소형 무인기 통제를 위한 다자간 방식 관제시스템 구축방안-설계 중심으로

(Implementation of Multilateral Control System for Small UAV Control-Focused on Design)

최현택*, 김석관*, 류갑상*

(Hyun-Taek Choi, Seok-Kwan Kim, Gab-Sang Ryu)

요 약

본 논문은 국내 전 지역에서 동시에 비행 중인 다수의 소형 무인기 위치정보를 신속하고 안정적으로 수집하기 위해서, LTE 기반의 소형 무인기 관제시스템을 구축을 위한 설계 방안을 제시하였다. 특히, 다수의 소형 무인기 운용기관이나 감독기관에서 비행 중인 전체 소형 무인기의 위치를 동시 모니터링 할 수 있도록, 주요 요구사항을 네트워크(N/W), 하드웨어(H/W), 소프트웨어(S/W), 데이터베이스(DB), 개발 아키텍처, 비즈니스 니즈로 나누어 도출하였다. 이러한 요구사항을 충족시키기 위해, 소형 무인기 실시간 위치추적 시스템의 설계 요건 측면에서 N/W, H/W, S/W, DB설계, 아키텍처 설계 방안을 제시하였다. 시스템 설계 시 소형 무인기 다자간 관제하기 효과적으로 하기 위해 단위 시스템의 기능과 역할에 따라 Front-end Service 영역과 Back-end Service 영역으로 나누어 아키텍처를 설계하였다. 소형 무인기의 위치와 상태를 파악하고 제어하는 Front-end Service 영역은 Client PC 방식을 적용함으로써, TCP/IP 네트워크를 통해서 N개 까지 확장이 가능한 설계 부분에 대해 연구하였다.

■ 중심어 : 다자간 관제시스템 ; 오픈 플랫폼 ; 소형 무인기 ; IT 관리 ; 품질관리

Abstract

In this paper, we propose a design method for the construction of LTE-based small unmanned aerial vehicle control system to quickly and reliably collect multiple small unmanned aerial vehicle position information simultaneously flying all over the country. In particular, the main requirements are the network (N/W), hardware (H/ W), software(SW), Database(DB), development architecture, and business needs. To satisfy these requirements, N/W, H/W, SW, DB design, and architectural design plan were suggested regarding the design requirements of a small UAV system. To effectively control the small unmanned multi-party system in the system design, the architecture is divided into the front-end service area and the back-end service area according to the function and role of the unit system. In the front-end service area that grasps and controls the position and state of small unmanned aerial vehicles (UAVs), we have studied the design part that can be expanded to N through TCP/IP network by applying Client PC method.

■ keywords : Multilateral Control system ; Open Platform ; UAV ; IT Management ; Quality Management

Ⅰ. 서 론

최근 소형 무인기(UAV:Unmanned Aerial Vehicle, 드론)을 이용한 영상 촬영 사례가 늘고 있다. 드론을 기반으로 한 영상 취득 및 처리 어플리케이션은 방송 촬영, 시설물 유지보수 및 운영, 재난 안전관리 및 인명구조 등 다양한 곳에서 활용되고 있다. 우리나라에서는 드론을 이용한 배송 서비스, 방송 및 엔터테인먼트 분야 등의 활용 가치가 뛰어난 기술로 초기에 주목을 받았다. 최근 들어 소형 무인기의 활용 범위는 기본적인 정찰 임무에서 사진촬영, 산림환경 감시, 재난 및 사고 대응, 국방 분야의 공격 임무수행 등 다양하고 복합적인 영역으로 확대되고 있다. 여러 대의 소형 무인기를 동시에 투입하여 무인기 간의 상호 네트워크를 구성하고, 무인기별로 각각의 세부 역할 부여를 통한 협업 체계를 이용하면 소형 무인기들로도 복잡한 임무 요구에 효과적으로 대처할 수 있다. 무인기 간의 협업 체계 운용을 위해서는 동시에 다수의 무인기를 모니터링하고 제어하는 N:N 관제 시스템이 필수적이다. 다수의 무인기 운용과 관련된 최근의 연구 동향을 살펴보면, 개별 무인기의 정밀제어와 자동비행, 충돌회피 기동 및 비행시험과 같은 무인기의 직접적인 운

* 정회원, 동신대학교 컴퓨터학과

접수일자 : 2017년 11월 23일
수정일자 : 2017년 12월 04일
게재확정일 : 2017년 12월 11일
교신저자 : 류갑상 e-mail : gsryu@dsu.ac.kr

