

DDS 표준 기반 무인기 영상 데이터 전송 연구

정회원 고경민*, 권철희*, 이종순*, 김영택**

Video Image Transmissions over DDS Protocol for Unmanned Air System

Kyung-min Go*, Cheol-hee Kwon*, Jong-soon Lee*, Young-Taek Kim** *Regular Members*

요약

현재 군에서 무인기를 운용하는 주목적 중 하나는 적에 대한 감시/정찰이다. 이를 위해 무인기는 정보감시/정찰(ISR) 장비들을 탑재하여, 감시/정찰 대상에 대한 영상 데이터를 획득한 후 지상통제소로 전송한다. 지상통제소는 전송된 영상 데이터를 수신한 후, 다양한 사용자에게 배포하게 되는 데, 이 때 품질 보장을 유지하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 DDS 표준 프로토콜을 사용하여 무인기의 영상전송 및 품질보장을 관리하는 방안을 제시하였다. 이에 대해 H.264 및 JPEG2000 영상 데이터를 이용하여 영상전송 실험결과 DDS 표준이 UAS 운용에 활용가능함을 보였다.

Key Words : UAS, ISR, DDS, Video Transmission, QoS

ABSTRACT

Currently, one of the main purposes of the military using Unmanned Air System (UAS) is to perform surveillance and reconnaissance of hostile enemy. To carry out their mission, Unmanned aerial vehicle (UAV) transmits video images to ground control station using ISR devices installed on the UAV. After receiving the images, the ground control station distributes them to various types of users. At this case, it is important to keep QoS. This paper presents data delivery and QoS managements using DDS for DDS for UAV video images. The experiment result, based on H.264 and JPEG2000, shows that DDS standard is able to be applied to video image transmission for UAS.

I. 서론

무인항공체계(Unmanned Air System, UAS)에는 전투, 전자전, 중계, 감시/정찰 등을 목적으로 한 시스템들이 있으며, 국방분야에서 그 쓰임이 현저하게 늘어나고 있다. 그 중 가장 널리 쓰이고 있는 분야는 적에 대한 감시/정찰로 부대단위 및 목적에 따라 다양한 기종의 무인기들이 운용되고 있다. 현재 우리 군에서도 그림 1과 같이 RQ-101 송골매^[1] 및 리모아이어^[2] 등을 운용 중이다.

무인기를 이용한 감시/정찰에서 중요한 것은 영상 정보의 전달이다. 무인기는 CCD 카메라, 적외선(Infra-Red, IR) 카메라, 전자광학(Electro-Optica, EO) 카메라 및 합성개구면 레이더(Synthetic Aperture Radar, SAR) 등을 통해 그 목적 및 용도에 따라 다양한 형태의 영상정보들을 획득하며, 각 운용자들은 획득된 영상에 기초하여 적에 대한 정보를 수집한다. 무선에 기반한 무인기데이터링크의 특성상, 전송되는 영상 데이터는 전송 중 손실될 수 있으며, 실시간 영상일 경우 지상장비 간 네트워크에서도 환경에 따라 품

* LIG넥스원(주) 연구개발본부 지휘통제연구센터(kyungmingo@lignex1.com, kwoncheolhee369a@lignex1.com, jongsoon.lee@lignex1.com)

** 국방과학연구소 제7기술연구본부(mobilcom@add.re.kr)

논문번호: KICS2010-07-348, 접수일자: 2010년 7월 30일, 최종논문접수일자: 2010년 11월 5일

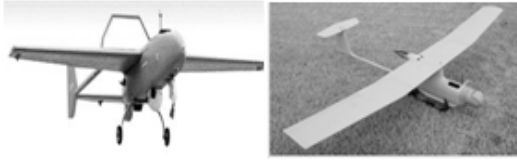


그림 1. RQ-101 송골매(좌), 리모아이(우)

질이 저하될 수 있다. 따라서 무인기로부터 운용자에게 이르기까지의 손실 없는 영상의 전달은 감시/정찰용 무인기에서 중요한 이슈 중 하나이다.

