

# 드론 비행 조종을 위한 자이로센서 데이터 기계학습 모델

하현수<sup>†</sup>, 황병연<sup>††</sup>

## Machine Learning Model of Gyro Sensor Data for Drone Flight Control

Hyunsoo Ha<sup>†</sup>, Byung-Yeon Hwang<sup>††</sup>

### ABSTRACT

As the technology of drone develops, the use of drone is increasing, In addition, the types of sensors that are inside of smart phones are becoming various and the accuracy is enhancing day by day. Various of researches are being progressed. Therefore, we need to control drone by using smart phone's sensors. In this paper, we propose the most suitable machine learning model that matches the gyro sensor data with drone's moving. First, we classified drone by it's moving of the gyro sensor value of 4 and 8 degree of freedom. After that, we made it to study machine learning. For the method of machine learning, we applied the One-Rule, Neural Network, Decision Tree, and Navie Bayesian. According to the result of experiment that we designated the value from gyro sensor as the attribute, we had the 97.3 percent of highest accuracy that came out from Naive Bayesian method using 2 attributes in 4 degree of freedom. On and the same, in 8 degree of freedom, Naive Bayesian method using 2 attributes showed the highest accuracy of 93.1 percent.

**Key words:** Machine Learning, Gyro Sensor, Drone Flight, Drone Control, Data Mining

### 1. 서 론

드론은 군사적 용도 외 다양한 민간 분야에서도 활용되고 있으며, 무인 비행기 기체에 사람이 타지 않고 지상에서 원격으로 조종한다는 점에서 '무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle : UAV)'라는 표현으로도 쓰이고 있다. 드론은 운송 사업에서도 활용이 된다. 아마존은 정부가 승인한 6곳의 시험 지역에서 '프라임 에어(Prime Air)' 드론을 시험할 수 있도록 연방공화국(Federal Aviation Administration :

FAA)에 청원서를 제출한 상태이다. 그리고 자사의 배달 드론이 시속 80km로 비행할 수 있으며, 최대 2.3kg의 화물을 배달할 수 있다고 발표하였다. 또한 스포츠 중계부터 재해 현장 촬영, 탐사보도까지 드론은 활발히 사용된다. 카메라를 탑재한 드론은 지리적인 한계나 안전상의 이유로 가지 못했던 장소를 생생하게 렌즈에 담을 수 있다. 그리고 과거에 활용하던 항공촬영보다 촬영 비용이 더 저렴하다는 장점이 있기 때문에 향후 드론의 활용분야는 더욱 넓어질 것으로 전망된다. 이러한 드론 활용분야의 확장과 더불어

※ Corresponding Author : Byung-Yeon Hwang, Address: (14662) Jibong-ro, Wonmi-gu, Bucheon-si, Gyeonggi-do, Korea, TEL : +82-2-2164-4363, FAX : +82-2-2164-4581, E-mail : byhwang@catholic.ac.kr  
Receipt date : Jan. 25, 2017, Revision date : May 8, 2017  
Approval date : May 20, 2017

<sup>†</sup> Department of Computer Science and Engineering, The Catholic University of Korea  
(E-mail : hss0924@catholic.ac.kr)

<sup>††</sup> Department of Computer Science and Engineering, The Catholic University of Korea

※ This work was supported by the Catholic University of Korea, Research Fund, 2017.

드론 제어 소프트웨어 및 비행제어 소프트웨어 그리고 지상제어 소프트웨어 개발과 관련된 연구들이 진행되고 있다[1].

현재 스마트 폰 기기의 성능과 기능은 괄목할만한 발전을 이루고 있다. 특히, 스마트 폰 기기에 내장된 각종 센서들은 다양한 앱을 통하여 활용도를 확장하고 있다. 그 중에서 동작 인식 기술의 대표적인 자이로 센서에 대한 관심이 증대되고 있다. 그 원인은 센서를 통해 사용자의 제스처만으로 원하는 출력 결과를 얻어낼 수 있기 때문에 사용자 측면에서 어떠한 입력보다 직관적으로 사용이 가능하기 때문이다. 이러한 이유로 자이로 센서는 다양한 분야에서 활용도가 높아지고 있다. 따라서 우리는 드론과 자이로 센서의 활용도가 높아짐에 따라 자이로 센서가 내재되어있는 스마트 폰을 활용해 드론 비행 조종을 구현하는 것이 의미가 있다고 판단하였다. 본 논문에서는 자이로 센서의 기울기 값을 활용하여 데이터를 기계학습시켜 드론의 움직임을 분류하였으며, 가장 높은 정확도를 보이는 기계학습법을 찾았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해서 소개하고 3장에서는 전체적인 기계학습 모델의 흐름과 실험 방법에 대해서 살펴본다. 이후 4장에서 실험 데이터를 통해 자유도에 따른 각각의 기계학습법 정확도 결과를 보이고 5장에서 결론과 향후 계획을 설명한다.

