**졸업 프로젝트**

**구현보고서 (1차)**

-아두이노와 웹서버를 이용한 스마트홈 오토메이션-

고지혜 201311193

김예찬 201311200

1. **구현 내용**

1. 디비 설계

기존에 설계한 DB에는 사용자가 안드로이드 폰에서 보낸 명령들, 등록된 안드로이드 기기들을 저장할 테이블만 있었다. 사물들의 상태를 저장할 테이블이 필요하므로 status테이블을 새로 설계하였다.

스마트폰에서 보낸 명령들을 저장할 control테이블이다. Primary key인 num과 제어할 기계 이름인 cname, 제어 명령(기계를 On할 것인지, Off할 것인지 등)을 저장하는 corder, 날짜와 시간을 저장하는 date, 위도와 경도인 lat, lng, 마지막으로 명령을 보낸 스마트폰의 아이디를 저장할 aid칼럼이 있다.



<control 테이블>

현재 웹 서버에 등록된 안드로이드 기기들을 저장하는 registered 테이블이다. 아이디를 저장하는 aid칼럼이 있다.



<registered 테이블>

이번에 새로 설계한 사물들의 상태를 저장할 status테이블이다. Primary key인 num과 상태를 갖는 사물의 이름인 sname, 사물의 상태(0이면 off, 1이면 on 등)인 sstatus, 해당 상태로 바뀐 시간인 date가 있다.



