수 있다. 이를 통해 별도 계측기의 장착 없이, 통신장비의 종단 간 성능시험을 수행할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 FANET 환경에서 통신장비의 데이터 송수신 성능을 시험할 수 있는 FER SW라는 새로운 방안을 제시하였다. 이를 통해 통신단말에 FER SW를 탑재하여 새로운 기기 장착 없이, 통신장비의 종단 간 성능시험을 할 수 있다.

향후 새로운 FANET 장비를 개발할 때 장비의 초기 성능 검증 절차에 FER SW를 활용할 수 있을 것이다. Raw socket 사용을 통해 UAV에 장착되는 제어기, 카메라와 같은 장비의 IP 주소를 모의하는 테스트가 가능할 것이다. 이를 통해 네트워크 장비의 성능시험에 간결해질 것이다.

다수 트래픽을 모의하면 FER SW 동작 메커니즘에 의해 통신장비에서 CPU 점유율이 높아질 수 있다. FER SW는 통신장비의 성능에 영향을 최소화하여야 한다. 따라서 향후 해당 측정 시스템의 로드를 줄이는 방안에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Soran Ahmed Hasan, Marwan Aziz Mohammed, and Sazan Kamal Sulaiman, "Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Review of Communications, Challenges, Applications, Future direction and Open Research Topics," *ITM web of conferences*, vol. 64, pp. 01002 - 01002, Jan. 2024
- [2] 권혜연, 신재욱, 이병복, 최지혁, Nam, Sang-U, and Lim, S.B., "Technical Trends on Mobile Ad Hoc Networks," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 18, no. 2, p. 11, Apr. 2003.
- [3] Singh, G.; Bansod, B.; Mathew, L. *Unmanned Aerial Vehicle Classification, Applications and Challenges: A Review*. *Preprints* 2018
- [4] B. E. Bekele, K. Tokarz, Nebiyat Yilikal Gebeyehu, Bolesław Pochopień, and D. Mrozek, "Performance Evaluation of UDP-Based Data Transmission with Acknowledgment for Various Network Topologies in IoT Environments," *Electronics*, vol. 13, no. 18, pp. 3697 - 3697, Sep. 2024