

멀티콥터의 실시간 영상 전송을 위한 하이브리드 통신 방식

이선의*, 박지호*, 김진영*

Hybrid Communication System for Real-time Video Transmission of Multicopter

Sun Yui Lee*, Ji Ho Park*, and Jin Young Kim*

요 약

본 논문에서는 멀티콥터를 이용한 실시간 방송 시스템 구현을 위한 새로운 전송 기법을 제시한다. 멀티콥터는 항공 촬영에 많은 장점이 있기 때문에 방송 기술에 많이 쓰이고 있다. 하지만 운용 시간에 많은 제약이 따르기 때문에 실시간 중계에 어려움이 있다. 따라서 전력 소모가 적고 항공 채널환경에 적합한 통신 기법이 필요하다. 본 논문에서 제시한 융합된 모듈레이션 기법을 기존의 통신 방식과 성능을 비교하고 항공촬영에 적합함을 설명한다. 실제 모듈레이션 심벌을 USRP 장비를 통해 전송하여 제시된 모듈레이션의 성능을 증명한다.

Key Words : QAM(Quadrature Amplitude Modulation), PPM(Pulse Position Modulation), CPFSK(Continuous Phase Frequency Shift Key)

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel modulation scheme specialized in real time broadcast system using a multicopter. Since multicopters have many advantages in aerial photography, they have been widely used in broadcasting technologies. However, because of restrictions on flight time, it is difficult to utilize multicopters in real time broadcasting systems. Therefore, video transmission using multicopter is necessary for low power communication techniques in air channel environment. Performance results of the hybrid modulation in this paper are compared to that of conventional modulations with Bit Error Rate (BER) and Signal to Noise Ratio (SNR) simulations. The results also showed that proposed system is suitable for aerial photography. Experiments demonstrated the superiority of the proposed modulation scheme by showing received symbols through an USRP equipment.

I. 서 론

최근 다양한 지형을 촬영할 수 있는 항공 촬영 장비를 통한 다양한 영상들이 인기를 끌면서 멀티콥터에 대한 수요가 많이 지고 있다. 해외 다양한 기업들이 멀티콥터와 같은 무인 비행체에 관심을 보이면서 수백 개의 멀티콥터 관련 사업체가 생기고 온라인으로 판매를 시작하면서 다양한 영상들이 올라오는 상황이다. 국내의 경우도 영화 촬영 또는 각종 스포츠 행사에서 멀티콥터를 이용한 항공 촬영을 대행해주는 기업이 생기면서 항공 촬영 장비들이 속속 개발되고 있다. 또한 멀티콥터가 지형에 상관없이 어디든 갈 수 있는 점을 이용하여 배송 서비스에 적용한 사례가 미국과 유럽에서

실현되면서 제도적 정비가 필요하다는 의견이 나올 정도이다.

다양한 분야에 멀티콥터를 응용하고 있지만 현실적으로 멀티콥터는 배터리를 사용하기 때문에 운용시간에 제한되는 단점이 존재한다. 항공 촬영을 위한 멀티콥터의 경우 중량이 증가하기 때문에 기존의 비행시간이 15분정도며 촬영 장비를 탑재했을 경우 급격하게 떨어지게 된다. 또한 방송 화면을 실시간으로 송수신하게 되면 전력이 더 소모되어 비행시간이 줄어들게 된다.

현재 국내의 운용 중인 멀티콥터의 컨트롤 주파수는 2.4GHz에서 영상 다운링크 및 컨트롤 신호 업 링크로 운영하고 있다. 또한 LTE망을 이용한 시스템도 선보이고 있으며 이 방식은 현재 주변망을 사용하는 사용자의 수에 따라서 데

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신-방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2014(2014-044), '방송 중계차량 탑재형 멀티콥터 캡 시스템 기술개발']

*광운대학교 전자공학과 소속 유비쿼터스 통신 연구실 (sunyuil22@naver.com), (jihojiho00@naver.com), (jinyoung@kw.ac.kr)

접수일자 : 2014년 10월 27일, 수정완료일자 : 2014년 11월 24일, 최종 게재 확정일자 : 2014년 11월 28일

이더 속도가 결정된다. 따라서 멀티콥터의 전력소모와 실시간 링크를 개선하기 위해서는 더 낮은 소모 전력의 통신 방식이 필요하다. 본 논문에서는 멀티콥터의 실시간 동영상 전송을 위하여 협력 통신을 통한 주파수 모니터링을 하여 사용할 수 있는 주파수를 확장할 수 있을 때를 가정하여 새로운 무선 통신 모듈레이션 방법을 제안한다.