## 2. 관련 연구

신, 김등[2]은 스마트 폰 기기에 탑재된 G-센서를 이용하여 사용자의 직관적인 동작으로 비행 드론을 조종할 수 있는 향상된 제어기를 구현한다. 구현된 제어기는 신경망 알고리즘을 사용하여 동작 인식 성능을 향상시켰다. G-센서의 데이터에 인공신경망 알고리즘만을 적용하여 드론 조종기를 구현하였지만, 본 논문이 제시하는 기법은 총 4개의 기법 중에 가장 높은 정확도를 보이는 기법을 적용한다는 점에서 차이가 있다. 또한 한, 고[3]는 3축 자이로스코프 센서를 이용한 자동차 주행 시뮬레이션 시스템을 설계하였다.

김, 민[4]은 3축 가속도 센서를 이용하여 물체의 움직임을 파악하는 시스템에 대하여 다룬다. 전송받은 가속도 값을 이용하여 거리와 각도를 계산한다. 또한 물체의 움직임을 정확하게 표현하기 위한 데이

터 보정을 하며, 오차들의 종류-센서 자체 오류, 일탈 자오류-를 파악하고 이를 해결하는 방법들을 구현하였다. 가속도 센서 값을 활용하여 움직임을 파악하는 부분에 있어서 본 연구가 착안한 부분이 있다.

김, 나등[5]은 글러브에 장착한 힘 센서 및 G-센서를 사용하여 기존 드론의 제어와는 다른 새로운 방식의 제어 방법을 제안한다. 손의 직관적인 움직임만으로 드론을 원격 제어하기 위하여, 왼손 글러브에 있는 힘 센서로부터 얻은 신호를 통하여 드론 제어 여부와 드론의 전진과 후진을 결정하고, 오른손 글러브에서는 G-센서로부터 얻은 신호로 동작을 추론하여 추론되는 동작에 해당하는 명령에 따라 드론의 모션을 제어한다.

정, 최등[6]은 스마트 기기를 보유한 이동 객체의 GPS좌표, PTZ(Pan Tilt Zoom)카메라, 드론의 관성 항법장치를 이용한 실시간 추적 및 감시 알고리즘을 제안한다. 선, 김등[7]은 실내에서 미니드론의 영상 기반 자동 비행 및 이·착륙 제어시스템을 제안한다. 바닥의 마커를 인식하여  $\pi$ ,  $\pi$ ,  $\pi$  등의 특정 형상의 궤적을 따라 비행하는 것을 실험으로 확인하였으며, 높이의 차이가 있는 두 개의 착륙지점에도 착륙하는 실험에서도 우수한 성능을 보여 주었다.

이, 조등[8]은 인간의 기본적인 행동 중에 앉기, 걷기, 달리기 등의 행동 특성을 스마트폰에 내장되어 있는 3축 가속도 센서를 통하여 분석하고 인간의 기본적인 행동을 자동으로 인식하기 위한 방법에 대하여 비교 분석하고 있다. 인간의 행동을 인식하기 위한 기댓값 최대화 알고리즘, 랜덤 포레스트, 딥러닝 기반의 기계학습 방법을 비교하여 각 기계학습 알고리즘의 장단점을 분석한다.

이[9]는 미분류 데이터가 분류학습의 성능향상에 미치는 영향을 분석하기 위하여 나이트 베이지안의 환경에서 미분류 데이터를 이용한 학습방법을 제시하고 이를 이용하여 미분류 데이터의 효율성을 실험적으로 조사하였다. 분류데이터의 생성은 사람의 시간과 노력에 의존하기 때문에 많은 비용과 시간을 요구한다. 이에 반하여 미분류 데이터는 거의 비용을 들이지 않고 무제한의 데이터를 쉽게 획득할 수 있다. 따라서 기계학습에 있어서 이러한 미분류 데이터를 이용하여 분류학습의 성능을 향상시킬 수 있는 준감독자(semi-supervised)학습 방법이 최근 관심을 끌고 있다. 미분류 데이터는 나이트 베이지안의

환경에서 분류데이터의 숫자가 적을 때 특히 많은 효과를 보임을 알 수 있다.

