

과학 탐구 학습에 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용하는 과정에서 나타나는 어려움 연구

가석현, 차현정, 박창미, 김찬종

서울대학교 과학교육과

참과학탐구 vs 단순 학교 과학 탐구

참과학탐구는 단순 학교 과학 탐구와 어떻게 다른가? (Chinn, Mahotra, 2002)

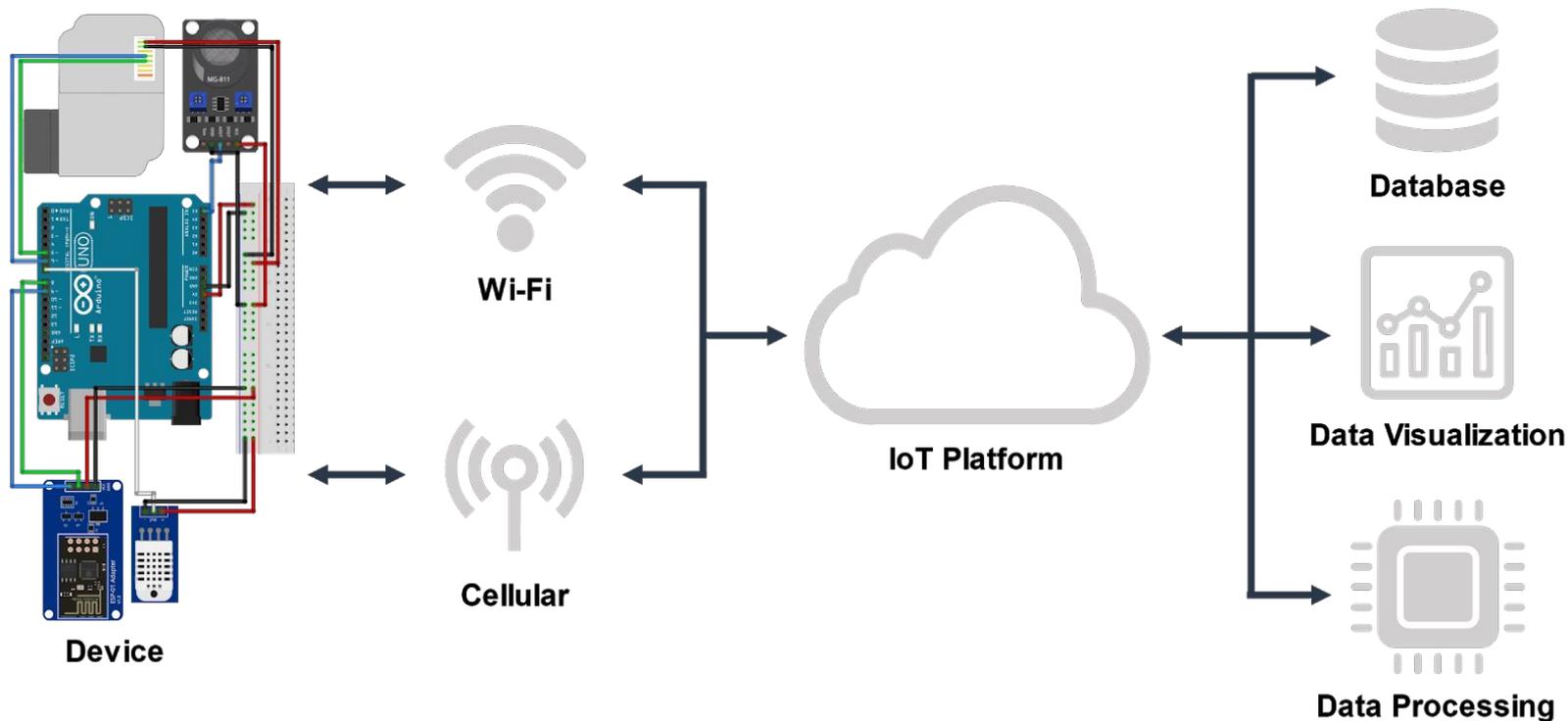
- 학생들이 연구 문제를 직접 도출
- 연구 문제를 해결하기 위한 복잡한 과정을 직접 고안
- 고안한 과정을 직접 수행
- 자신의 얻은 데이터를 직접 분석
- 분석 결과를 직접 해석하여 결론 도출
- 의사소통 추가