II. 본론

IT 융합기술의 발달로 무선을 통한 인체 주변의 근거리 통신 방식에 대한 관심이 높아지고 있다. 전파 도달 거리를 약 3 m인 장치들을 네트워크로 연결하는 기술이다 [1]. 특히 WBAN 기술은 주로 인체에 밀접하게 부착되기 때문에 소형화와 저전력 통신 방식을 요구한다. 이와 비슷하게 멀티콥터는 공중을 비행하는 장거리 통신 방식을 저전력으로 고속 데이터 전송을 요구한다[2].

멀티콥터가 사람이 갈수 없는 지역을 비행하면서 실시간으로 영상을 전송하는 상황을 가정하면 채널은 레일리 페이딩 채널에 가깝게 된다. 또한 공중을 비행하는 멀티콥터가 지상의 수신기를 향해서 다운링크에 영상 데이터를 전송하기 때문에 업 링크의 대역은 일반적인 컨트롤 신호만을 필요로 한다. 따라서 다운 링크에 데이터를 많이 전송하기 위하여 전력 소모가 적고 장거리의 야외 채널 환경에 적합한 통신 기법이 필요하다 [3]. 현재 멀티콥터를 사용하는 주파수는 컨트롤을 위한 주파수와 WiFi를 이용한 대역만이 허용되어 있다. 하지만 영상을 전송하기 위한 멀티콥터의 허용 대역은 고려되지 않아서 현재 상용화를 위한 어려움이 있다. 국내의 멀티콥터의 사용주파수의 상용화를 위한 영상 전송 방식의 연구가 필요하다 [4]. 저전력 통신 방식을 위한 연구로 FM, PPM, PWM 등이 있어 왔다 [5]. 하지만 최근에 여러 모듈레이션의 장점을 결합한 방식들이 연구되고 있다. 이런 방식들은 주파수 사용을 많이 하지만 협력 통신을 기반으로 주파수 사용을 검색하여 사용 대역을 컨트롤한다면 항공 촬영을 위한 멀티콥터의 사용이 더 쉬워질 것이다.

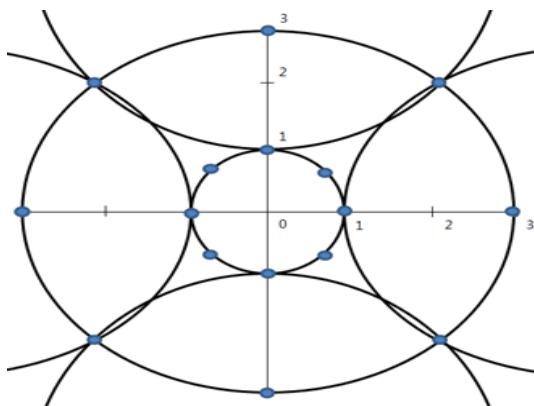


그림 1. 16CPFSK신호 space diagrams.

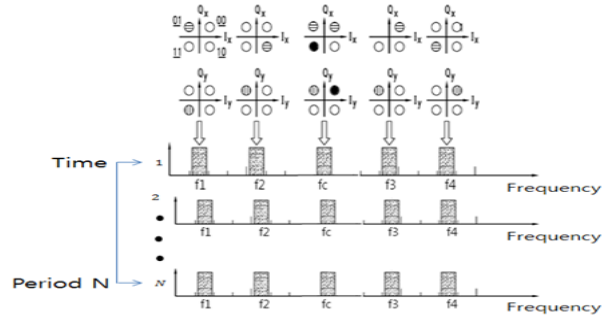


그림 2. 4×4×N QAM, FM, PPM 융합 변조기법.

본 논문에서는 주파수를 많이 사용하여 저 전력과 장거리 통신거리를 보장하는 융합 전송 방식을 연구한다. 멀티콥터의 항공 촬영을 위한 통신 방식으로 QAM 방식과 FM, PPM 등을 융합한 모듈레이션 기법들을 설명하고 실제 RF 시스템에 적용하여 성능을 비교한다[6].

$$QAM(t) = A_i \cos(2\pi f_c t + \theta) \quad 0 \leq t \leq T_s, i = (0, 1, \dots, M), \quad (1)$$

식 (1)은 진폭과 위상을 이용한 QAM 변조 신호이다. 이 QAM 변조 방식과 FM 방식을 결합하여 주파수 사용 대역을 검색하여 주어진 사용 대역을 최대한 이용할 수 있는 전송 방식을 만든다.