용 측면 위주로 초점이 맞춰져 있다.[1][2][3] 이에 반해 실제 무인기 운용의 중요 요소인 무인기 간의 데이터 통신과 동시 관제를 위한 시스템 구성 방안에 관한 연구는 수행된 바가 드물다. 따라서 본 논문에서는 무인기의 동시 관제시스템 구축을 위한 주요 요구사항을 도출 하고, 인프라 및 개발 측면의 설계 방안을 제시하는데 초점을 맞추고 있다.[3]

Ⅱ. 본 론

1. 소형 무인기 관제시스템 구축의 필요성

소형 무인기 운용을 위한 무선 네트워크는 언제든지 접속 장애가 발생할 수 있는 다양한 환경을 내포하고 있다. 네트워크 단절로 인한 소형 무인기의 모니터링 및 제어 실패는 무인기의 추락 및 분실, 인명사고, 보안시설 불법 침입 등 다양한 문제를 야기할 수 있다. 기존 1:1 무선 데이터 링크 방식의 리모트 컨트롤은 가시거리를 벗어난 장거리 비행이나 고공비행 환경에서 지상의 관제율이 현저히 낮아진다. 소형 무인기 운용 시에는 그 목적에 따라 무인기의 위치와 배터리 상태 모니터링, 센서정보와 수집영상에 대한 실시간 수집, 비상 복귀 명령 등을 그 목적에 따라 실시간으로 송수신할 필요가 있다. 또한, 다수의 무인기 운용 시에는 이를 개별적으로 모니터링하고 관리하는 것이 매우 비효율적이므로, 동시에 통합해서 관리하는 관제 시스템이 꼭 필요 하다. 따라서 동시에 N대의 무인 항공기를 동시에 위치 추적하고 통제하기 위한 시스템 설계 기술은 매우 중요하다.[4]

2. 소형 무인기 관제시스템의 개요

지상 통제 장비를 통해서 실시간 위치 확인이 가능한 고가의 소형 무인기(드론)일지라도, 소형 무인기가 조종자의 시야를 벗어났을 경우에는 현재 위치를 지상 통제 장비에서만 확인할 수 있는 1:1 관제 방식이다. 1:1 관제 방식의 가장 큰 문제는 소형 무인기가 지상 통제장비의 통신거리를 벗어나거나 다른 이상 발생으로 조종 불능 상태인 노콘(NoCon) 상황에서 지정 장소로 복귀하지 못할 경우, 최종 위치를 파악할 수 없어서 분실과 함께 추락에 따른 인명 사고 및 재산 피해의 우려가 매우 크다는 점이다. 1:1 관제 방식의 또 다른 문제는 지상 통제 장비를 운용 중인 조종자 외에는 소형 무인기의 위치를 파악할 수 있는 방법이 없으므로, 다수의 소형 무인기를 운용하는 기관이나 소형 무인기 비행을 감독하는 기관에서는 현재 비행 중인 전체 소형 무인기의 위치조차 파악할 수 없다는 것이다. 소형 무인기 비행에 대한 중앙 관제 시스템의 부재는 무인기의 무분별한 활용에 의한 여러 문제들을 야기한다. 이러한 문제들의 해소를 위해서 LTE 이동통신망과 같은 전국적인 상용 네트워크를 활용한 소형 무인기 N:N 관제 시스템 구축이 절실한 시점이다.[5][6]

LTE 이동통신망을 소형 무인기의 데이터 링크 기술에 접목하여 무인 비행체(소형 무인기)의 N:N 관제 시스템을 아래 그림 1 와 같이 설계하였다.

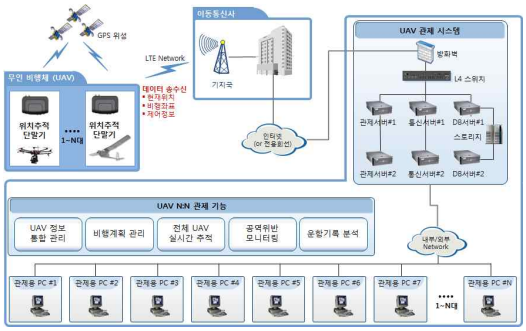

그림 1. 소형 무인기 N:N 관제도

3. 소형 무인기 관제시스템 주요 요구사항

다수의 소형 무인기 통제를 위한 관제시스템 구축에 필요한 주요 요구사항은 아래 표 1. 과 같이 네트워크, 하드웨어, 소프트웨어, 데이터베이스, 개발 아키텍처를 포함한다.[7]