참과학탐구를 어렵게 하는 탐구 과정에서의 문제점 (Ga, Cha, Kim, 2021)

- 
- 여러 대상을 측정할 수 있는 다양한 측정 도구가 학교에 없다.
ex) CO₂, NO₂, TVOC, pH, 습도, 기압 등...
 - 학생이 고안한 탐구에 구비한 측정 도구가 적합하지 않을 수 있다.
ex) 24시간 동안의 CO₂ 변화를 측정, but 버튼을 눌러줄때마다 측정하는 CO₂ 측정기

피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷을 이용한 과학 탐구

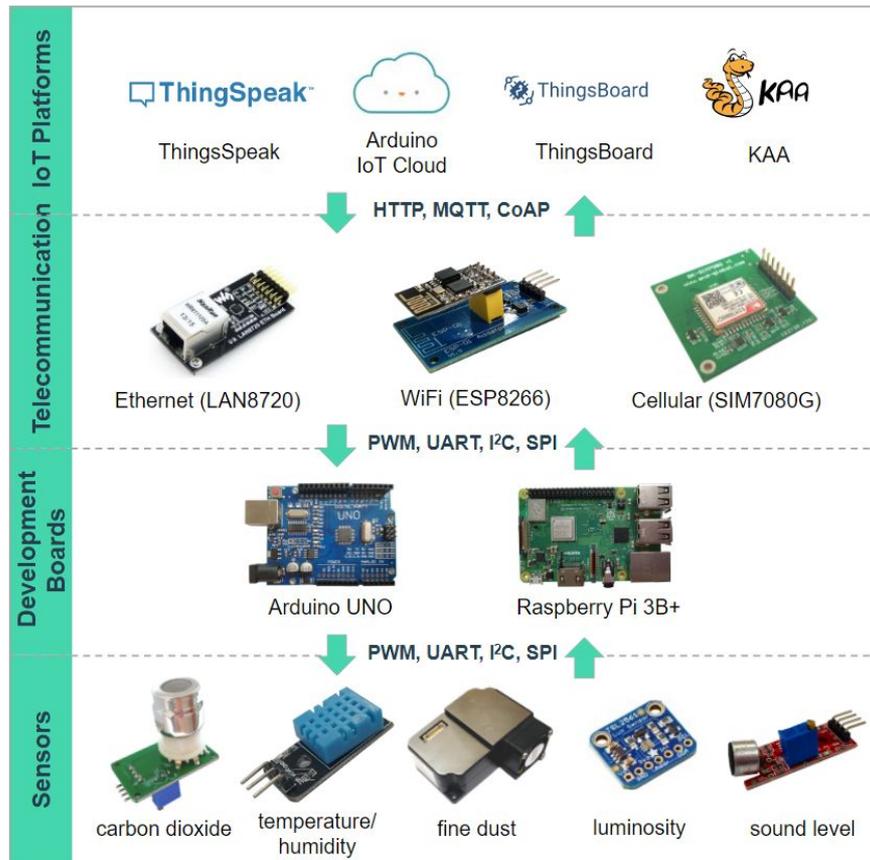


다양한 센서를 통해 측정

모바일 통신으로 전달

IoT 플랫폼을 이용한 데이터 저장, 가시화, 분석

피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷을 이용한 과학 탐구



피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷을 이용한 과학 탐구



피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷을 이용한 과학 탐구

새로운 ICT 기술을 교육에 적용시키는 것은 번번히
실패해왔고, 세상의 변화와 달리 학교는 아직 과거의 모습에
머물러 있다.

