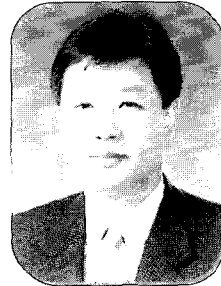


# 자동차용 센서 및 Actuator의 기술동향



임중완  
경원전문대학  
자동차과 강사



박용필  
동신대  
전자공학과 교수

## 1. 서론

전자산업의 비약적인 발전에 힘입어 고성능의 프로세서와 센서들을 활용하여 자동차의 주행안 전성과 편의성 확보 및 개선의 지능화 개념 자동차 시스템이 개발되고 있다. 1990년부터 자동차의 능동적 안전 기술을 중시하고 사고 방지와 사고후 피해를 줄이는 기술이 개발되었으며 이를 효과적으로 조합하여 차량내부의 주행 조건을 감지하며 각종 주위환경을 인식하는 센서를 이용하여 안전도를 향상시키고 사용 편리성을 증대시키는 고효율, 첨단안전차량(Advanced safety Vehicle)이 부각되고 있다.

자동차용 센서는 측정된 물리량(변위, 압력, 온도 등)을 Microcomputer나 전자회로에서 제어하기 쉬운 전기적 신호로 변환시키는 역할을 하고 그 발전 과정은 자동차에서 전기시스템(Electrical System)이 도입된 칼 벤츠의 Ignition System으로부터 IC(Integrated Circuit)가 엔진의 전기적 시스템으로 대체되고, Microcomputer를 이용한 Digital 엔진 제어 시스템이 복합적이고 다양한 요구를 해결하였다[1]. Microcomputer와 같은 반도체의 성능 향상은 자동차의 센서와 시스템 전자화에 많은 도움이 되었고, 센서의 재료 또한 주로 금속의 합금과 반도체 물질에서 유

기물질, 고분자, 유·무기 복합형인 하이브리드 물질로 발전되고 검지물질의 나노 소재화로 고효율화, 초소형화가 가능하다.

이들 센서를 주요 시스템별로 분류하면 동력을 발생 및 이 동력의 전달 계통을 제어하는 파워트레인 제어(Powertrain Control), 차륜과 현가장치에 가해지는 부하 부분의 변위를 파악하는 차량제어(Vehicle Control), 주행시 주위 차량과의 거리나 충돌의 위험요소를 감지하고 차내의 온도나 습도를 조절하는 차체제어(Body Control)와 정보 및 통신(Information & Communication)부분으로 구분할 수 있다. 이 글에서는 Powertrain, Chassis 및 Body 부분의 주요 센서 기능과 특성 및 이들 센서의 기술적 동향을 기술하고자 한다.

## 2. Sensor for Vehicles

### 2.1 Pressure sensor

압력센서는 압력을 감지해서 전기신호로 변환시키는 목적으로 사용되며 검출방식으로 기계, 전기 및 반도체식이 있다. 적용 부분은 흡입공기량 측정을 위한 흡기다기관 내 절대압력을 측정하는 MAP(Manifold Absolute Pressure)센서로 Intake Surge Tank에 부착

되어 실리콘(Silicon) 무기재료를 집적회로 기술로 만든 압전저항 스트레인게이지(Piezoresistive Strain Gauge)로 전압을 출력하고 Microcomputer에서 이를 흡입 공기량으로 환산하여 연료의 기본 분사량과 분사시간 및 점화시기를 ECU(Engine Control Unit)에서 결정한다. 그림 1은 Map 센서의 장착 위치를 표시하고, 그림 2는 센서 감지압력과 출력의 관계를 나타낸다.

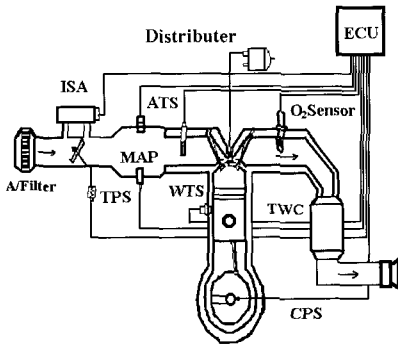


그림 1. Sensor position.

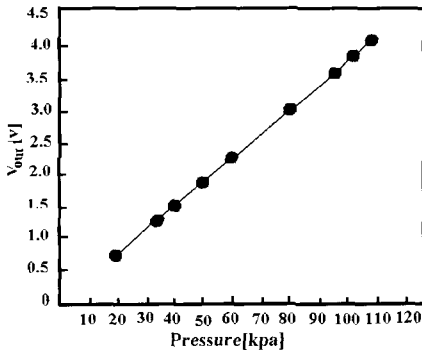


그림 2. Relation between the absolute pressure and voltage.