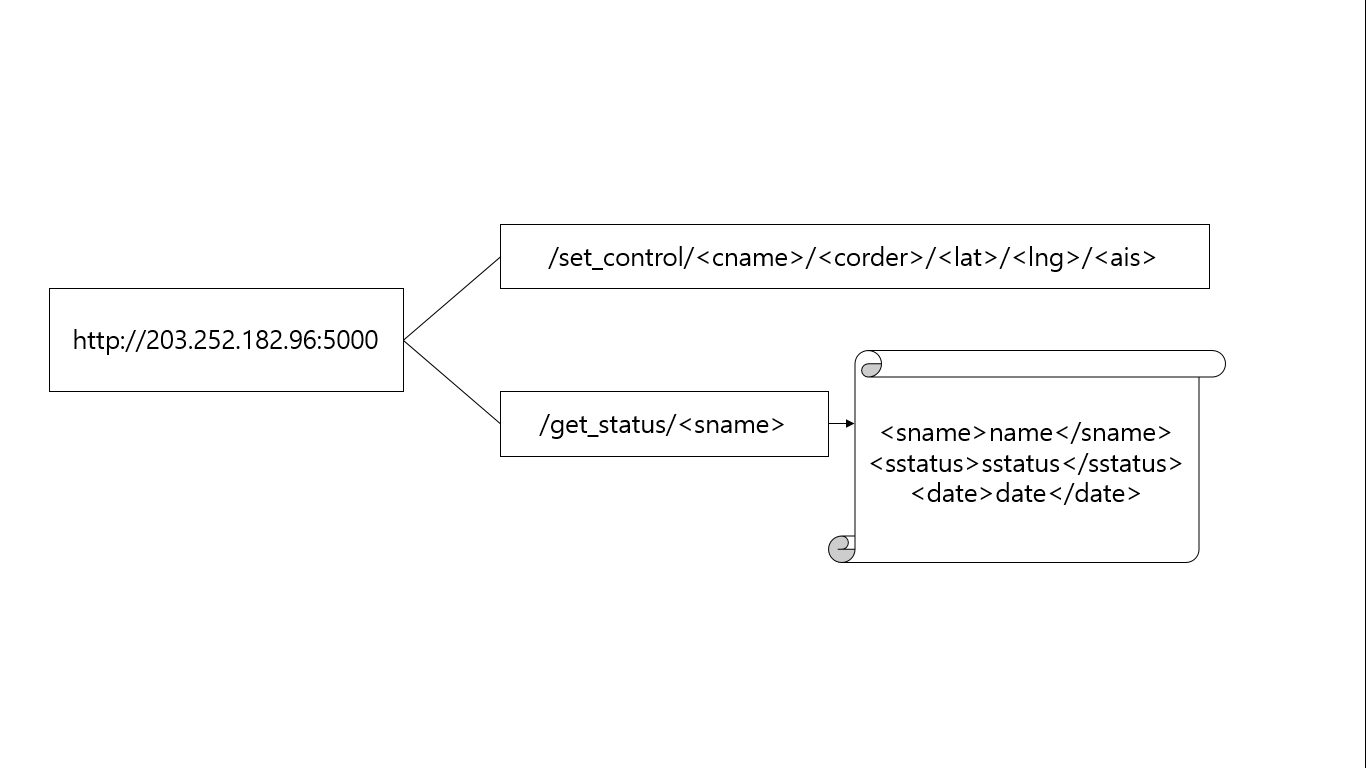
<status 테이블>

2. 파이썬 웹 서버 구축

효율적으로 패턴인식 알고리즘을 구현하기 위해 파이썬을 사용하는 것이 좋다는 점을 알게 되었다. 따라서 기존에 apmsetup을 사용하여 아파치 웹서버를 구축하였던 것을 파이썬을 통해 구축하기로 하였다.

웹서버 구축을 위해 사용한 파이썬 라이브러리는 Flask이다. Flask는 파이썬 기반의 마이크로 웹 프레임워크이다. 기존의 php파일들 없이도 동적 라우팅과 탬플릿 렌더링을 통해 예전의 웹서버와 동일하게 동작하는 웹서버를 구현하였다. 또한 pymysql을 사용하여 기존의 DB에 연결하였다.

Flask에서는 URL을 호출하면 Route Decorator를 통해 해당 URL에 맞는 동작을 하도록 할 수 있고, 동적인 변수를 사용할 수 있다. 아래가 바로 라우팅 목록이다.



1) @app.route('/set\_control/<cname>/<corder>/<lat>/<lng>/<aid>',methods=['GET','POST'])

안드로이드에서 보낸 명령을 DB에 저장한다. control테이블에 GET방식으로 받은 cname, corder, lat, lng, aid와 현재 시간을 생성하여 넣은 date를 삽입한다. 그 후 해당 명령을 웹소켓을 통해 중앙 아두이노로 데이터를 보낸다. (웹소켓 부분에서 자세히 설명)

2) @app.route('/get\_status/<sname>')

안드로이드에서 물건들의 상태를 알고 싶을 때 호출하므로, DB에서 해당 물건(sname)의 가장 최근 상태를 가져와 출력한다. 안드로이드에서는 출력된 텍스트를 파싱하여 상태를 알게 된다.

웹서버가 어느 IP주소에서, 어느 포트로 동작할지 정해주고, 해당 IP주소가 외부에서 볼 수 있도록 하기 위해 포트 포워딩을 해주었다.



3. 웹소켓

기존에 구현한 것에서 문제가 되었던 것이 pulling방식이었다. 중앙 아두이노에서 서버로 2초정도의 딜레이를 두고 계속해서 리퀘스트를 보내는 방식으로 명령을 가져왔었다. 따라서 불필요한 연결이 많았고 배터리도 빨리 닳았다.

HTTP프로토콜에서는 이렇게 요청이 있어야 웹 서버가 응답을 보내는 형식이기 때문에 TCP통신과 같이 서로 주고받는 통신이 어렵다. 이 점을 보완하기 위해 찾아낸 방식이 long polling방식과과 HTML5부터 지원되는 WebSocket방식이 있었는데, long polling은 지연시간이 있고 복잡하다는 단점이 있었고, WebSocket은 호환성 문제가 있었다. 최근에는 WebSocket을 지원하는 브라우저도 많고, 아두이노역시 WebSocket을 지원하기 때문에 WebSocket을 사용하기로 하였다.