ICT 기술 적용을 막는 장벽

- 실패 경험
- 모르는 것에 대한 두려움
- 고장난채 방치된 기자재
- 부족한 기술 지원

(Mansour, Steve, 2016; Khalid, 2017)



ICT 기술이 교실에 동화되기 위해서는 기술적 어려움에 대한 연구가 필요



연구 문제



- (1) **피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 과학 탐구에 적용하는 과정에서 교사와 학생이 겪는 기술적 어려움은 무엇인가?**
- (2) **피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 과학 탐구에 적용하는 과정에서 기술적 어려움을 최소화 하기 위한 해결 방안은 무엇인가?**

연구 설계

대학교 2, 3학년 예비교사 5명을 대상으로 8주간의 **사물 인터넷, 피지컬 컴퓨팅을 이용한 과학탐구 연수 프로그램**을 운영



주차	차시	수업 내용
1주차	1차시	· 피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷의 개념 · 아두이노 보드의 구조 · 오토데스크 아두이노 썬킷으로 회로 만들기
	2차시	· 디지털 신호와 아날로그 신호 · 저항과 브레드 보드 · 시리얼 모니터
	3차시	· 디지털 입출력 (LED, 버튼, PIR센서 등)
2주차	4차시	· 아날로그 입출력 (가변 저항 / 조도, 온도 센서)
	5차시	· 펄스폭 변조의 원리(PWM) · 아날로그 입출력
	6차시	· 함수의 정의 · 아두이노 라이브러리 사용하기
3주차	7차시	· IoT의 개념 · 센서와 액추에이터
	8차시	· WiFi(ESP-01S) 통신모듈의 이용
	9차시	· Thingsboard Platform의 이용
4주차	10차시	· Thingsboard 실습 - 온습도를 측정해서 IoT 플랫폼으로 전송 - IoT 플랫폼으로 데이터 분석
	11차시	
	12차시	· 다양한 센서 실습 - 웹에서 라이브러리 찾기 - 새로운 코드를 기존 코드와 통합시키기 - 미세먼지, 이산화 탄소, 조도, 온습도 등 새로운 센서를 직접 코딩하기
5주차		· 과학탐구 프로젝트 설계
6~8주차		· 데이터 수집 및 분석 등

연구 방법

(1) 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 과학 탐구에 적용하는 과정에서 나타나는 기술적 어려움은 무엇인가?



자료 분석을 통한 '어려움' 사례 추출
(연구 노트, 비디오, 인터뷰)



범주화 및 교차 검증



최종 어려움 리스트 산출

연구 결과 기술적 어려움

구분	어려움	예시
Selection	적절한 ICT 기술의 선정 문제 (개발 보드, 센서, 통신, IoT 플랫폼 등)	<ul style="list-style-type: none"> • 아두이노, 라즈베리파이, 마이크로비트를 비교하여 아두이노를 선택 • (아두이노 우노⇒아두이노 메가⇒Wemos R1 D32⇒아두이노 우노) • 미세먼지 센서로 ZPH01을 사용하다가 ZH03B로 변경 • Arduino IoT, Thingspeak, Kaa, ThingsBoard 등을 비교하여 Thingsboard를 선택
Reliability	저비용 센서로 부터 수집된 데이터의 신뢰성 문제	<ul style="list-style-type: none"> • MG811 센서의 심한 출렁임(fluctuation) • 때때로 400ppm만 반환하는 MH-Z19B 센서
Credibility	인터넷을 통해 수집한 정보들의 신뢰성 문제	
Complexity	기술 문제의 복잡성	<ul style="list-style-type: none"> • ESP01 와이파이 모듈의 오작동 - SSID/PW 오타, baud rate, 배선, 물리적 고장 등 • WiFi : SSID, WPA2-Enterprise, 2.4GHz/5GHz, 802.11n, 채널 • LTE: SIM, NB-IoT/Cat M1/Cat1, APN, PLMN
Language	인터넷 정보 수집에서의 언어 장벽	<ul style="list-style-type: none"> • Air720 LTE모듈의 매뉴얼은 국문 정보가 없으며, 영문 자료도 제한적이었다.
Regulation	법, 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 학교 규정: ESP01 모듈은 WPA2-Enterprise를 미지원. 학교는 규정상 WPA2-Personal이 불가 • 관세법: 관세 감면 신청 (학술연구용품 면감세) • 전안법/전파법: 수입품에 대한 안전인증이나 적합성평가 • 관행: 행정 조직의 해외결제 기피