최[10]는 지역 도서관 서비스를 위한 인공 신경망 기반 도서 추천 시스템을 제안한다. 신경망 모델과 같이 복잡도가 높은 모델들을 추천 시스템에 사용하는 경우 과적합 문제가 발생함을 문제점으로 지적한다. 학습한 신경망 모델을 이용하여 사용자의 읽지 않은 도서들에 대한 선호도를 예측하고 도서를 추천한다. 실제 도서관의 대출 데이터를 사용해 제안하는 도서 추천 시스템이 소규모 도서관 환경에서 효과적으로 동작함을 보였다. 인공 신경망을 기반으로 한 연구가 진행되는 것을 참고할 수 있다.

### 3. 자이로 센서 데이터 기계학습 모델

#### 3.1 전체 기계학습 모델 흐름도

본 논문에서 제안하는 기계학습 모델의 전체적인 흐름도는 Fig. 1과 같다. 크게 두 가지 과정으로 분류된다. 학습을 시키는 과정과 학습이 완료된 결과를 바탕으로 실시간으로 자이로 센서의 값과 드론의 움직임을 매칭시키는 과정이다. 우선 안드로이드 스마트폰의 자이로 센서로부터 실제 데이터를 수집한다. 자이로 센서 로그 데이터를 저장하는 애플리케이션을 안드로이드 스튜디오를 이용하여 제작하였다.

다음 단계에서는 드론의 움직임을 각각 4 방향, 8 방향으로 분류하는 작업을 거친다. 원래 드론의 움직임은 Pitch, Roll, Yaw, Throttle로 이루어져있다.

그중 Pitch는 드론의 전, 후 이동을 가리키는 용어이며, Roll은 좌, 우 이동을 가리킨다. 안드로이드 스마트폰에 내재된 센서의 기울기 값을 이용하여 Pitch와 Roll을 하려면 센서의 값과 드론의 움직임을 매칭시켜야 한다.

따라서 자유도의 개수에 따라 분류된 자이로 센서 데이터들을 기계학습 시키는 단계를 거친다. 기계 학습 기법은 총 4가지를 사용하고 그중 가장 높은 정확도를 나타내는 기법을 정하여 실시간으로 센서 값과 드론의 움직임을 매칭시키는 과정에 적용한다. 기계 학습 기법으로 One-Rule, Neural Network, Decision Tree, Navie Bayesian을 활용한다.

#### 3.2 자유도 수에 따른 드론 움직임 분류

Fig. 2는 드론의 움직임 중에서 Pitch와 Roll의 한 방향씩 총 4개의 방향을 나타내고 있다. 스마트폰을 각 방향으로 기울여 그 상황에서의 자이로 센서의 로그 값을 저장하였다. 각 방향마다 300개의 데이터로 총 1200개의 데이터를 수집하였다. 드론의 전, 후, 좌, 우 움직임을 기계학습의 결과 값인 클래스로 지정하였고, 4 자유도 자이로 센서 데이터의 분포도는 Fig. 3에 나타나 있다. 특정 클래스에 몰림 현상 없이 고르게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 4는 4 자유도에서 대각선 방향을 추가한 8 자유도에 따른 드론의 움직임을 나타내고 있다. Fig. 5는 8개 방향에 따른 자이로센서 값들의 분포를 보여 주고 있으며 특정 클래스에 몰림 현상 없이 고르게

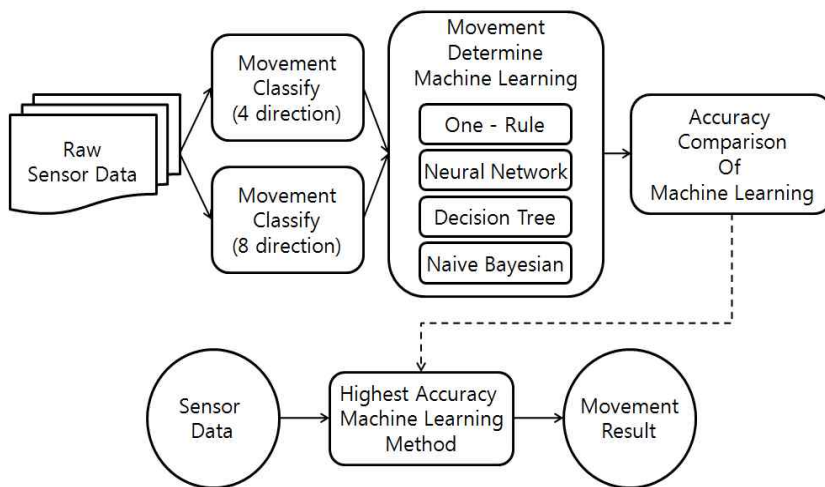


Fig. 1. Machine Learning Model Flow Chart.