운용자가 탑승하여 조종하기에 일정 규모 이상의 부대에서만 운용이 가능한 유인기 감시/정찰과는 달리, 그 특성상 무인기를 이용한 감시/정찰은 소규모 부대 단위에서도 운용이 가능하기 때문에 그 획득영상에 대한 이용주체 및 품질에 대한 요구사항들 또한 다양하다. 셀룰 단위로 운용되는 통제센터에서부터 휴대 장비를 통한 전장에서의 운용까지 다양한 형태의 운용자가 영상 데이터를 이용하며, 이런 형태에 부합되는 역할을 수행하기 위해 개방적인 UAS 시스템에 대한 제안³⁾도 나오고 있다.

획득한 영상 데이터의 효과적인 전달을 위한 장비 간연결관리 및 전송 품질 보장은 라우터나 스위치 같은 네트워크 장비에서 기본적으로 수행되는 기능이 아니기 때문에 송신/수신장비에서 시스템 아키텍처 설계를 통해 해결을 하거나 전문화된 장비를 사용하여야 한다. 현재 CDL 을 기반으로 영상을 전송하는 방안⁴⁾, 분산시스템을 이용하여 UAV를 관리하는 방안⁵⁾ 등이 제안되었으며, CORBA 를 이용한 분산시스템 기반 영상 처리방식⁶⁾도 제안되었다.

본 논문에서는 획득한 영상이 지상에 전송된 후, 그에 대한 효과적인 연결관리 및 전송 품질 확보를 위해 DDS⁷⁾를 적용한 영상전송 방안을 보이고, H.264 및 JPEG2000 정보의 전송 사례를 들어 그 효과성을 검증하고자 한다.

본문 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DDS 표준 및 무인기 획득영상과 관련된 이슈에 대해서 설명하고, 3장에서는 DDS 표준에 기반하여 획득영상을 전송하는 방안에 대해서 기술할 것이다. 4장에서는 H.264 및 JPEG2000으로 인코딩 된 영상을 DDS를 통해 전송한 실험결과를 보일 것이며, 마지막인 5장에서는 본 논문에 대한 결론을 다룰 것이다.

II. 관련 연구

2.1 DDS 미들웨어 소개

네트워크 미들웨어(Middleware)란 전송 및 수신

장비에 위치하여 UDP 및 TCP 기반 통신을 기반으로 상호 식별 및 연결관리를 수행하고, 어플리케이션에서 요구하는 다양한 네트워크 관련 기능들을 제공하는 소프트웨어를 말한다. 이런 네트워크 미들웨어 중, 데이터분산서비스 (Data Distribution Service, DDS)는 분산 환경을 위한 전송(Publish)/요청(Subscribe)의 명세를 갖는 미들웨어로, 분산환경을 위한 데이터 중심의 전송/요청 프로그래밍 모델에 대한 표준화의 필요성에 의해 만들어졌다⁸⁾. 그림 2에서 보는 바와 같이 DDS는 송신/수신 노드 간 직접적인 연결이 없이 (connectionless) 데이터가 발생하는 경우, 네트워크로 전송(Publish)하고 필요한 데이터를 요청(Subscribe)하는 방식을 통해 상호간 데이터를 주고 받는다. 이 전송/요청 데이터들을 수신하여 데이터의 발생과 요청을 관리하는 노드를 브로커(Broker)라고 부르며, DDS가 설치된 노드들은 일반적으로 전송/요청/브로커 세가지의 기능을 동시에 수행⁷⁾ 한다.