위 어려움은 상호독립적(mutually independent)이지 않다.

연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

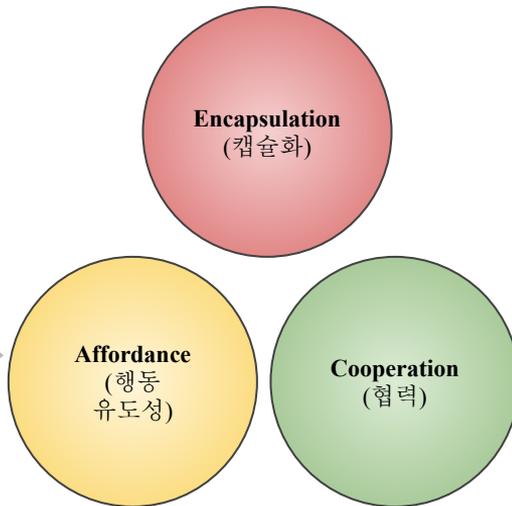
(2) 기술적 어려움을 최소화 하기 위해서는 어떻게 해야 하는가?



산출된 최종 어려움 리스트



해결방안 논의



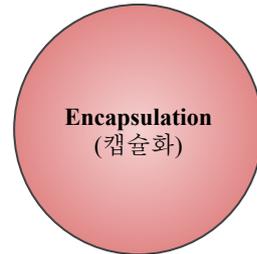
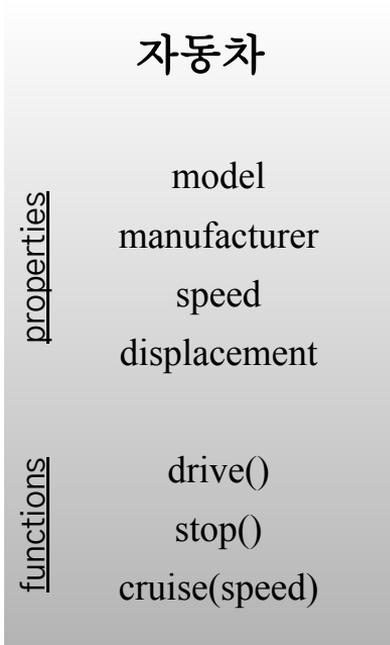
해결책 도출





연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

자동차의 캡슐화



연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

LTE 모듈(SIM7080G)의 캡슐화 사례

Encapsulation
(캡슐화)