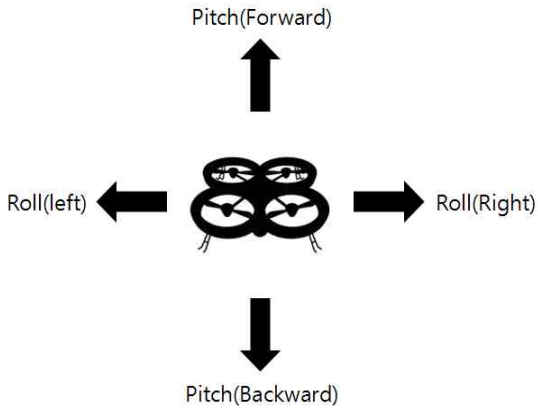


Fig. 2. 4 Directions Movement of Drone.

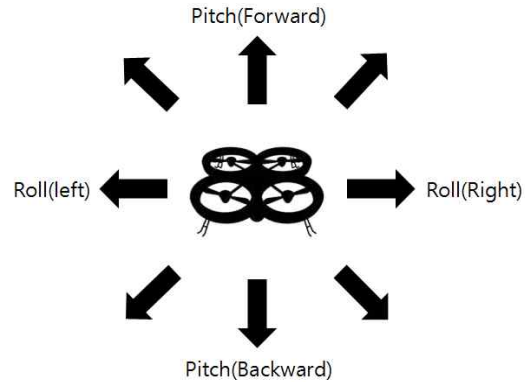


Fig. 4. 8 Directions Movement of Drone.

분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.

3.3 자이로 센서 데이터의 기계학습 과정

안드로이드의 자이로 센서 값을 4 자유도와 8 자유도의 상황에 따라 분류한 뒤 기계학습 과정을 거치게 된다. 기계학습 기법은 총 4가지 기법을 적용하여 실험을 진행하였다. 데이터 마이닝 기계학습 툴인 WEKA를 활용하였다. 자이로 센서 x, y, z 중에서 y, z 조합과 x, y, z 조합 두 조합을 기계학습의 Input 속성으로 활용하였다. y는 스마트폰의 좌우 기울기 센서 값이며, z는 전후 기울기 센서 값이다. x는 나침반처럼 절대적인 방향을 나타내주는 센서 값이다. 0부터 359까지의 값을 가진다. 클래스는 4 자유도에서는 전, 후, 좌, 우 4개의 움직임 Output이며, 8 자유도에서는 대각선을 포함한 8개의 움직임 Output이다.

첫 번째 기계학습 기법인 One-Rule은 속성 중 가장 영향력이 큰 한 속성을 정하여 기준으로 삼고 속성 값에 따라 클래스를 결정하는 방식이다. x, y, z 세 속성 값을 각각 기준으로 정하여 기계학습을 진행한 후, 가장 영향력이 높은 속성 하나를 선택하는 것이다. 본 논문에서 One-Rule 기법으로 기계학습을 진행한 결과는 4장에서 설명한다. Neural Network 기법은 인간의 뇌가 패턴을 인식하는 방식을 모사한 알고리즘이다. Neural Network는 여러 개의 신경망과 노드로 구성이 된다. 또한 Neural Network에 사용될 데이터 위에는 여러 개의 층(layer)이 존재한다. 각 층은 여러 개의 노드로 구성되며 노드는 일정크기 이상의 임계치에 의해 반응하도록 설계된다. 즉, Neural Network 기법을 활용하여 기계학습을 시킨다는 것은 임계치 값을 조정하는 과정을 거친다는 의미이다. 기계학습에 사용되는 데이터가 라벨링이