1차로 구현해보았을 때에는 중앙 아두이노가 웹소켓 서버가 되고, 웹 서버가 웹소켓 클라이언트가 되어 안드로이드에서 명령을 보낼 때 호출되는 html페이지의 자바크스립트에서 웹소켓을 호출될 때마다 연결하여 명령을 전송하도록 구현하였다.

웹서버가 웹소켓 클라이언트가 되는 것도 이상하고, 연결이 유지되지 않는다는 점, 아두이노 ip에 외부에서 연결할 수 있도록 포트포워딩을 해줘야 한다는 점 등 문제점이 많았다. 따라서 웹 서버를 서버로 하고, 중앙 아두이노를 클라이언트로 하고 연결이 유지되는 시스템으로 다시 구현하였다.

3.1. 웹 서버측

웹소켓을 통해 통신하기 위해서는 웹소켓 통신 프로토콜을 따라야한다. 웹소켓은 다른 HTTP 요청과 마찬가지로 80번 포트를 통해 웹 서버에 연결한다. 다른 점은 Upgrade 헤더를 추가하여 웹 서버에 요청한다.

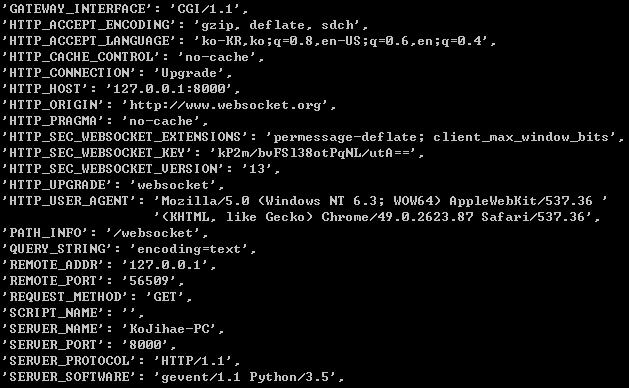


클라이언트는 "Upgrade: WebSocket" 헤더 등과 함께 랜덤 하게 생성한 키를 서버에 보낸다. 웹 서버는 이 키를 바탕으로 암호화와 인코딩 과정을 거쳐 토큰을 생성한 후 클라이언트에 돌려준다. 이런 과정으로 WebSocket 핸드쉐이킹이 이루어진다.

그 뒤 Protocol Overhead 방식으로 웹 서버와 클라이언트가 데이터를 주고 받는다. 이 방식은 여러 TCP 커넥션을 생성하지 않고 하나의 80번 포트 TCP 커넥션을 이용하고, 별도의 헤더 등으로 논리적인 데이터 흐름 단위를 이용하여 여러 개의 연결을 맺는 효과를 내는 방식이다. 스마트홈 서비스에서는 서버와 중앙 아두이노와만 연결을 맺으므로 크게 상관이 없을 것으로 보인다.

파이썬에서 Flask와 함께 구동될 수 있는 웹소켓 서버를 구현하기 위해 WSGI인 gevent.pywsgi와 geventwebsocket라이브러리를 사용하였다. 이 라이브러리가 데이터 타입 등으로 인해 Python3에서 제대로 사용될 수 없었기 때문에 해당 라이브러리의 파일들을 수정하여 사용하였다.

서버를 구동시키면 클라이언트로부터 받는 요청은 다음과 같다.



PATH\_INFO, 즉 URL에 따라 서버가 하는 일이 달라지므로 그에 따른 조건문을 구현하였다. 먼저 PATH\_INFO를 ‘/’을 기준으로 나누어 URL을 분리하였다.

1) if path == "/":

중앙 아두이노가 WebSocket에 연결을 시도하는 url이다. 먼저 전역 변수에 웹소켓을 저장하고 웹소켓에서 일어나는 이벤트를 관장하는 handle\_websocket함수를 호출한다.