AT Command

Arduino C/C++ 라이브러리 코드

```
AT+CNACT=0,1
```

```
OK
```

```
+APP PDP: 0,ACTIVE
```

```
AT+SMCONF="URL", "thingsboard.aphese.kr", "1883"
```

```
OK
```

```
AT+SMCONF="USERNAME", "5Lk9ras2PyHLjaC4iS62"
```

```
OK
```

```
AT+SMCONF="KEEPTIME", 60
```

```
OK
```

```
AT+SMCONN
```

```
OK
```

```
AT+SMPUB="v1/devices/me/telemetry", 59,1,1
```

```
> {"MH-Z19B_CO2": "400", "DHT11_T": "32.00",  
"DHT11_H": "85.00"}
```

```
OK
```

```
bool SIM7080::conNet(uint16_t timeout = 2000) {  
    if (sendATcommand("AT+CNACT=0,1", timeout)==1) {  
        delay(1000); return true;}  
    else return false;  
}
```

```
bool SIM7080::conMQTT(char* host, char* port, char* token,  
    uint16_t timeout = 2000, uint16_t keeptime = 60) {  
    char cmdbuf[50];  
    sprintf_P(cmdbuf, (const char  
        *)F("AT+SMCONF=\\"URL\\", \\"%s\\", \\"%s\\""), host, port);  
    sendATcommand(cmdbuf);  
    sprintf_P(cmdbuf, (const char  
        *)F("AT+SMCONF=\\"USERNAME\\", \\"%s\\""), token);  
    sendATcommand(cmdbuf);  
    sprintf_P(cmdbuf, (const char  
        *)F("AT+SMCONF=\\"KEEPTIME\\", %u"), keeptime);  
    sendATcommand(cmdbuf);  
    if (sendATcommand("AT+SMCONN", timeout)==1) return true;  
    else return false;  
}
```

```
bool SIM7080::sendMQTT(char* url, char* value, unsigned int  
    timeout = 2000) {  
    char Answer[20], char cmdbuf[100];  
    sprintf_P(cmdbuf, (const char  
        *)F("AT+SMPUB=\\"%s\\", %d, 1, 1\r\n"), url, strlen(value));  
    sendATcommand(cmdbuf, 100000, Answer);  
    if (sendATcommand(value, timeout)==1) return true;  
    else return false;  
}
```

```
bool SIM7080::sendATcommand(char* ATcommand,  
    uint16_t timeout = 1000, char* Answer =  
    nullptr)  
{  
    char response[300];  
    uint8_t x=0;  
    unsigned long start_time = millis();  
  
    SIM_Serial->println(ATcommand);  
    do {  
        if (SIM_Serial->available() != 0) {  
            response[x++] = SIM_Serial->read();  
            response[x]='\0';  
            if (strstr(response, "OK")) {  
                if (Answer != nullptr)  
                    strcpy(Answer, response);  
                return 1;  
            }  
            else if (strstr(response, "ERROR")) {  
                if (Answer != nullptr)  
                    strcpy(Answer, response);  
                return 0;  
            }  
            else if (strstr(response, "\r\n>")) return  
                1;  
        }  
    } while (((millis() - start_time) < timeout));  
    if (Answer != nullptr) strcpy(Answer, "No  
    Response");  
    return 0;  
}
```

연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

Encapsulation
(캡슐화)

LTE 모듈(SIM7080G)의 캡슐화 사례

Arduino C/C++ 코드

```
SoftwareSerial SIM_Serial(3, 4);
SIM7080 = new sim7080(&SIM_Serial);

void setup() {
  sim7080.conNet();
  sim7080.conMQTT("thingsboard.aphese.kr", "1883",
    "5Lk9ras2PyHLjaC4iS62");
}

void loop() {
  char cmdStr[100];

  // MQTT 포트를 통해 IoT Platform으로 전송
  sim7080.sendMQTT("v1/devices/me/telemetry", "{\"MH-Z19B_CO2\": \"400\", \"DHT11_T\": \"32.00\", \"DHT11_H\": \"85.00\"}");
  delay(5000);
}
```

mBlock5 코드

arduino Mega2560 가 켜지면

LTE(SIM7080) 초기화: RX= D3 (Uno) ,

TX= D4 (Uno/Mega/Leo) ,

PWR= D2 (Uno/Mega/Leo) ▾

TB 플랫폼 설정: 서버= thingsboard.aphese.kr ,

포트(MQTT)= 1883 ,

토큰= 5Lk9ras2PyHLjaC4iS62

계속 반복하기

데이터 전송: 이름1= MH-Z19B_CO2 , 값1= 400 ,

이름2= DHT11_T , 값2= 32.00 ,

이름3= DHT11_H , 값3= 85.00

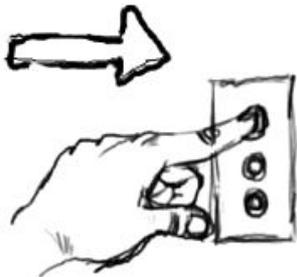
- 과학교사의 역할: 캡슐화된 아두이노 라이브러리 또는 mBlock의 확장 블록을 이용할 줄만 알면 된다.