넓은 대역을 사용하기 때문에 CPFSK 방식을 통해서 QAM과 융합한다. CPFSK 방식으로 시그널 스페이스 디어그램을 표현한 것이 그림 1이다. 주파수를 효과적으로 사용하는 CPFM의 장점을 이용하여 주파수 심벌을 얻는다. 또한 PPM 변조를 적용하여 펄스 위치 심벌을 더하여 전송할 수 있는 심벌을 더욱 늘린다. 예를 들어 설명하면 8QAM이 8FM, 4PPM로 융합된 방식은 256QAM과 동일한 심벌을 가지지만 그보다 더 낮은 파워로 전송 거리를 증가시킬 수 있다. 그림 2는 4QAM과 4FM, N-PPM 방식을 융합한 전송 방식이다.

f1, f2, f3, f4의 주파수가 심벌로 표현되고 각각의 주파수 대역에 4QAM이 위치하여 대역을 많이 사용하고 시간 주기의 위치를 심벌로 활용하여 심벌을 얻을 수 있고 낮은 전력으로 전송할 수 있게 한다. 중간 fc 주파수는 통신을 시작할 때 사용자를 인식하기 위한 비콘 신호 슬롯으로 사용되고 멀티콥터의 수에 따른 주파수 분배를 결정한다.

III. 멀티콥터의 통신 채널 모델

항공 촬영을 위한 멀티콥터의 채널은 LOS와 NLOS로 구분 할 수 있다. 멀티콥터를 실내 환경에서 운영하는 것과 야외에서 운영하는 것은 NLOS와 LOS로 구분할 수 있다. 하지만 실내에서의 통신은 근거리 표준인 3G와 WiFi만으로 구

현가능 하기 때문에 본 논문에서는 LOS에 가장 가까운 신호를 선택하여 저 전력으로 구현하는 목표이다 [7].

주파수 대역할당을 위하여 비콘 신호를 전송하고 응답 신호를 단말기가 수신하게 되면 채널 상태와 거리, 송수신 각도를 알 수 있다. 이것을 이용하여 Mary FM, Mary QAM, Mary PPM 방식을 정하게 된다.

비콘 신호는 FM, QAM 방식으로 전송하여 거리와, 수신 각도를 알 수 있게 한다 [8].

융합된 변조 신호는 Mary QAM과 서로 직교하는 주파수 심벌, 신호 위치 심벌을 이용하여 전송한다. 이때 보내는 심벌의 수에 따른 SNR 변화가 생긴다. SNR 변화를 식으로 나타내면 (2)와 같다.

$$SNR = \frac{E_b}{N_0(M \times K \times L)} = (1 + \log_2 K) \times (1 + \log_2 L) \times \frac{E}{N_0(\text{Mary QAM})}, \quad (2)$$

식 2의 M, K, L은 각각 QAM, PPM, FM의 심벌 개수이다. AWGN 채널을 통과한 모듈레이션에 따른 각 BER을 계산하면 그림 3과 같다. 기존 통신의 모듈레이션 방식과 비교하여 주파수와 펄스 위치에 따른 직교 심벌을 추가한 방식의 BER이 더 좋은 것을 알 수 있다. 주파수 자원을 모두 활용할 수 있고 더 적은 에너지를 소모하는 모듈레이션 기법이 멀티 콤팩트 항공 촬영에 적합한 것을 알 수 있다.

IV. 실험 결과

본 논문의 실험 조건은 USRP 장비를 이용하여 실제 심벌을 만들고 실제 채널의 감쇄를 가정하여 14dB의 감쇄기를 장착하였다. 그림 4는 USRP2920 장비의 송신, 수신 부분에 감쇄기를 장착한 모습이다.

USRP의 실험 조건은 표 1과 같다. 센터 주파수로 정하고 모듈레이션과 통신 파라미터를 변경하여 최적의 전송 조건을 찾는다 [9]. QAM 방식을 통하여 구현하여 본 결과 전송 파워를 21dB로 전송하여 256QAM의 심벌을 송수신 하였다. 그림 5,6는 QAM을 통한 전송 속도는 2Mbps의 속도를 구현한 실험 결과이다.