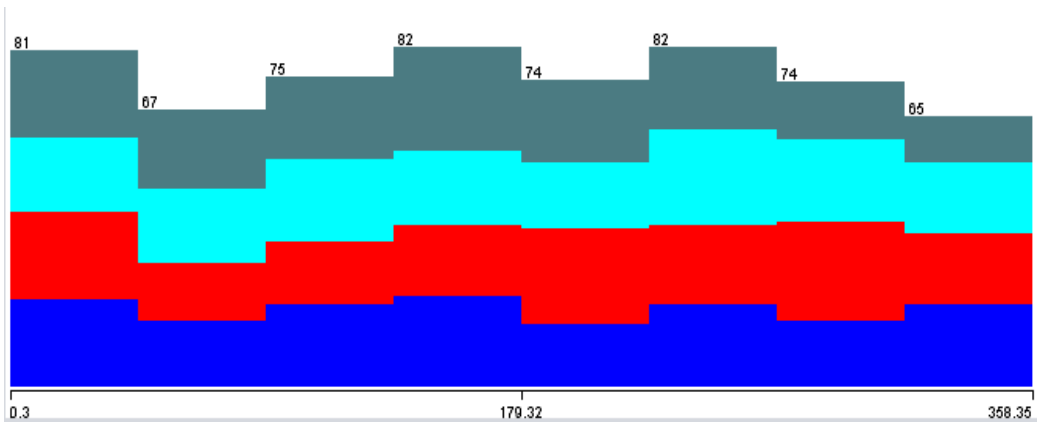


Fig. 3. Distribution Chart of 4 Directions Sensor Data.

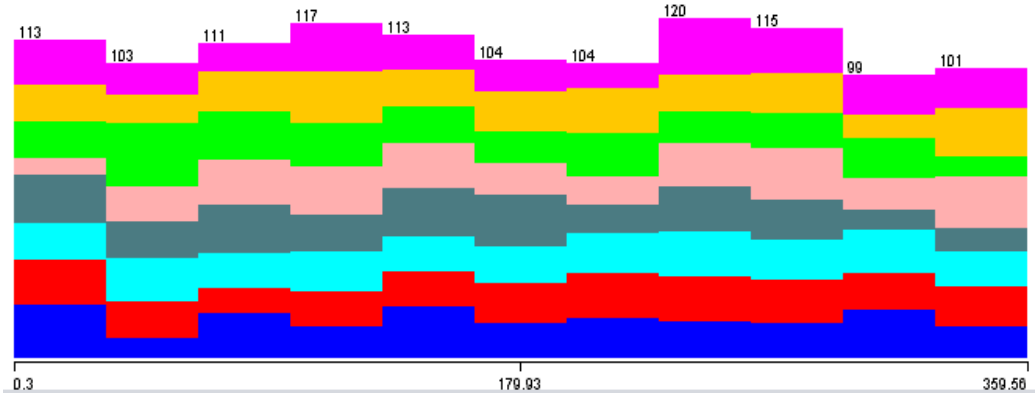


Fig. 5. Distribution Chart of 8 Directions Sensor Data.

되어 있지 않다면 각 층에서 서로 비교를 하며 유사도를 측정한다. 반면에 라벨링이 되어 있는 데이터는 분류기가 학습을 하여 자동으로 데이터를 분류하게 된다. Neural Network를 이용하면 각종 분류 및 군집화가 가능하기 때문에 움직임에 대한 분류를 위해 사용했다.

Fig. 6은 속성을 y, z 로 고정하고 은닉층의 노드 개수를 변경한 Neural Network의 그림이다. 은닉층의 노드가 2개 일 때와 3개일 때마다 결과로 나올 움직임의 경우의 수를 4 자유도와 8 자유도로 각각 지정하여 실험을 진행하였다. 속성을 x, y, z 3개로 지정한 Neural Network의 실험도 Fig. 6처럼 은닉층의 노드 수를 달리하여 진행하였다.

Decision Tree 기법과 Naive Bayesian 기법은 Weka 프로그램을 활용하여 데이터 마이닝을 진행하였다. Decision Tree는 데이터 마이닝 분석의 대표적인 방법으로 ‘의사 결정 트리’ 혹은 ‘결정나무’라고 불리기도 한다. 주어진 데이터를 분류하는 목적으로 사용되며 데이터 분석의 결과는 나무(Tree) 구조로 표현된다. 주로 하향식 기법이 사용되며 분류된 데이터 집합은 지니 불순도 수치로 평가된다. 지니 불순도는 집합에 이질적인 것이 얼마나 섞였는지를 추정하는 지표이며 식 (1)과 같다.

$$I_G(f) = \sum_{i=1}^m f_i(1 - f_i) = \sum_{i=1}^m (f_i - f_i^2) = \sum_{i=1}^m f_i - \sum_{i=1}^m f_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^m f_i^2 \quad (1)$$

어떠한 집합에서 무작위로 노드를 뽑아 라벨이 정확하진지 추정할 때 틀릴 확률을 의미한다. 집합에 있는 노드들이 모두 같다면 지니 불순도는 최소값 0을 가지고, 그 집합은 완전히 순수하다고 할 수 있다.