연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

Affordance
(행동
유도성)

행동 유도성(affordance)

어포던스는 행위유발성을 의미하는 용어로, 객체와 주체간의 상호작용에 의해 객체가 주체에게 행위를 유발하게 하는 속성을 의미 (Gibson, 1979)



Button - Push



Switch - Flip



Knob - Rotate

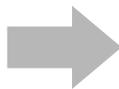
연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

드롭다운 박스로 핀번호를 제한한 mBlock5 확장 블록의 디자인

Affordance
(행동
유도성)



변경전



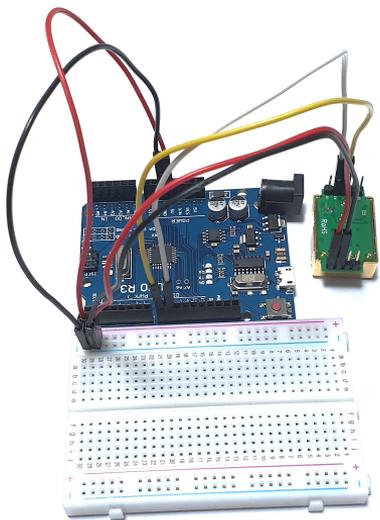
변경후

[전] 센서를 잘못된 핀번호에 꼽아서 통신 불가

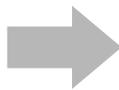
[후] 블록 코딩 시 드롭다운 상자에 해당 핀번호 선택이 불가 => 다른 핀으로 옮겨 꼽게 된다.

연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

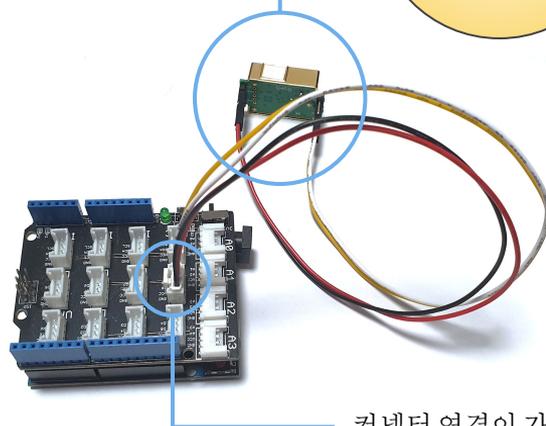
커넥터 형태로 연결부 변경



변경전



선을 모두 연결해서 제공



Affordance
(행동
유도성)

커넥터 연결이 가능한
실드 장착

변경후

[전] 기기가 움직이는 과정에서 단선 발생, RX/TX를 바꿔 꼽아서 통신 불가.

[후] 센서단은 선을 연결해서 제공하고, 보드에 커넥터 타입의 실드를 장착.

연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

Cooperation
(협력)

- 과학교사 1인이 모든 것을 준비할 수 없다. 이를 위한 기초적 인프라가 제공되는 것이 중요하다.