DDS 표준의 주요 특징은 논문⁸⁾에서 언급된 바와 같이 세 가지 항목으로 정리할 수 있다. 첫 번째, DDS는 미들웨어이기 때문에 다양한 플랫폼에서의 운용이 가능하며, 따라서 상이한 플랫폼에서 동일 소스코드를 이용하여 DDS표준이 내재된 프로그램 모듈 구축이 가능하다. 두 번째, DDS는 비연결지향 방식이기에 DDS 노드들간 데이터 전송에서 연결 및 연결종료를 위한 절차 없이 망에 대한 참가 및 이탈이 자유롭다. 이웃 노드에 대한 식별을 자동으로 수행하고 그 리스트를 미들웨어 단에서 해결하기 때문에 DDS 노드에 위치한 어플리케이션이 연결에 대한 관리를 수행할 필요가 없고, 이로 인해 유지보수 비용이 절감되는 효과를 가지게 된다. 마지막으로, DDS는 장비간 연결에 대해서 송/수신하는 메시지 단위로 관리를 수행하며, 개별 메시지 연결에 대하여 차별화된 품질(differentiated QoS)의 부여가 가능하다.

위와 같은 장점들은 군용 장비에서의 요구사항(연결관리, 비용절감, etc)에 부합되는 면이 있기 때문에,

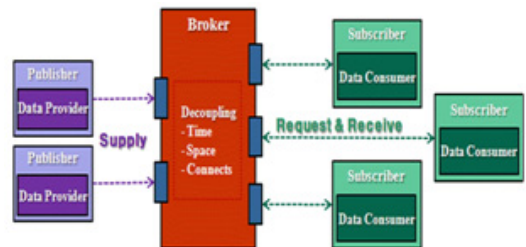


그림 2. RTI-DDS 시스템 기본 구조

UAV 개발 업체 중 Insitsu 사^[9]의 경우, Scan Eagle 데이터링크에 DDS 를 적용하여 개발을 진행 중이다.

2.2 UAV 영상 전송을 위한 QoS 요구사항

UAV에서 사용되는 감시/정찰장비들은 목적에 따라 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 비행체 자세 제어 및 주변 환경 영상 습득을 위한 CCD 카메라와 같이 실시간으로 영상 데이터를 획득해야 하는 장비들과, EO 카메라, IR 카메라 및 SAR와 같이 표적에 대한 정밀한 영상분석에 사용되는 장비들로 구분될 수 있다.

장비들의 사용목적이 다르기에 각 장비로부터 획득되는 영상의 특성도 달라지게 된다. 실시간 영상을 다루는 장비의 경우 각 무인기의 대역폭에 맞추어 실시간으로 전송이 가능한 크기의 영상 데이터(예: 640x480)를 지상으로 보내는 반면, 정밀 분석에 사용되는 장비의 경우, 목표에 대한 세밀한 정보가 필요하기에 실시간성보다는 고해상도의 정밀 영상(예: 3000x2000)와 같은 대용량 데이터를 전송한다.

이와 같이 각 장비에서 획득된 영상이 다르기 때문에 각 획득영상에 대한 QoS 는 달라질 수 밖에 없으며, 효과적인 전송을 위해서는 각 영상의 특성에 따라서 다른 수준의 QoS를 적용하여야 한다.

2.3 H.264 및 JPEG2000 인코딩 특성

H.264는 디지털 기반 인코딩(incoding) 방식으로서 손실 압축에 기반한 인코딩이다. 따라서 네트워크에 상태에 따라 전송되는 영상 품질에 대한 조정이 가능하며, IP기반 영상 전송 및 실시간 TV와 같은 다양한 네트워크 기반 영상 전송 분야에서 사용되고 있다. 그림 3에서 보이는 바와 같이 각 비디오 프레임 전송 시 완전한 정보를 전송하지 않고 상호간 참조를 통해 보완하는 구조를 지니기 때문에, 대역폭의 점유율이 완전한 프레임을 보내는 경우보다 낮다는 장점이 있다. 단, I-P-B 구조를 가지고 있기 때문에, 일부 파일의 손

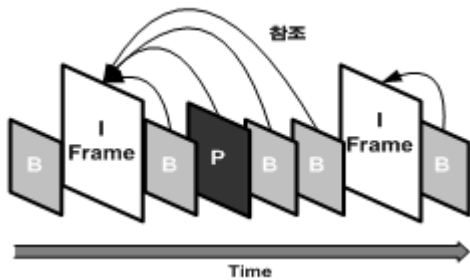


그림 3. I-P-B frame 전송

실은 단위 그룹군의 영상 데이터의 품질을 저하시킬 수 있다.