표 1. 소형 무인기 다자간 방식 관제시스템 요구사항[8][9]

구분	주요 요구사항
네트워크	– 멀티 밴드 기술을 활용한 LTE 기반의 전국망을 토대로 소형 무인기 N:N 관제에 적합한 최적의 무선 통신 품질 확보 – 해킹, 바이러스 등 다양한 보안 위협요소를 차단하기 위한 UTM 장비 – 트래픽 증가 시 부하분산 처리를 통해 시스템의 가용성과 안정성 확보를 위한 L4 스위치 – 데이터 라우팅 기능을 제공하고, 라우팅 시 유해 트래픽 차단과 보안 위협 대응에 효과적인 L3 스위치
하드웨어	– 시스템의 안정성과 신뢰성을 보장을 위한 물리적 성능 확보 – 하드웨어 장애 발생 등 비상상황에 대비한 이중화 구성

소프트웨어	– 무인기의 정밀 위치 모니터링을 위한 GIS 데이터 및 GIS 엔진 – 무인기와 실시간 데이터 송수신을 위한 통신 Gateway 플랫폼
데이터베이스	– 소형 무인기의 모니터링 및 제어 데이터를 Mobile Gateway 플랫폼을 통해 실시간으로 전달하기 위한 데이터 모델링 및 데이터 처리 기술 설계
개발 아키텍처	– 오픈 소스 기반의 개방형 아키텍처 적용으로 범용성 확보 – 다양한 환경에 유연하게 대처 할 수 있는 컴포넌트 기반의 개발 – 데이터의 전송 및 보관 시 암호화 기술 적용을 통한 데이터 유출 방지
비즈니스	– 시스템 사용자 정보와 접속 이력 추적 관리 – 소형 무인기 정보, 소형 무인기의 비행계획 정보, 모니터링 정보, 제어 정보, 비행이력 등 동시 N:N 관제에 필요한 정보 관리

4. 소형 무인기 관제시스템 구축을 위한 설계

가. 설계 개념 도출

소형 무인기 다자간 방식 관제시스템은 상용 이동통신망을 통해서 무인기의 위치/상태 정보와 수집정보를 실시간으로 수신하고, 무인기에 대한 제어정보를 실시간으로 송신하기 위한 내·외부 시스템 간의 연계 체계 구축이 필요하다. 또한, 그림 2 과 같이 송수신 데이터를 관제용 Client PC에서 모니터링하고 제어하기 위한 구조 설계가 필요하다.

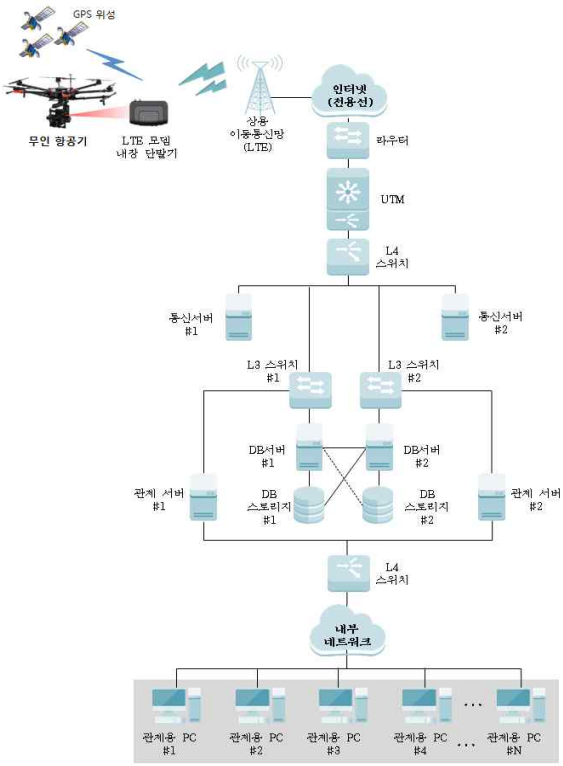

그림 2. 목표시스템 구성도

나. 설계

(1) 시스템 설계

소형 무인기 관제시스템은 단위 시스템의 기능과 역할에 따라 Front-end Service 영역과 Back-end Service 영역으로 나누어 그림 3 과 같이 설계하였다. Front-end Service 영역은 관제용 Client PC로써 소형 무인기의 위치와 상태를 모니터링하고 제어하는 기능을 제공하며, TCP/IP 네트워크를 통해서 N 개 까지 확장이 가능하다. Back-end Service 영역은 소형 무인기와 데이터 송수신을 담당하는 통신 Gateway 서버, 송수신 데이터를 처리하고 저장하는 DB 서버, 신속한 관제를 위해 3-Tiered 구조 설계로 Business Process를 분리한 Middleware 서버, 관제 서비스 제공을 위한 관제 서버로 구성하였다.