Student & Citizen Scientist

- 피지컬 컴퓨팅을 위한 코딩 능력 습득
- 사물인터넷을 활용한 과학탐구 수행
 - 탐구 주제 선정
 - 연구 설계
 - 데이터 수집
 - 연구 결과 분석
 - 결론 도출

Natural Science & Science Education

- 전반적인 탐구 수업을 설계
- 수업에 사물 인터넷과 피지컬컴퓨팅을 어느 맥락에서 도입할지 결정
- 전문가들에 의해 선정된 기술을 바탕으로 수업에 맞는 기술을 선택

Computer Science & Computer Education

- 과학 탐구에 적합한 기술 선정 (IoT 플랫폼, 개발환경, 센서, 액추에이터 등)
- 현장에서 요구하는 Arduino Library, mBlock 확장 블록 개발
- 관련 콘텐츠 개발 및 배포 (모듈 사용법 등)
- 교사 연수 등을 통한 기술 전수
- 일반적인 코딩 교육
- IoT 플랫폼 공동 운영

International Community

- Arduino Development board
- Raspberry Pi
- Sensors
- LTE Modules
- Arduino IDE
- Arduino Library
- mBlock
- mBlock 확장 블록
- IoT Platform 개발



결론 및 함의

(1) 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 과학 탐구에 적용하는 과정에서 나타나는 기술적 어려움은 무엇인가?

1. 적절한 ICT 기술 선정 문제
2. 저비용 센서의 신뢰성 문제
3. 인터넷 수집 정보의 신뢰성 문제
4. 기술 문제의 복잡성
5. 인터넷 정보 수집의 언어 장벽
6. 관세법·전안법·전파법 등 법, 제도

결론 및 함의

(2) 기술적 어려움을 최소화 하기 위해서는 어떻게 해야 하는가?

Encapsulation
(캡슐화)

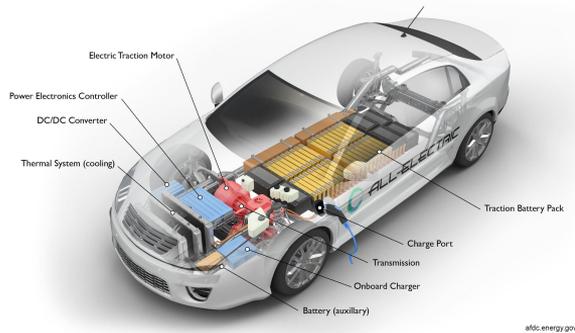
Affordance
(행동 유도성)

Cooperation
(협력)

연구 결과 기술적 어려움의 해결 방안

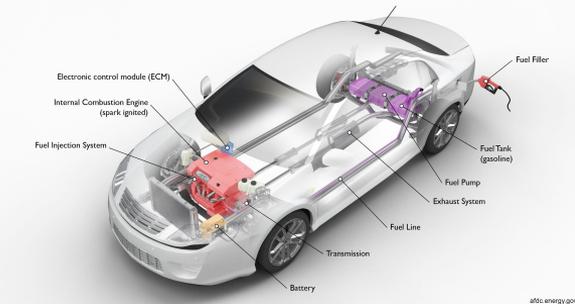
자동차의 캡슐화

All-Electric Vehicle



afdc.energy.gov

Gasoline Vehicle



afdc.energy.gov

Encapsulation
(캡슐화)

- 가솔린 차량의 운전자는 별도의 면허 없이 전기차를 동일한 방법으로 운전할 수 있다.
- 인터페이스 내부에서 일어나는 일까지 굳이 알 필요는 없다

Control (Interface)	Gasoline Vehicle	All-Electric Vehicle
페달을 밟는다	<ul style="list-style-type: none"> 실린더에 연료를 분사 페달의 위치에 따라 스로틀 밸브 조절 점화플러그 점화 속력에 따른 가속비 조절 	<ul style="list-style-type: none"> 페달의 위치에 따라 인버터에서 전압, 주파수 조절
브레이크를 밟는다	<ul style="list-style-type: none"> 브레이크 패드를 브레이크 디스크에 밀착 	<ul style="list-style-type: none"> 회생제동장치를 통해 손실동력 회수 브레이크 패드를 브레이크 디스크에 밀착
인터페이스	캡슐화된 부분	