$f_i$ 는  $i$ 로 표시된 집합 안의 항목의 부분이다.

Naive Bayesian 기법은 속성들 사이의 독립을 가정하는 베이즈 정리를 적용한 확률 분류 기법의 일종이다. Naive Bayesian을 사용하는 이유는 기계 학습 환경에서 효율적으로 훈련될 수 있기 때문이다. Naive Bayesian은 조건부 확률 모델이며 분류될 인스턴스는 베이즈 정리와 조건부 확률을 이용한 식 (2)를 활용한다. 벡터 X는 (X1, X2. ... Xn)으로 표현되며, 이 벡터를 이용하여 k개의 가능한 확률적 결과 (클래스 결과)들을 할당한다.

$$p(C_k|\mathbf{x}) = \frac{p(C_k) p(\mathbf{x}|C_k)}{p(\mathbf{x})} \quad (2)$$

#### 4. 실험 결과

##### 4.1 실험 환경

실험에 사용된 PC와 스마트 폰의 성능은 Table 1과 같다. 기계학습 프로그램은 WEKA 3.8 버전을 사용하였다.

Table 1. Experimental Environment

CPU	INTEL(R) Core(TM) 2 Quad
HDD	298 GB
RAM	6.00 GB
OS(PC)	Windows 7
Device	Galaxy S4
OS	Android 4.4.2