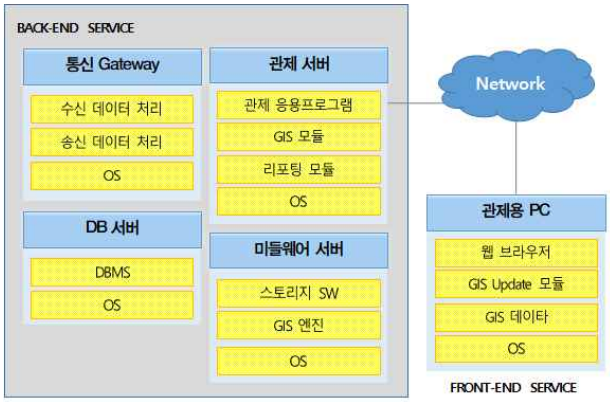

그림 3. 시스템 구성도

(2) 네트워크 설계

소형 무인기 N:N 관제를 효과적으로 운영하기 위한 네트워크 구성을 그림 4 과 같이 설계하였다. 내부망에 응용서버와 DB서버를 구축하고, DMZ(DeMilitarized Zone) 구간을 확보하여 외부 서비스를 담당하는 관제용 서버는 DMZ 구간에 위치하도록 설계함으로써 외부 침입 발생 시 데이터에 대한 직접적인 접근을 차단하였다.

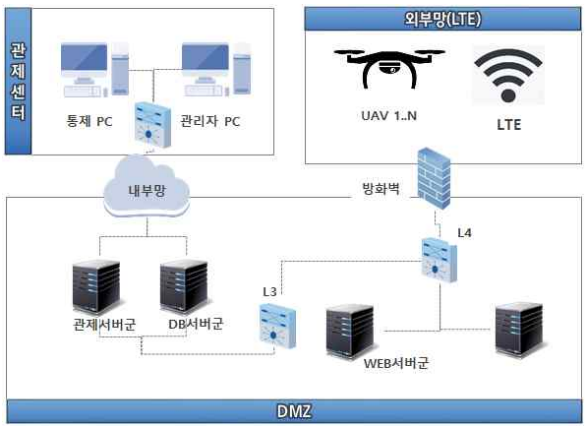

그림 4. 네트워크 구성도

(3) 데이터베이스 설계

N개의 소형 무인기를 효과적으로 관제하고 관리하기 위한 데이터 모델링을 설계하였다, 그림 5 에서는 소형 무인기 사용자 정보(사용자정보, 로그인정보, 사용이력 정보)를 관리하기 위한 데이터베이스 모델링을 하였다,

그림 5. 사용자 정보 모델링

소형 무인기관제 필요한 기본 정보(코드 관리, 하위코드 관리, 기상정보)를 아래 그림 6와 같이 데이터 모델링 하였다.

그림 6. 기본 정보 모델링

소형 무인기의 위치 정보를 활용하기 위해 그림 7과 같이 GIS(Geographic Information System) 정보(GIS 레이어 관리, GIS 이미지관리, GIS 지형관리, GIS 지물관리, 주소 정보)를 관리 할 수 있는 데이터 모델링을 하였다.[8]

그림 7. GIS 정보관리 모델링

N개의 소형 무인기를 효과적으로 관리하기 그림 8과 같이 소형 무인기 기기정보(소형 무인기정보, 소형 무인기 소속정보, 소형 무인기 모니터링 관리, 모니터링 관리자)를 데이터 모델링 하였다.

그림 8. 소형 무인기 관제정보 모델링

소형 무인기 비행 계획부터 비행 결과정보(비행계획 관리, 비행결과 관리, 위치정보, 공역통제 정보)까지 효과적으로 관리하기 위하여 그림 9와 같이 데이터 모델링을 하였다.