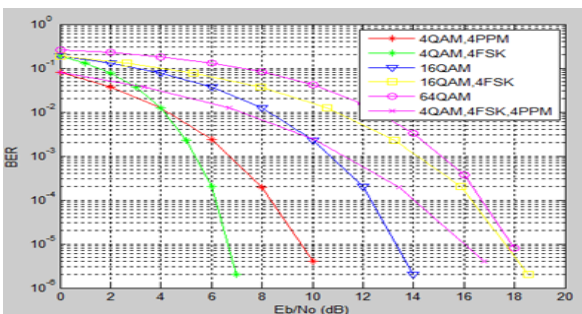


그림 3. AWGN 채널의 제안된 모듈레이션과 기존 방식의 BER 비교.



그림 4. USRP 전면부.

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

Parameters	Values
Sampling Rate	1,2M [S/sec]
Carrier Frequency	50, 1200 [MHz]
Transmission Gain	18-21 [dB]
Receiver Gain	3 [dB]
Root Raised Cosine Filter Alpha	1.0, 0.5
Symbol Rate	250k, 500k [symbol/sec]
QAM M-ary	16-256
Attenuation	14 [dB]
Channel	Rayleigh distribution

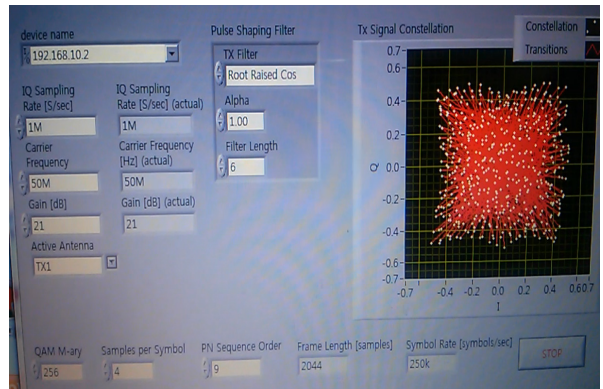


그림 5. LabVIEW 256QAM 송신파워 21dB 송신.

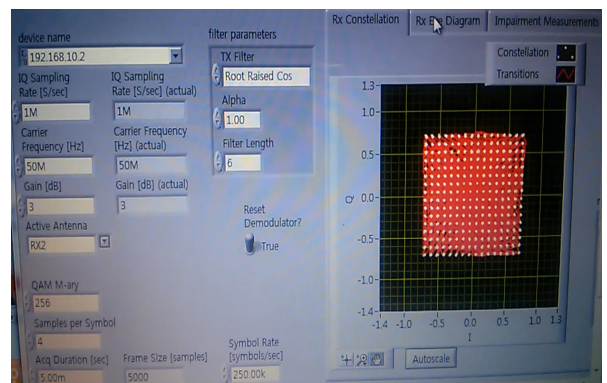


그림 6. LabVIEW 256QAM 송신파워 21dB 수신.

다음으로 본 논문에서 제안한 새로운 QAM, FM, PPM 방식을 결합한 새로운 전송 방식을 통하여 실제 채널을 통과한 실험을 수행하였다. 그림 7는 16QAM과 4FM, 4PPM 방식을 결합한 융합 전송기법을 적용한 심벌을 매핑하여 같은 실험 구성에서 통하여 송수신한 결과이다. 그림5,6의 실험 결과는 256QAM 심벌을 전송하는데 21dB의 파워 이상이 되어야 심벌 에러가 발생하지 않았지만 그림 7의 융합 전송 기법을 사용한 결과 18dB의 파워로 4Mbps의 전송이 가능하였다. 동일한 데이터 속도와 BER 10^{-5} 를 만족하고 더 적은 파워를 소모하는 본 전송기법은 멀티컴퓨터의 실시간 촬영의 전송 거리를 늘리고 주파수 활용을 최대화하는데 적합한 것을 실험을 통하여 증명하였다.

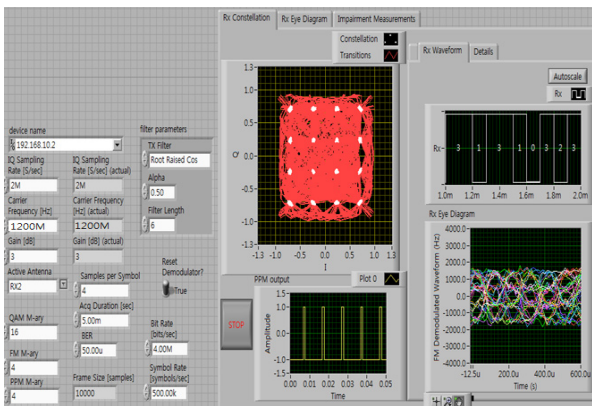


그림 7. LabVIEW 256QAM 송신파워 18dB 수신.