2) elif path == "set\_control":

안드로이드 기기에서 명령을 보낼 때 사용하는 url이다. 웹소켓을 통해 중앙아두이노로 명령 메시지(“제어할 사물이름/제어명령 번호”)를 보낸다.

웹소켓을 이벤트를 관장하는 handle\_websocket함수는 메시지 프로토콜을 정의한 후 구현 예정이다. 우선적으로 구현된 것은 웹소켓에서 받은 메시지가 파이썬에서 바이트로 저장이 되어 b’...’의 형태로 저장이 된다. 따라서 받은 메시지에서 message = message[2:-1]로 b’’를 없애준다.

3.2. 중앙 아두이노측

중앙 아두이노는 인터넷에 연결되어 있어야 하기 때문에 이더넷 쉴드를 적층시켰다. 이더넷 쉴드는 아두이노 보드를 인터넷에 연결할 수 있게 해준다.



중앙 아두이노는 웹소켓 클라이언트가 된다. 아두이노 웹소켓 라이브러리는 꽤 있었지만, 공식적으로 제공하는 것은 없었다. 또한 최근의 웹소켓 프로토콜에 맞추어 최근까지 수정, 보완하는 웹소켓 라이브러리는 없었다. 따라서 일정부분 수정하여 사용하였다.

아두이노가 처음 시작할 때 호출되는 함수인 setup()에서 이더넷 연결을 시작하고, 웹소켓 연결을 시작하였다. 웹소켓에서 이벤트가 일어날 때 호출할 함수도 등록하였다.

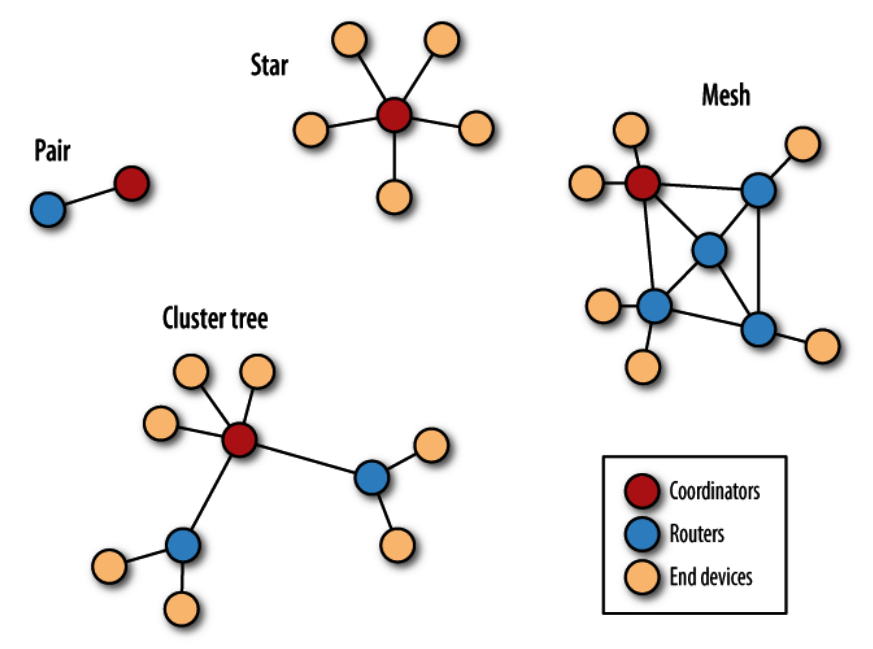
아두이노의 기본 함수인 loop()에서는 서브 아두이노가 보내는 데이터가 있으면 받는 함수를 호출하고, 웹소켓을 유지하는 webSocket.loop()를 호출한다.

웹소켓 클라이언트에서는 웹소켓 이벤트에 따른 함수를 정의할 수 있다. 웹소켓이 연결 되었을 때, 웹소켓 연결이 끊어졌을 때, 웹소켓으로부터 데이터가 들어왔을 때이다. 웹소켓으로부터 데이터가 들어왔을 때 들어온 데이터는 사물 제어 명령이므로 바로 Xbee를 통해 명령을 서브아두이노로 송신하도록 하였다.