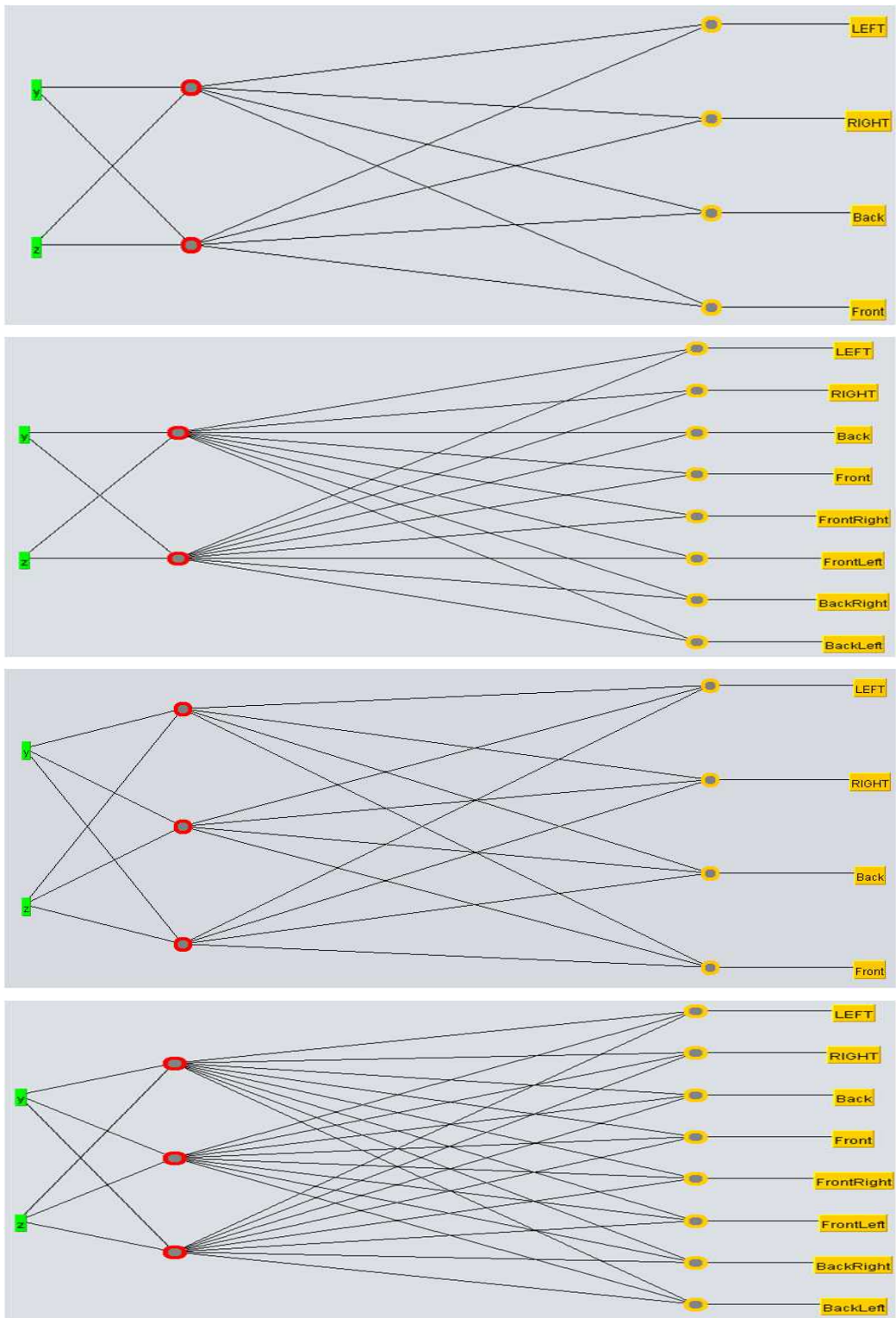


Fig. 6. Two Attributes Neural Network.

4.2 4 자유도 실험 결과

드론의 움직임을 4개의 자유도로 분류하여 실험한 기계학습의 결과는 Table 2와 같다. One-Rule 기법은 77.3%의 정확도를 나타냈고, Neural Network 기법은 은닉층의 노드를 3개로 지정하였을 때 94.2%의 정확도를 보였다. Decision Tree의 정확도는 90%, Naive Bayesian의 정확도는 97%였다. 그 이외의 기법에서는 정확도의 차이를 보이지 않았다. 4개 자유도 분류 기준에서 가장 높은 정확도를 보이는 것은 속성이 2개일 때의 Naive Bayesian 기법이며 다른 기법의 최고 정확도는 Fig. 7과 같다. 그러나 One Rule 기법을 제외하고는 상대적으로 90%가 넘는 높은 정확도를 보이고 있다. 따라서 4 자유도 보다 세세한 8 자유도 움직임 분류 실험을 진행하였다.

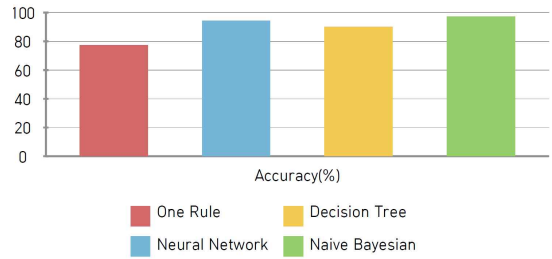


Fig. 7. Highest Accuracy of 4 Directions.

4.3 8 자유도 실험 결과

드론의 움직임을 8개의 자유도로 분류하여 실험한 기계학습의 결과는 Table 3과 같다. One-Rule 기법은 속성 3개일 때 44.1% 정확도를 보였다. Neural Network 기법은 은닉층의 노드가 2개일 때는 속성 개수에 무관하게 90.1%의 정확도를 보였다. 그러나 은닉층의 노드가 3개일 때는 속성 2개의 상황에서 속성 3개보다 0.2% 높은 91.4%의 정확도를 나타냈다. Decision Tree의 정확도는 83.4%, Naive Bayesian의 정확도는 93.1%이다. 8개 자유도 분류 기준에서 가장 높은 정확도를 보이는 것은 속성이 2개일 때의 Naive Bayesian 기법이며 다른 기법의 최고 정확도는 Fig. 8과 같다. One Rule 기법과 Decision Tree 기법을 제외하고는 90%가 넘는 정확도를 보이고 있다. 그러나 Naive Bayesian 기법의

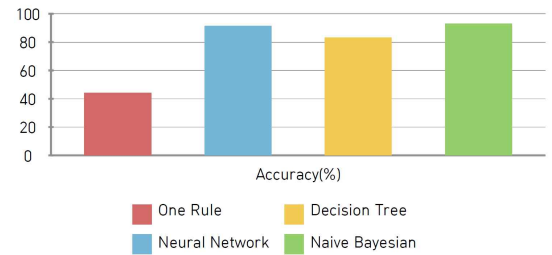


Fig. 8. Highest Accuracy of 8 Directions.