V. 결론

멀티컴퓨터의 실시간 항공 촬영에 특화된 전송기법을 연구하기 위하여 기존의 통신에서 사용하는 변조 기법을 분석하였다. 그래서 QAM방식과 FM, PPM을 융합한 새로운 변조 기법을 제안하였다. 주파수 심벌을 이용한 변조는 주파수의 급격한 변화는 성능 저하를 가져오기 때문에 CPFSK 방식을 사용하였다. 제안된 변조기법을 이용하여 저전력 및 전송거리를 개선할 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 보였다.

그리고 실제 심벌을 USRP 장비를 통하여 전송을 하였다. QAM 심벌의 개수를 증가시키며 전송에 필요한 최적의 파워 계인을 찾았다. 감쇄가 14dB인 Rayleigh 채널을 설정하고 256QAM 심벌을 21dB의 송신파워와 3dB의 수신파워로 받아 BER 10^{-5} 이하를 만족하였다. 제안된 새로운 통신 방식을 통하여 데이터를 전송할 경우 기존의 QAM 방식과 전송 파워에 차이가 발생하는지 실험하여 융합된 변조 기법이 3dB 더 적다는 것을 확인하였다. 이 결과는 사람의 접근이 어려운 지역의 멀티컴퓨터를 이용한 실시간 항공 촬영을 위한 저 전력 통신 방식을 구현 할 수 있는 연구 성과이다. 이를 통하여 멀티컴퓨터의 비행시간을 늘리고 셀 내부에서는 주파

수 영역을 최대한 사용자에게 몰아주어서 저 전력으로 고속 통신이 가능한 멀티컴퓨터 영상 전송 방식을 구현할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] A.El-Hoiydi and J.-D. Decotignie "WiseMAC: An Ultra Low Power MAC Protocol for the Downlink of Infrastructure Wireless Sensor Networks," in *Proceedings of the 9th International Symposium on Computers and Communications, Alexandria, Egypt*, pp. 244-251, 2004.
- [2] W. Ye, J. Heidemann J, "SCP-MAC: reaching ultra-low duty cycles(poster)," in *Proc. IEEE SECON*. 5, pp.1-2, Sept. 2005.
- [3] Jeong-Yeob Oak, Saewoong Bahk, "Early Preamble MAC to reduce delay and energy consumption in duty cycle based asynchronous wireless sensor networks," *The 2008 Fall conference of IEIE*, 2008.
- [4] Tijs van Dam and Koen Langendoen, "An Adaptive Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," in *Proc. SenSys*. 2003, pp. 171-180, Nov. 2003.
- [5] Ho-chul Lee, Jeong-hwan Hwang, and Hyun Yoe, "Energy Efficient MAC Protocol for Ubiquitous Agriculture," *International Journal of Smart Home*, Vol.4, No.3, July, 2010.
- [6] P. Kolios, V. Friderikos and K. Papadaki, "Mechanical Relaying in Cellular Networks with Soft-QoS Guarantees", *IEEE Globecom 2011 proceeding*, pp.1-6, 2011.
- [7] P. Kolios, V. Friderikos, and K. Papadaki, "Energy Consumption and Resource Utilization in Mechanical Relaying," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 6, no. 1, pp. 24 - 30, 2011.
- [8] M. Hasna and M.-S. Alouini, "End-to-end performance of transmission systems with relays over Rayleigh-fading channels," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 2, no. 6, pp. 1126 - 1131, 2003.
- [9] National Instruments. <http://www.ni.com>

저자

이 선 의(Sun Yui Lee)



- 2013년 2월 : 광운대학교 전파공학과 졸업
- 2013년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 석박사통합과정

<관심분야> : 가시광 통신, 협력통신, 인 지무선통신, 양자 통신

박 지 호(Ji Ho Park)



- 2014년 2월 : 광운대학교 전자융합공학과 졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 광운대학교전과공학과 석사과정

<관심분야> : 위치공학, 재난 통신, 협력통신

김 진 영(Jin Young Kim)

종신회원



- 1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 2001년 2월 : SK텔레콤 네트워크연구소 책임연구원
- 2001년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

<관심분야> : 디지털통신, 가시광통신, UWB, 부호화, 인지무선통신, 4G 이동통신