JPEG2000 은 H.264달리 무손실 인코딩 방식으로 I-P-B 전송 구조와는 달리 프레임 간에 참조 없이 각각의 영상 frame 이 독립적인 정보를 가진다. 데이터의 손실 확률이 높은 무인기의 데이터링크 특성상, 특정 프레임이 손실되면 전체 영상 품질이 저하되는 H.264 방식에 비해 보다 높은 품질을 보장할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 영상을 snapshot 식으로 저장하는 구조이기 때문에 각 프레임의 크기가 크다는 단점이 있으며, 일반적으로 H.264인코딩 방식에 비해서 대용량의 대역폭을 소모한다.

III. DDS 기반 영상 전송

앞에서 살펴본 바와 같이 무인기에서 효과적인 영상 전송을 위해서는 장비간 연결에 대한 관리와 더불어 영상 특성에 따른 품질 보장이 중요한 이슈사항이다. DDS는 네트워크 미들웨어로서 각 연결 및 품질에 대한 관리를 전담하여, 무인기에서 획득한 영상이 각 장비에 효과적으로 전달될 수 있도록 하는 역할을 수행할 수 있다.

첫째, DDS 노드 간 비연결 지향 특성은 수명이 길고 탑재되는 감시/정찰장비에 대한 변경에 대한 필요가 발생할 확률이 높은 UAS에 개방된 구성을 제공할 수 있다. 각 구성장비의 착탈 시에 해당 장비에 대한 연결을 관리할 필요가 없으며, 전송/요청 구조에 따라 송/수신되는 메시지의 구조만 준수한다면 해당장비의 변경으로 인해 발생하는 타 장비에 대한 영향을 최소화 할 수 있다.

다음으로, DDS 에서 메시지 단위로 관리되는 QoS 정책은 감시/정찰 장비의 목적에 따라 달라지는 획득영상의 특성에 맞추어 차별화된 QoS 를 부여할 수 있게 해준다. 표 1에서 보는 바와 같이 H.264 와 같은 실시간 영상의 경우, 어느 정도의 손실을 감수하더라도 빠르게 전달하는 것이 중요하며, DDS에서는 지연을 최소화한 QoS 설정(비동기식, 속도우선)을 통해 획득영상에 대한실시간성을 보장할 수 있다. JPEG 2000 영상의 경우, 대용량의 특성을 가지기에 UAV 에서 획득된 영상의 전송은 실시간 영상보다는 정해진 주기에 따라 전송되는 순간정지영상(snapshot)에 대한 파일 전송에 가까운 특성을 지닌다. 또한, JPEG2000으로 인코딩 된 데이터는 정밀한 분석을 위한 데이터이기에 지연을 최소화한 전송보다는 전송시 손실이 없도록 QoS 를 설정하는 것이 중요하다.

표 1. 영상 특성에 따른 DDS QoS 할당

No	영상 종류	DDS QoS 정책
1	실시간영상 (e.g. H.264)	비동기식(Async), 속도우선(Best Effort)
2	대용량정밀영상 (e.g. JPEG2000)	동기식(Sync), 정확도우선(Reliability)

DDS에서는 동기화(sync) 및 안정성(reliability)를 중심으로 한 QoS 설정을 통해 JPEG2000 전송특성에 따른 조건의 충족이 가능하다.

정리하자면, DDS를 통해 무인기에서 획득한 영상을 지상에 위치한 각 운용자 및 통제시스템으로 배포할 경우, 연결관리 및 유지보수에 소요되는 비용 및 시간을 절감할 수 있다고 판단된다. 메시지 별 QoS 설정을 통해 획득영상의 목적에 따른 QoS의 제공이 가능할 뿐만 아니라, 각 수신 장비와 연결된 네트워크의 대역폭에 따라 차등화된 QoS의 부여가 가능하다는 것도 DDS를 통해 UAV 획득 영상을 전송할 경우가 될 수 있는 장점이다. 4장에서는 이에 대한 검증을 위해 PC 기반의 시뮬레이션을 사용한 H.264 영상 및 JPEG2000 영상을 전송하는 경우에 대한 성능 분석 결과를 보일 것이다.