4. Xbee

4.1 Xbee 모듈 설정

Xbee간의 코딩을 하기 위해선 Xbee 쉴드에 올라가는 Xbee 모듈들을 설정을 해주어야 한다. 즉, 보드에 올라가는 Xbee 모듈이 통신에 있어서 어떠한 역할을 할 것 인지를 설정해주어야 하는데 일반적인 Xbee 네트워크 형태는 아래와 같다.

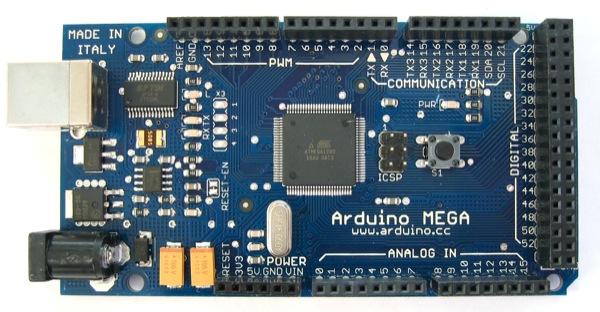


본 프로젝트에서는 이더넷 기능을 하는 중앙 아두이노에서 다른 서브 아두이노와 통신을 하는 것이기 때문에 Star 형태의 네트워크를 갖도록 중앙 아두이노는 Coordinator로 나머지 서브 아두이노는 End device로 설정하기 위해서 각각의 모듈의 Channel , PIN 코드, 통신속도와 목적을 설정하였다.

4.2 Xbee 통신

아두이노에서는 다른 아두이노와 통신을 할 때 시리얼을 이용한 통신을 사용하고, 이 시리얼 통신은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 하드웨어 시리얼이고 다른 하나는 소프트웨어 시리얼이다. 시리얼 통신의 경우 비 동기 전송방식을 취하기 때문에 ‘수신 버퍼’ 라는 공간과 그에 따른 제어가 필요하다. 하드웨어 시리얼은 이에 대한 하드웨어가 준비되어 있기 때문에 시스템에 영향을 주지 않고 안정적으로 수신이 가능하다. 반면 소프트웨어 시리얼의 경우엔 시스템의 자원을 할당해서 시리얼 통신이 들어오는지, 또 시리얼 통신이 들어왔다면 이것을 따로 지정한 버퍼에 저장하는 과정 등을 수행하게 된다. 따라서 소프트웨어 방식은 하드웨어 방식과 비교해서 안정성, 효율성 등이 매우 떨어지게 된다.

아두이노의 보드 종류는 다양한데, 본 프로젝트에서는 아두이노 MEGA 2560(이하 메가)을 사용하였다. 메가는 다른 아두이노와 시리얼 통신이 가능하도록 시리얼 포트가 0번에서 3번까지 제공이 된다. 우리는 위에서 언급한 소프트웨어 방식의 단점을 생각하여 하드웨어 방식을 사용하였고, 3번 포트를 중앙 아두이노를 기준으로 송신하는 포트로 사용하였고, 수신하는 포트로는 2번 포트를 사용하였다.

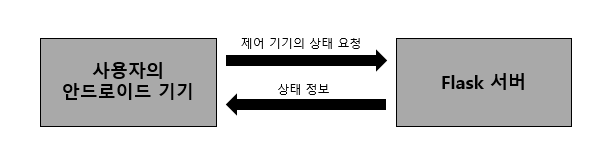


< 아두이노 MEGA >

이에 대한 모듈 테스트는 간단하게 아두이노 보드 3개 (중앙 아두이노,2개의 서브 아두이노) 로 구현하였다. 중앙 아두이노에서 이더넷 쉴드를 통해서 서버로부터 읽은 데이터를 String 타입으로 / 로 나눠서 Serial 3 번 포트로 Xbee 모듈에 전달 하였다. 그러면 Xbee 모듈에 저장된 목적지 주소로 데이터를 전송하게 되고, 서브 아두이노에서는 전달 받은 String 타입의 데이터를 읽고 String 을 ‘/’ 로 분할하여, 제어 명령과 제어 기기를 구분하도록 하였다. 그리고 제어 명령에 따라서 8번 포트에 연결되어 있는 led를 digitalWrite하였다.

