

재난 구조 로봇을 위한 멀티 홉 기반의 영상 전송

시스템 개발

황세욱[○], 이성훈, 이형근
광운대학교 컴퓨터공학과
{lurkingly[○], sunghune, hklee}@kw.ac.kr

Multi-hop based Real-time Streaming Service for Emergent Robot

Se-Wook Hwang[○], Sung-Hune Lee, Hyung-keun Lee
Dept. of CE, Kwang Univ.

1. 서론

본 논문에서는 재난 구조 로봇을 위한 멀티 홉 기반의 영상정보전송 시스템을 개발하여 전쟁이나 자연 재해로 인해 사람의 접근이 어려운 지역에서의 영상데이터를 수집하여 모니터링 할 수 있도록 초소형 릴레이 통신 노드와 통신 프로토콜을 개발한다. 개발한 시스템에서 로봇과 소형 릴레이 노드들은 무선 애드혹으로 네트워크를 구성하므로 기반망에 독립적이며 무한한 통신영역의 자체 네트워크를 형성한다는 것이 큰 장점이다[1][2][3]. 특별히 임베디드 시스템을 기반으로 하는 멀티미디어 스트리밍 시스템에 대해 연구하고 중간 릴레이 노드에 쓰일 초소형 통신 노드를 설계, 제작하였다. 카메라가 장착된 임베디드 보드와 중간 릴레이 노드들을 사용하여 시스템의 테스트 환경을 구축하여 검증한다.

2. 본론

개발한 시스템은 첫째로 로봇에 장착된 카메라로부터의 영상 데이터 캡처 및 처리이며, 둘째로 무선 전송이 가능하도록 통신 프로토콜 설계이며, 마지막으로 모바일 애드혹 네트워크 구성이 가능한 초소형 릴레이 통신 노드 개발이다. 즉 모바일 애드혹 네트워크와 로보틱스 및 영상 처리를 접목한 시스템을 개발한다.

첫째로 임베디드 보드에는 소형 카메라가 장착되어 있으며 주기적으로 캡처한 영상 이미지를 보드의 LCD에 출력한다. 영상 규격에는 CIF(Common Intermediate Format, 352*288)와 QCIF(Quarter CIF, 176*144)가 있으며 임베디드 시스템의 운영체제 커널 이미지를 생성할 때 둘 중 하나를 결정해야 한다. 현재 네트워크상으로 전송할 수 있는 영상 패킷의 크기를 최소화하기 위해 QCIF를 선택한다. 그리고 fps(frames per second)는 사람의 눈에는 30fps이상이면 끊김 없는 실시간 영상으로 인식하기 때문에 초당 30 프레임씩 캡처하도록 한다.

뷰어는 오픈 소스인 YUVviewer를 수정한다. 카메라가 캡처한 영상 이미지는 38,016 bytes로 통신상에서 한 번에 모두 전송하는 것이 불가능하다. 즉, 한 영상 이미지는 최소 2개 이상으로 조각화 되어 송신 되는데 수신측인 뷰어에서는 수신한 영상 패킷의 바이트 수를 더하다가 한 영상 이미지 사이즈인 38,016 bytes가 되면 다시 조합하여 디스플레이 창에 출력하도록 설계한다. 이미지의 처음과 끝을 명확히 하지 않으면 조각화된 패킷 손실 시 한 화면에 두 장의 이미지가 겹쳐서 재생된다.

다음으로 그림 1은 멀티 홉 환경에서 노드간의 전송 거리를 고려한 이상적인 통신 프로토콜이다. 서버에서 전송된 프레임이 2홉 거리의 릴레이 노드2에 전송되면 노드2는 노드3으로 프레임을 전송하고 다음 노드1에 ACK를 전송한다. 이 ACK는 노드1에게 보내는 ACK가 아닌 서버에게 보내는 ACK이다. 계속해서 노드3이 클라이언트나 다음 릴레이 노드로 프레임을 전송하는 동안 동시에 서버는 노드1에게 다음 프레임을 전송할 수 있다. 그림 1을 예로 설명하면 현재 서버에서 캡처한 영상 이미지 한 장의 크기는 한 번의 전송으로 다 실어보내기에 매우 크다. RTS와 CTS의 핸드셰이킹 과정으로 매체를 선점한 서버는 Frame1을 전송가능한 단위로 조각화하여 여러 번 전송한다. Frame1의 전송을 마친 서버는 ACK1을 수신하기 전까지 매체 접근을 연기한다. 여러 조각화 패킷을 수신한 릴레이 노드1은 한 영상 프레임 단위를 전부 수신하면 다음에 릴레이 노드2로 Frame1의 전송을 시작한다. 노드2는 노드3에게 Frame1의 전송을 마치면 노드1을 통해 서버에게 ACK1를 전송하여 Frame2의 전송이 가능함을 알린다. 만약 노드2에서 ACK1의 전송이 Frame1의 전송보다

빠르면 노드1에서 서버가 전송하는 Frame2와 노드2에서 전송하는 Frame1의 충돌이 발생할 수 있다. 통신 프로토콜 설계 시 작성한 프로그램은 connected-UDP 소켓 통신으로 일반 UDP 소켓 통신보다 속도면에서 더 빠르다. 일반적인 UDP 소켓 통신 프로그램은 소켓을 항상 운영체제 커널에 연결하여 사용하므로 송수신 할 때마다 매번 소켓을 커널에 연결해야 하지만 connected-UDP 소켓 방식은 소켓과 커널이 항상 연결되어 있으므로 프로그램의 속도를 약 1/3정도 줄일 수 있어서 통신 프로토콜의 전반적인 효율성을 높일 수 있다. 제작한 UDP 소켓 프로토콜에 사용자 레벨의 ACK 메시지를 추가한 이유는 ACK 메시지를 받기 전까지 매체 접근을 연기하여 충돌을 회피하기 위함이다. UDP 전송 트래픽은 경쟁이 없는 직접 통신에서는 전혀 패킷 유실 없이 링크의 최대 사용량을 모두 사용하지만, 홉 수가 늘어나면서 경쟁의 영향으로 인해 거의 모든 패킷이 유실됨을 확인할 수 있다[4]. 그래서 특별히 통신 프로그램 레벨의 ACK 메시지를 추가하여 프로그램 레벨에서 노드의 매체 접근을 조절하였다.