IV. 실험 및 성능분석

4.1 실험 환경

DDS를 적용한 획득영상 전송 환경 구축을 위해, DDS표준이 적용된 미들웨어 소프트웨어(SW) 중, 가장 널리 쓰이고 있는 RTI사의 DDS^[10]를 사용하여 영상 데이터 전송 환경을 구축하였다.

그림 4에서 볼 수 있듯이 UAV 획득 영상은 본 비행체에서 데이터링크제어기를 거쳐 UAV와 연결된 비행통제장비로 전송된다고 가정하였다. H.264데이터의 전송 시험을 위해서는 VideoLAN 프로그램^[11]을 이용하여 약 720x480 해상도의 영상을 4분 23초간 전송했으며, JPEG2000 데이터 전송 시험을 위해서는 4000x3000 해상도를 가지는 316.8MB 크기의 영상을 전송속도를 달리하여 전송하였다.

각기 영상의 전송을 위해 H.264는 950 Bytes 크기의 패킷을 사용하였고, JPEG2000의 경우 UDP 전송 패킷의 최대 전송가용 크기인 64KB의 패킷을 사용하였다.

DDS를 적용한 경우에 대한 성능 분석을 위해, 각 영상 전송에 대해서 QoS에 대한 고려 없이 데이터를

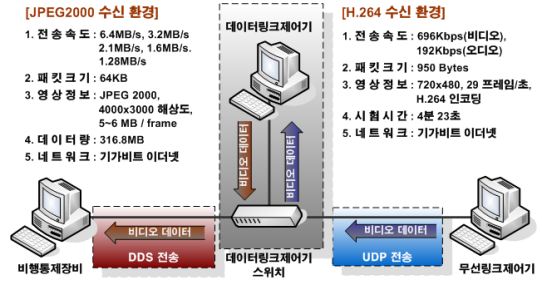


그림 4. H.264 및 JPEG2000 영상 전송환경

전송하는 UDP 전송에 대한 분석을 동시에 수행하여, 그 결과를 비교하였다.

4.2 H.264 영상전송 결과 및 성능분석

[그림 5 및 그림 6은 각각 UDP를 사용하여 해당 H.264으로 인코딩 된 영상을 전송한 경우와 DDS를 사용하여 전송한 경우에 대해, 실시간으로 전송되는 영상의 품질을 나타내는 지표인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 결과값을 보여주고 있다.

각각의 그림을 비교해 보면, 초기의 몇 프레임은 제외하면 UDP만을 적용한 경우와 DDS를 적용한 경우가 거의 같은 수준의 PSNR 값을 보여주고 있다. 이는 영상 전송에 있어서 실제 보여지는 영상의 품질이 RTI-DDS를 적용한 경우와 UDP만을 적용한 경우가 거의 동일하다는 것을 보여주는 결과값이라 할 수 있다.

초기 PSNR 값에서 차이가 나는 것은, RTI-DDS 기반 전송 시에 수신 및 송신 노드 간 QoS 정책 비교

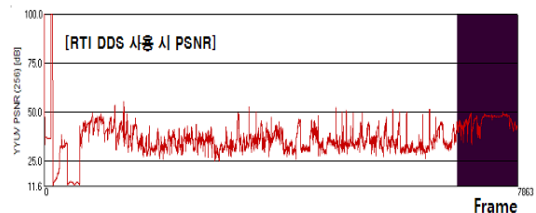


그림 5. UDP 전송 (H.264)

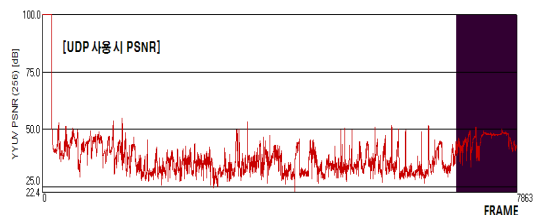


그림 6. DDS 전송 (H.264)

에 있어서 시간이 걸리기 때문에 파악된다.