그림 9. 소형 무인기 비행정보 모델링

(4) 개발 아키텍처 설계

상용 프레임워크를 활용 할 경우의 벤더 Lock-In(종속성)으로 인한 기술 확장성 및 개발 환경의 유연성 면에서 어려운 점이 존재한다. 이를 해소하기 위해 오픈 소스 기반의 범용 기술을 최대한 활용하여 개방형 기술 표준 체계를 준수하도록 설계한다. 소형 무인기의 다자간 방식 관제시스템의 유연한 개발환경을 제시하고, 이를 구현하기 위한 주요 도구 및 기술 제시를 통한 표준화, 상호 운용성 확보 및 개발 시 기술 리스크 최소화 하여 구축한다. 오프 소스기반의 프레임워크 활용을 통해 개발 생산성 향상, 효과적인 시스템 관리, 재사용을 통한 품질 확보가 가능하다. 이러한 오픈 소스 프레임워크는 공공기관, 금융, 전자분야의 개발 환경으로의 연동 및 확장이 가능한 아키텍처이다. 오픈 소스 기반의 아키텍처는 기술 특성에 따라 다자간 관제시스템을 개발하기 위해 그림 10에서 제시한 아키텍처를 레이어별로 나누어 Presentation Layer, Business Layer, Data Layer 개발하며, 각 계층에서 활용 할 수 있도록 공통 기능 활용하여 개발 시간을 단축함과 동시에 잠재 가능한 오류를 최소화 하였다.

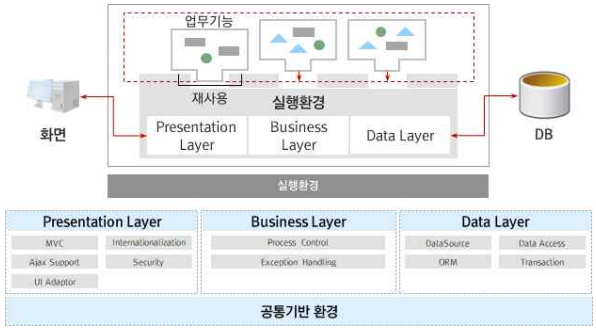

그림 10. 개발 아키텍처

소형 무인기 다자간 방식 통제를 위한 관제시스템을 효과적으로 개발하기 위해 개발 아키텍처를 위해 표 2와 같이 각 Layer 별 사용하는 도구와 기술 그리고 구현내용을 제시하였다. 이를 활용하여 컴포넌트의 재사용, 개발 기간 단축 및 고품질의 관제시스템을 개발한다.

표 2. 개발 아키텍처 Layer(계층)

Layer	도구 및 기술	구현내용
Presentation Layer	MVC	Model-View-Controller로 업무처리 서비스와 사용자간의 인터페이스를 담당하는 서비스로 사용자 화면 구성 및 사용자 입력 정보 검증 등의 기능을 지원
	Ajax	Asynchronous JavaScript and XML로 Presentation 부분의 성능을 향상시키기 위해 비동기 방식으로 개발하는 도구
Business Layer	Process Control	업무 프로그램의 업무 로직을 담당하는 서비스로 업무 흐름제어, 트랜잭션 관리, 에러 처리 등의 기능을 제공
Data Layer	Data Access 등	업무 프로그램에서 사용할 수 있도록 데이터에 대한 CRUD(Create, Read, Update, Delete) 기능을 지원
	Transaction	데이터 처리를 위한 설정 및 실행 기능을 제공
공통기반	AOP	Aspect-Oriented Programming로 기능을 핵심 비즈니스 로직과 공통 모듈로 구분하고, 핵심 로직에 영향을 미치지 않고 공통 모듈의 기능을 더하여 효과적으로 개발하는 방법