아래 그림2는 실제 중간 노드로 사용하기 위해 설계, 제작한 초소형 릴레이 노드를 보여준다. 모듈의 연결 구조에서 보여주듯이 중간 릴레이 노드로서 릴레이 통신만 할 수 있도록 CPU, 메모리, OS, Wi-Fi interface와 전원만으로 구성되어 기능을 매우 제한시켰으며 PCB 보드 사이즈(60*50mm)와 커널 이미지를 최소화하였다.

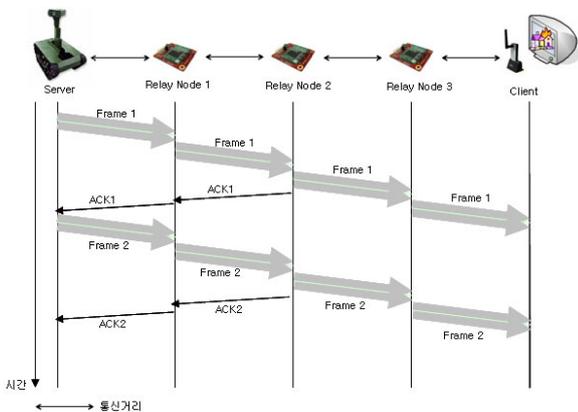


그림1. 노드간 간섭을 고려한 멀티 홉 통신 프로토콜

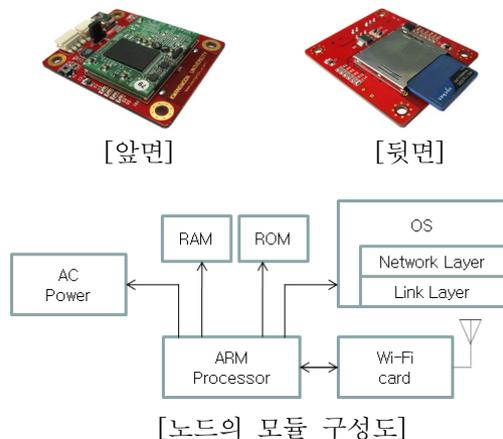


그림2. 초소형 릴레이 노드와 모듈 구성도

3. 결론

실험 결과 20fps의 데이터 전송률로 기대했던 30fps에 미치지 못한다. 현재 테스트에 54Mbps를 지원하는 802.11g Wi-Fi Card를 사용하더라도 애드혹 네트워크는 11Mbps의 대역폭만을 지원하므로 영상 데이터를 원활하게 전송하기에는 채널 대역폭 면에서 부족한 면이 있다[5]. 제한된 대역폭 안에서 실시간 영상 스트리밍을 위해 하드웨어적인 혹은 소프트웨어적인 영상 압축 기술과 프로그램내의 프로세싱 오버헤드를 줄이기 위한 코드 최적화를 연구해야 한다. 먼저 현재의 IP주소를 사용하는 트랜스포트 계층 통신보다 MAC주소를 사용하는 MAC sublayer에서의 통신을 설계하여 OSI 계층간의 발생하는 프로세스를 제거함으로써 효율성을 높여야 한다. 현재의 IPv4 체계인 32비트 주소환경에서 애드혹 네트워크의 확장성을 고려할 때 부족한 면이 있으므로 각 노드마다 가지는 고유한 MAC 주소를 활용한 MAC 통신의 개발이 필요하다. 또한 현재의 정적 주소 라우팅 테이블 환경이 아닌 동적 주소 라우팅 테이블을 활용하도록 on-demand방식으로 설계할 필요가 있다.

향후 실제 카메라 모듈과 Wi-Fi 통신 모듈이 지원되는 모바일 로봇을 활용하여 현실성 있는 시나리오 아래 정확한 실험과 검증을 통해 애드혹 네트워크에서 영상 데이터의 전송률과 노드의 확장성에 따른 end-to-end 딜레이를 테스트해야 한다.

[참고문헌]

- [1] Carlos de Morais Cordeiro, Dharma Prakash Agrawal, "Ad Hoc & Sensor Network", World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. pp.19-75, 2006.
- [2] Ozan K, Tonguz and Gianluigi Ferrari, "Ad Hoc Wireless Networks", John Wiley & Sons, Ltd. pp. 15-83, 2006.
- [3] 윤현식, "멀티미디어 스트리밍을 위한 모바일 Ad-Hoc 네트워크의 구현", 한국정보기술학회, 한국정보기술학회논문지, 5권, 2호, pp. 178-185, 2007
- [4] 유시환, 최진희, 진현욱, 유혁, "무선랜을 사용하는 Ad-Hoc 네트워크에서 TCP와 UDP 트래픽 비교", 한국정보과학회, 봄 학술 발표논문집, 30권, 1호, pp. 331-333, 2003.
- [5] About.com:Wireless/Networking, <http://compnetworking.about.com/od/wirelessfaqs/f/adhoclimitation.htm>.