실험에서의 내용을 정리해 볼 때, DDS를 적용하여 H.264 영상을 전송하는 경우에는 UDP 전송에 비해 PSNR 값에서 큰 차이를 보이지 않는 동시에, 각 노드에 대한 연결관리 및 QoS 변동이 가능하다는 장점이 있다.

4.3 JPEG2000 영상전송 결과 및 성능분석

앞서 살펴본 H.264 전송 실험에서 PSNR 값을 비교 측정치로 사용했던 것과는 달리, JPEG2000의 경우는 실시간 전송 보다는 순간정지영상(snapshot) 형태로 촬영된 파일의 전송에 가까운 데이터 전송이기 때문에 관련 실험에서는 PSNR 을 대신하여 영상 전송 시에 손실되는 패킷의 량(Packet Losses)으로 UDP 와 DDS 전송을 비교하였다.

그림 7은 UDP 로 해당 JPEG2000으로 인코딩된 영상을 전송하는 경우, 0~1개의 패킷 손실이 나타나는 결과를 보여준다. 시험에서 사용된 5개의 전송속도 모두에서 동일한 현상을 보여주었으며, 전송속도가 2.1MB/s 이하인 경우에는 패킷 손실이 보이지 않았다.

그림 8은 DDS 로 인코딩된 영상을 전송하는 경우를 보여준다. UDP 로 전송하는 경우와는 달리, 6.4MB/s 로 전송하는 경우와 다른 속도로 전송하는 경우에 있어 3~4개 정도의 패킷 손실에서의 차이를 보여주고 있다. 무인기에서의 영상이 임무 중에 지속적으로 촬영 및 송신되는 영상임을 감안하여 볼 때, 이 차이는 실제 데이터 전송 시에는 더 큰 폭으로 늘어날 것으로 판단된다.

이는 DDS 표준이 비디오 데이터에 특화된 표준이 아닌 메시지 기반 표준이기 때문에 발생하는 것으로 판단되며, 일반적인 메시지의 전송률을 넘어서는 대응

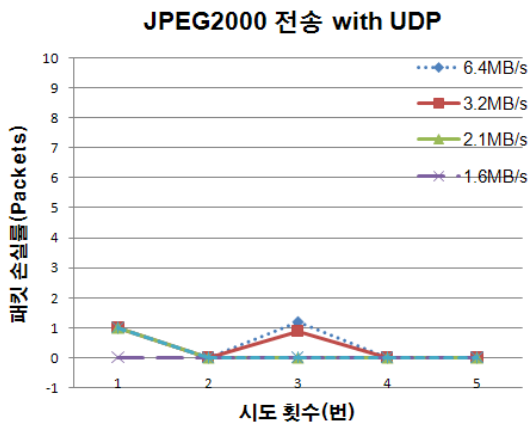


그림 7. UDP 전송 (JPEG2000)

JPEG2000 전송 with RTI DDS

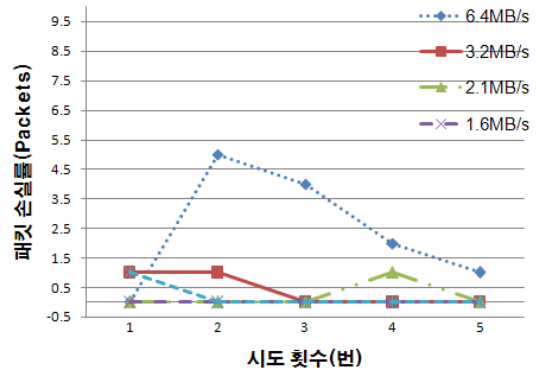


그림 8. DDS 전송 (JPEG2000)

량 데이터를 빠르게 전송해야 하는 경우에는 전송상의 문제가 발생할 수 있다고 판단된다.

하지만, 일반적으로 무선 및 유선 네트워크를 통해 전송되는 영상의 특성상 3~5MB/s를 넘지 않을 것으로 생각되기에, 무인기에서의 획득되는 영상 정보에 전송시에는 DDS 표준의 적용이 가능할 것으로 파악된다.