III. 결 론

본 논문에서는 소형 무인기 다자간 방식 관제시스템의 필요성 및 목적에 대해 살펴보았으며, 이를 기반으로 다수의 소형 무인기의 위치추적을 위해 위치 데이터의 송수신을 위한 관제시스템 설계방안을 제시하였다. 특히, 다수의 소형 무인기를 운용하는 기관이나 소형 무인기 비행을 감독하는 기관에서는 현재 비행 중인 전체 소형 무인기의 위치를 파악하는 것이 매우 어렵다. 이를 해결하고자 다자간 방식 관제시스템을 구축에 필요한 주요 요구사항을 HW, SW, NW, DB, 개발 아키텍처, 비즈니스 니즈에 대해 도출하였으며, 이를 개발하기 위해 설계 방안을 제시하였다. 시스템 설계 시 소형 무인기 다자간 관제시스템 구축을 위해 단위 시스템의 기능과 역할에 따라 Front-end Service 영역과 Back-end Service 영역으로 나누어 아키텍처를 제시하였다. Front-end Service 영역은 관제용 Client PC로써 소형 무인기의 위치와 상태를 모니터링하고 제어하는 기능을 제공하며, TCP/IP 네트워크를 통해서 N개 까지 확장이 가능 할 수 있도록 설계하였다. 소형 무인기 다자간 관제를 효과적으로 운영하기 위한 네트워크 구성으로 내부망의 응용서버와 DB를 구축하며, DMZ(DeMilitarized Zone)와의 안전한 연결을 위해 방화벽을 설치하여 외부의 침입으로 부터 차단을 하고 외부망에서의 N개의 소형 무인기 관제 정보를 효과적으로 추적관리 할 수 있는 네트워크 구성을 설계하였다. 소형 무인기의 위치정보 및 소형 무인기의 사양정보, 사용자 정보, GIS 정보, 소형 무인기(UAV) 정보 등을 효과적으로 관리하기 위해 데이터베이스 모델링을 제시하여 소형 무인기의 위치를 효과적으로 관제 할 수 있도록 하였다. 개발 아키텍처는 오픈소스 기반의 개발 아키텍처(Presentation Layer, Business Layer, Data Layer)를 활용하여, 소형 무인기 통제를 위한 다자간 방식 관제시스템 구축 시 컴포넌트 재사용성, 시스템 확장성, 개발 생산성 등 효과적으로 구축 할 수 있도록 설계 하였다.

REFERENCES

[1] 김사웅, "무인항공기 기반 빅데이터 처리 시스템의 프로토타입 설계", 스마트미디어저널, pp. 51-52, 대한민국, 2016년 6월
[2] 김성환,조상욱,김성수,유창경,최기영, "복수 무인기 네트워크 통합 운영 시스템 개발", 한국항공우주학회지, pp. 1042-1043, 대한민국, 2011년 11월
[3] 강태욱, "DIY 드론 기반 카메라 원격 영상 촬영 방법 및 드론 운영 관제", 한국방송 미디어공학회, pp. 31-43, 대한민국, 2017년 4월
[4] 강영신, 박범진, 유창선, 김유신, 구삼옥, "스마트 무인기의 지상시험을 통한 비행제어 성능분석", 한공우주기술, 대한민국, pp 1-2, 2010년 7월
[5] 허경환, 강경훈, 허성재, "Dead Reckon방식을 이용한 KUH Data Link 개선 및 항공기간 실시간 위치 정보 확보", 항공산업연구, pp. 102-104, 2013년 8월
[6] 정재현, 임병도, 김성수, 유창경, "무인항공기의 통합비행시험을 위한 통합형 지상지원시스템 개발", 한국항공우주학회지, 대한민국, pp 802-804, 2012년 9월
[7] 김도현, 김중욱, "스마트무인기의 공역체계 내 운용에 관한 연구", 한국항공운항학회, 대한민국, pp. 105-107, 2011년 3월
[8] 조성룡, 박슬기, 강희원, 임덕원, 황동환, 이상정, "테스트 가능한 UML 기반의 SDINS/GPS 통합 항법 소프트웨어 구조 설계", 대한전기학회, 대한민국, pp. 1923-124, 2009년 7월
[9] 하지현, 허문범, 남기욱, "GPS 정밀단독측위 기법을 이용한 준실시간 선박 위치추적", 한국항행학회, 대한민국, pp. 785-787, 2010년 12월

저 자 소 개

최현택

1986년 조선대학교 회계학과 회계학 학사 졸업.
1995년 홍익대학교 국제경영대학원 경영학과 경영학석사 졸업.
2017년 ~ 현재 동신대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정중.

<주관심분야 : 항공관제, 경영정보, IT 마케팅>

김석관

1998년 명지대학교 컴퓨터공학과 공학사 졸업.
2017년 건국대학교 정보통신대학원 정보보안학과 공학석사 졸업.
2017년 ~ 현재 동신대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정중.

<주관심분야 : 품질관리, 안전관리, 거버넌스>

류갑상

1983년 전남대학교 일반대학원 컴퓨터학과 석사 졸업
2000년 고려대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 이학박사 졸업
1985년 ~ 1996년 : 한국기계연구원 책임연구원
1996년 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터학과 교수

<주관심분야 : 사물인터넷, 정보보호, 컴퓨터교육>