정확도가 Neural Network 기법의 최고 정확도보다 1.7%가량 높다. 최종적으로 Naive Bayesian 기법을 활용하여 센서 데이터를 기계학습 시키는 것이 높은 성능을 낼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 드론의 움직임에 따른 분류를 진행하여 자이로 센서 데이터를 기계학습 시키는 실험을 진행하였다. 4 자유도에서는 속성이 2개일 때의 Naive Bayesian 기법이 97.3%의 정확도로 가장 높았다. 실험을 통해 스마트 폰에 내재되어있는 자이로 센서를 활용하여 기울기 값의 변화에 따라 드론의

Table 2. 4 Direction's Accuracy of each Learning Method

	One Rule		Neural Network				Decision Tree		Naive Bayesian	
	H2	H3	H2	H3	H2	H3	H2	H3	H2	H3
Number of Attributes	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
Accuracy(%)	77.3	77.3	93.2	93.2	94.2	94.2	90	90.2	97	97.3

Table 3. 8 Direction's Accuracy of each Learning Method

	One Rule		Neural Network				Decision Tree		Naive Bayesian	
	H2	H3	H2	H3	H2	H3	H2	H3	H2	H3
Number of Attributes	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
Accuracy(%)	44.1	44	90.1	90.1	91.2	91.4	83	83.4	93	93.1

움직임과 매칭할 수 있음을 보였다. 그러나 자이로 센서의 값 중에서 방향을 나타내주는 속성은 정확도에 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

향후 연구계획으로는 드론의 움직임을 보다 세세하게 나누어 분류하여 실험을 진행할 계획이다. 또한 스마트폰에 내재되어있는 가속도 센서를 활용하여 드론의 속도와 관련된 실험을 진행할 것이다.

REFERENCE

[ 1 ] Y.S. Lee, E. Kim, and Y.S. Kim, "Trends in Development of Software and Algorithms for Drone Aircraft Controls," *Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 1-2, pp. 6-15, 2016.

[ 2 ] P.S. Shin, S.K. Kim, and J.M. Kim, "Intuitive Controller Based on G-Sensor for Flying Drone," *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 1, pp. 319-324, 2014.

[ 3 ] K. Han and K. Ko, "Car Driving Simulation Game using 3-axis Gyroscope Sensor," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 6, pp. 1089-1094, 2016.

[ 4 ] H.Y. Kim and J.K. Min, "Implementation of a Motion Capture System Using 3-axis Accelerometer," *Journal of Korean Institute of Information Sciences and Engineering Transactions on Computing Practices*, Vol. 17, No. 6, pp. 383-388, 2011.

[ 5 ] S.J. Kim, S.W. Na, Y.J. Park, and H.K. Jang, "Both Hands Drone Control Using Flex Sensor and G-Sensor," *Proceeding of Korean Institute of Information Sciences and Engineering Conference*, pp. 1404-1406, 2015.

[ 6 ] W.J. Jung, S.G. Choi, and J.H. Choi, "A Study on the Real-Time Smart Tracking Algorithm for Ground Monitoring by Air Drones," *Proceeding of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, pp. 194-195, 2015.

[ 7 ] E.H. Sun, T.H. Luat, D.Y. Kim, and Y.T. Kim, "A Study on the Image-Based Automatic

Flight Control of Mini Drone," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 25, No. 6, pp. 536-541, 2015.

[ 8 ] S.M. Lee, H.R. Jo, and S.M. Yoon, "Machine Learning Analysis for Human Behavior Recognition Based on 3-axis Acceleration Sensor," *Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol. 33, No. 11, pp. 65-70, 2016.

[ 9 ] C.H. Lee, "Artificial Intelligence : Improving the Classification Accuracy Using Unlabeled Data: A Naive Bayesian Case," *Journal of Korea Information Processing Society Transactions : Part B*, Vol. 13, No. 4, pp. 457-462, 2006.

[10] H.B. Choi, "An Artificial Neural Network for Local Library's Book Recommender System," *Journal of Korean Institute Of Information Technology*, Vol. 14, No. 9, pp. 109-118, 2016.



하 현 수

2016년 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 학사  
 2016년~현재 가톨릭대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 관심분야 : 소셜네트워크분석, 데이터베이스, 데이터마이닝, 정보검색



황 병 연

1986년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사  
 1989년 KAIST 전산학과 석사  
 1994년 KAIST 전산학과 박사  
 1994년~현재 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 교수

1999년~2000년 (美) 미네소타대학교 방문교수  
 2007년~2008년 (美) 캘리포니아주립대학교 방문교수  
 관심분야 : 소셜네트워크분석, 데이터베이스, 정보검색, 데이터마이닝