V. 결 론

본 연구에서는 무인기에서 획득한 영상 데이터를 DDS 표준을 이용하여 지상에 위치한 각 장비로 전달하는 방안에 대하여 살펴보았다.

무인기 획득영상 전송에서 요구되는 특성이긴 장비간 연결관리 및 품질 보증에 이슈들에 대한 해결책을 DDS 가 가진 특성을 이용하여 제시하였다. 또한, H.264 및 JPEG2000으로 인코딩 된 영상에 대한 PSNR 및 Packet Loss 분석을 통해, DDS 표준이 무인기 획득영상이 요구하는 특성을 만족시킬 수 있는 프로토콜인 것을 보였다. UDP에 기반한 전송과 비교했을 경우에도, 전송효율에 있어서 차이가 나지 않음을 관찰할 수 있었다.

본 연구에서의 결과는 DDS 표준이 무인기 획득영상의 전송에 사용 가능하다는 점을 시사하고 있다. 하지만, DDS 표준이 메시지 기반 프로토콜이기에 영상 데이터 전송에 특화된 기술이 없다는 점과, 더불어 무선전송 상에서 전송의 효율성이 검증되지 않았기에 무선구간에서의 전송에는 아직 사용할 수 없다는 점은 추후의 연구들을 통해 지속적으로 개선해야 할 점으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국항공우주산업(KAI), www.koreaaero.com
- [2] 유콘시스템, www.uconsystem.com
- [3] Edwin de Jong, "Building flexible architectures for configurable UAV systems", <http://www.eetimes.com/>
- [4] 박영미 외 4인, "항공통신정찰링크(CDL)에서 영상정보 전송을 위한 통신방안 연구", *한국해양정보통신학회*, Vol.9. Issue7, pp.1425-1425, 2005.
- [5] P. Doherty, P. Haslum, F. Heintz, T. Merz, P. Nyblom, T. Persson and B. Wingman, "A Distributed Architecture for Autonomous Unmanned Aerial Vehicle Experimentation", *Distributed Autonomous Robotic Systems 6*, Springer Japan, DOI 10.1007/978-4-431-35873-2.
- [6] Klas Nordberg and Per-erik Forssén and Johan Wiklund and Patrick Doherty and Per Andersson Y, "A flexible runtime system for image processing in a distributed computational environment for an unmanned aerial vehicle", *In the proceedings of the 9th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP*, 2002.
- [7] DDS standard, OMG, www.omgwiki.org/dds
- [8] 고경민 외 6명, "RTI DDS기반 메시지 전송을 위한 무인항공기용 게이트웨이 설계", *한국군사과학기술학회 종합학술대회*, 2010 .
- [9] Insitu, www.insitu.com
- [10] Real Time Innovations (RTI), www.rti.com
- [11] VIDEO LAN, www.videolan.org

권 철 희 (Cheol-hee Kwon)

정회원



2000년 고려대학교 공학석사
2000년~현재 LIG넥스원 (주)
책임연구원
<관심분야> 패턴인식, HCI, 디지털 신호 처리, 컴퓨터 기술 응용

이 종 순 (Jong-soon Lee)

정회원



1982년 한양대학교 이학학사
1984년 한양대학교 이학석사
1986년~현재 LIG넥스원 (주)
수석연구원(팀장)
<관심분야> 시스템 제어, 정보 및 영상 신호처리

김 영 택 (Young-Taek Kim)

정회원



1989년 충남대학교 공학학사
1991년 충남대학교 공학석사
1991년~현재 국방과학연구소 제7기술연구본부 선임연구원
<관심분야> 체계공학, 무인기 통제, RTOS, HCI, 미들웨어 응용

고 경 민 (Kyung-min Go)

정회원



2006년 한동대학교 공학사
2009년 KAIST ICC 공학석사
2009년~현재 LIG넥스원 (주)
주임연구원
<관심분야> 네트워크 QoS, 무선 전송, 시스템 제어