5. 제어 기기의 상태 확인

사용자의 안드로이드 기기를 이용해서 사물들의 상태를 확인할 수 있다. 현재 이 부분에 대해서는 사용자의 안드로이드 기기에서 제어할 사물의 상태를 확인할 수 있도록 구현된 Flask의 라우트로 기기명을 네트워크 작업을 하는 Thread를 통해 GET방식으로 전송을 한다. Flask 서버는 기기명을 받고 해당 기기에 대한 상태를 저장하 데이터베이스 테이블(Status)에 SELECT 쿼리를 보내어 현재 상태를 받아온다. 그 상태를 라우트 함수에서 XML형태로 반환을 하고, 반환된 XML형태의 데이터를 사용자의 안드로이드 기기에서 파싱을 하고 파싱된 데이터를 사용자의 화면에 보여주도록 하였다.



안드로이드 앱에서의 상태보여주기 창은 각 사물에 대한 정보를 가지고 있는 thread를 만든 후, 각 thread에 대해서 서버에 사물의 상태에 대한 정보를 요청하여 얻은 정보(사물의 상태, 가장 최근에 상태를 변경한 시간)를 액티비티에 수직적으로 보여주도록 하였다.



6. 사용자의 패턴 분석 (자동 제어)

서버는 사용자의 안드로이드 기기를 이용한 원거리와 직접 제어에 대한 기록(제어 시간, 사용자의 위치, 현재 집의 온도 등)을 데이터베이스에 저장을 한다. 그리고 서버에서는 이 기록들을 이용하여 에어컨에 대한 제어에서 사용자의 패턴을 추출하여 사용자에게 맞춤화된 서비스를 제공한다.

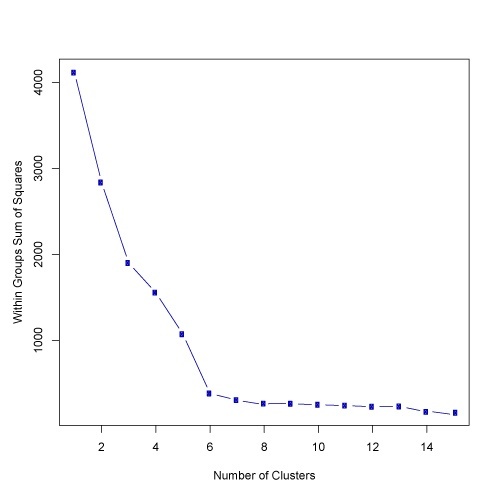
에어컨 제어에 대해서 사용자의 패턴을 뽑을 수 있는 특징(feature)으로는 사용자가 어떠한 시간대에 에어컨 제어를 몇번했는지에 대한 시간대별 에어컨 제어 데이터와 에어컨을 제어했을 때의 집의 온도 그리고 원거리 제어시 사용자의 제어 위치가 있다.

이를 이용한 패턴으로는 사용자가 에어컨을 제어했을 때의 온도에 대해서 생각해볼 수있다. 이 데이터들에 대한 분포는 특정 온도에 대해서 사용자가 반응할 수 있으므로 ‘한곳에 집중되어 분포되어 있을 것이다’라고 가정을 하여 모델링을 하였다. 이를 위하여 온도에 대한 적절한 확률 분포를 Exponential Family(Poisson, Gaussian, Laplace) 중에서 하나로 가정하고, python에서 제공하는 scipy.stats 라이브러리를 이용하여 구현한다. 이렇게 가정한 분포를 이용해서 분포의 평균에 해당하는 파라미터 값의 확률값과 데이터 개수를 threshold하여 데이터베이스에 저장한다. 그리고 아두이노 센서로부터 얻은 값이 해당 온도가 되었을 때 사용자의 자동 제어 설정이 활성화되었디면, 자동으로 제어를 하도록 서버에 요청을 보낸다.

다음 패턴으로는 사용자가 원거리 제어를 할 때의 위치를 생각해 볼 수 있다. 이에 대한 패턴은 온도와는 다르게 어느 한곳에 집중적으로 분포하기 보다는 한 곳 이상에서 집중적으로 분포할 수 있다.(예를 들면 집앞 지하철, 회사) 그렇기 때문에 이 패턴에 대해서는 확률 분포를 가정하기 보다는 클러스터링 알고리즘을 적용하였다. 클러스터링 알고리즘도 종류가 있는데, 여기서는 거리 기반 클러스터링을 하기 위해서 k-means clustering을 선택하였다.

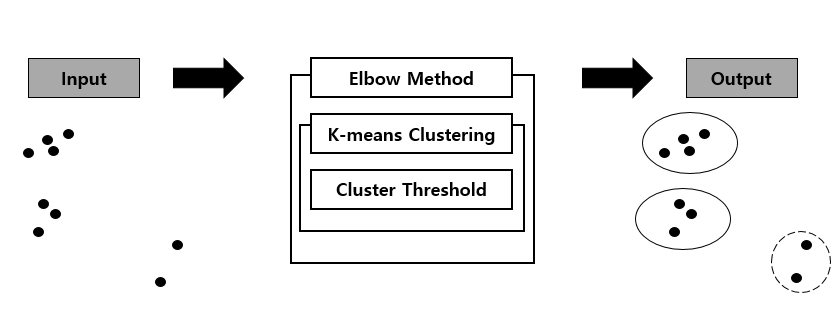
이 알고리즘에선 입력으로 데이터와 K, 즉 클러스터의 개수를 미리 정해줘야 하는데, 최적화 된 클러스터의 개수를 입력으로 주기 위해 Elbow Method를 이용하였다. Elbow Method의 방법은 클러스터의 개수 k값에 대한 SSE(Sum of Squared Error)를 구한 다음 이 Error가 가장 크게 변할 때(Elbow effect)의 k값을 찾는 것이다. 그래서 k값을 작은 값부터 증가시키면서 각 클러스터에 대한 SSE의 합을 구하고 변화율을 구한 후에 가장 크게 변한 구간을 찾음으로서 K값을 정하였다.





< K = 6이 최적일 때의 Elbow Method >

이 알고리즘을 이용하여 데이터들을 클러스터링 한 후에 출력값으로 얻은 클러스터들의 표준편차 및 분산을 이용하여 클러스터의 크기를 확인을 하고, 이것도 마찬가지로 데이터의 개수와 각 클러스터의 표준편차를 이용하여 threshold하여 클러스터를 구분한다.



< 알고리즘 구성도 >

이 과정을 통해 나온 출력 클러스터의 mean에 해당하는 위치를 사용자의 안드로이드 기기에 전송을 하고 안드로이드 기기에서는 이 값을 내부 데이터베이스에 저장을 한다. 그리고 사용자가 해당 위치 부근에 도착했을 때 사용자의 자동 제어 설정이 활성화되었디면, 자동으로 제어를 하도록 서버에 요청을 보낸다.

7. 집 프로토타입 구현 (모터, LED와 센서 이용)

아두이노를 이용하여 원거리 제어 스마트홈을 구현하기 위해서, 모터 드라이버와 LED 그리고 센서(GPS, 온도)를 이용하여 스마트홈의 프로토타입을 구현하였다.

에어컨 기능을 하도록 모터와 프로펠러를 결합하여 기기를 구현하였고, 모터 드라이버와 바퀴를 결합하여 자동 창문을 구현하였다. 그리고 조명의 기능을 하도록 LED와 사용자의 안드로이드 기기에서 집 상태를 알 수 있도록 센서(GPS, 온도)를 설치하였다.

1. **개선할 부분**

1. 상태 보기 및 알림

현재 사물의 상태가 바뀌게 되면 서브 아두이노가 그 상태를 중앙 아두이노로 전송하고, 다시 중앙 아두이노가 웹서버에 전송하여 DB에 저장한다. 안드로이드가 사물의 상태를 보고자 하면 DB에 있는 가장 최근의 상태를 가져온다.

상태들 중에서는 현재 온도도 있는데, 온도는 On/Off로 상태가 나뉘는 것이 아니고 실시간으로 조금씩 변한다. 그 때마다 상태를 넣게 되면 DB에 너무 많은 데이터가 저장된다. 그렇다고 몇 번에 한번씩 저장하기에는 바로 그 순간의 상태를 사용자가 가져올 수 없게 된다.

따라서 온도의 경우 사용자가 상태를 보고자 할 때 그 요청을 중앙 아두이노를 통해 서브 아두이노로 보내어 그 순간의 온도 값을 가져옴과 동시에 DB에 저장하는 방식으로 구현할 예정이다.

또한 상태들 중에 창문의 상태도 있는데, 이는 방범용으로 사용하기 위하여 자석 센서로 구현하려고 한다. 이런 경우엔 사용자가 상태 보기를 하지 않아도 자동으로 알려주는 것이 방범용 취지에 맞다. 그러므로 창문 상태의 경우 사용자의 안드로이드 폰으로 푸시알림을 주는 방식으로 구현하기로 하였다. GCM(Google Cloud Messaging)서비스를 이용하여 구현할 예정이다.

2. 프로토콜 필요성

기존에 중앙 아두이노가 서브 아두이노에서 받은 상태 데이터를 서버로 보낼 때 "GET /set\_status/"+sname+"/"+sstatus+" HTTP/1.0"의 쿼리를 서버로 보내었다. 웹소켓을 통해 통신을 하게 되므로 더 이상 중앙 아두이노가 이러한 HTTP 리퀘스트를 통해 페이지를 요청하는 방식으로 웹서버로 데이터를 송신할 필요가 없다. 대신 계속 연결이 유지되고 있는 웹소켓을 통하여 사물의 상태 정보를 웹서버로 보내기로 하였다.

위에서 언급했듯이 온도의 경우엔 사용자가 상태를 보고자 할 때 웹서버에서 그 요청을 중앙 아두이노로 웹소켓을 통해 보내게 된다. 이렇게 되면 중앙 아두이노가 서브 아두이노로 전송하는 것이 원래는 명령 메시지 하나였지만, 상태요청 메시지도 보내게 된다.

즉 웹소켓을 통해 주고받게 되는 메시지가 많아지므로 메시지 프로토콜 정의가 필요하다.

3. 사용자의 패턴 분석

k-means clustering은 클러스터링을 만드는 과정에서 centroid(클러스터의 중심)값을 평균값을 선택하기 때문에 outlier 혹은 noise에 취약하다. 이 부분에 대해서는 평균값이 아닌 중간값을 선택하는 k-medians을 구현함으로서 개선을 하려고 한다. 또한 현재 패턴에 대한 분석은 순수하게 사용자의 순수한 제어기록을 바탕으로 하는데, 여기에 사용자에 대한 기본정보(출퇴근 시간, 직장 위치)등을 서비스 전에 입력을 받아 좀 더 정확한 패턴을 계산하도록 개선하려고 한다.

4. 데이터베이스 설계 수정

위의 개선사항들을 반영하여 데이터베이스 테이블들을 그에 맞게 수정할 예정이다.