그 외 BPS(Barometric Pressure Sensor), Oil Pressure Sensor, Fuel Tank Pressure Sensor 등이 있다.

### 2.2 Acceleration sensor

가속도 센서는 가속력, 진동, 충격력 등의 동적힘(Dynamic Force)을 감지하는 것으로 자동차의 안정성, 신뢰성, 편의성 향상을 위하여 전자식 엔진제어시

스템, ASB(Anti-lock Braking System), Airbag, 노면조건, 차량의 움직임, 운전자의 반응 동작등 모든 요소를 감지하여 차량의 조종성능 및 안전성을 높이기 위해 차량의 휠 및 차체에 전해지는 진동을 모니터링하는 지능형 평가장치(Smart Suspension System), 조향장치(Steering System), Door Locking등의 핵심 부품으로 사용되고 있다.

기계식 가속도센서는 정지계를 기준으로 스프링의 관성 가속도를 질량(mass)에 작용하는 진동의 반발력을 이용하는 것으로 신뢰성이 낮다. 반면 실리콘 가속도센서는 실리콘의 우수한 기계적 성질과 반도체 집적회로로 소형화, 경량화의 용량형(Capacitive Type), 압저항형(Piezoresistive Type)이 있다. 실리콘 가속도센서는 동적 힘을 받는 부분과 힘을 전기적 신호로 바꾸어 주는 변환소자부, 신호처리부로 구성되며 그림 3에 나타난다. 정전용량형 센서는 질량의 변위(X)가 움직이는 전극과 고정된 전극사이 용량(C)의 변화로 측정되며 압저항 센서보다 높은 감도를 가진다. 또한 ZnO 박막을 압전형 물질로한 반도체 가속도로 실리콘 Cantilever의 변형을 측정하여 가속도를 감지한다.

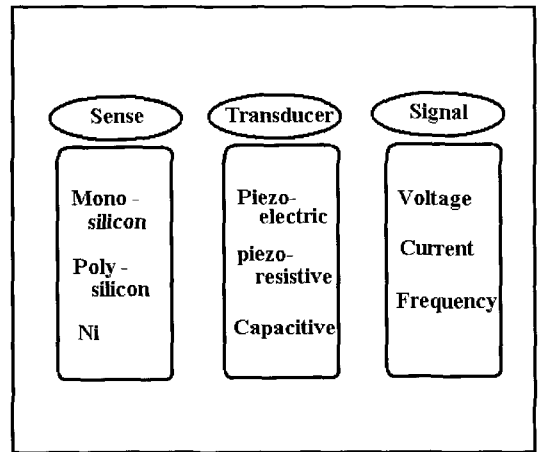
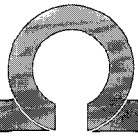


그림 3. Silicon acceleration sensor.

### 2.3 Position and Angle Sensor

Powertrain Control 부분에서 위치정보를 제공하는 센서는 TPS(Throttle Position Sensor), MPS(Motor Position Sensor), CPS(Crank Shaft Position Sensor),



PS(Phase Sensor)등이 있고 Vehicle Control에는 차고 센서 및 조향 각 센서가 있다. 이들 센서는 엔진조절에서 부하 상태에 대한 정보를 보내 연료 분사 및 점화시기의 결정, 배기재 순환 제어, 차륜부분에서 주행상태에 따른 자동차의 자세나 승차감을 자동적으로 조정하는 현가장치의 핵심역할 및 회전축의 회전각을 감지하여 승차감, 조종성, 주행 안정성을 동시에 만족시키기 위해 쇼크업쇼버(Shock Absorber)의 감쇄력을 주행 조건에 따라 자동적으로 바꿔주는 콘드롤을 한다. 위치감지를 위해 자기저항 홀효과(Hall Effect), 전자유도, 광학적인 방법 및 전위차계 방법 등이 있다.

TPS는 스로틀 밸브(Throttle Valve)의 열림 변위를 전기저항의 변화로 신호를 보내는 센서로 Throttle body에 장착되어 Throttle Valve의 축과 함께 회전하고 엔진에서 보면 Intake Surge Tank 전단에 위치하며 스로틀 밸브가 완전히 열릴때 저항값이 최대가 되어 TPS공급 전원 값(5v)과 근접한 전압 값으로 입력처리 회로에서 A/D(Analog to Digital) 변환된 다음 디지털 정보를 ECU에서 받아들인다.

그림 4는 Linear type TPS의 구조 도를 나타내며, 그림 5는 센서의 출력을 밸브의 열림 정도에 의한 출력 특성을 표시한다.

CPS(Crank Shaft Position Sensor)는 실린더블럭(Cylinder Block)에 설치되어 피스톤 위치를 감지하여 이를 펄스 신호로 바꾸어서 ECU에 입력하고, ECU는 이 신호에 입각하여 엔진 속도를 계산하고 연료 분사

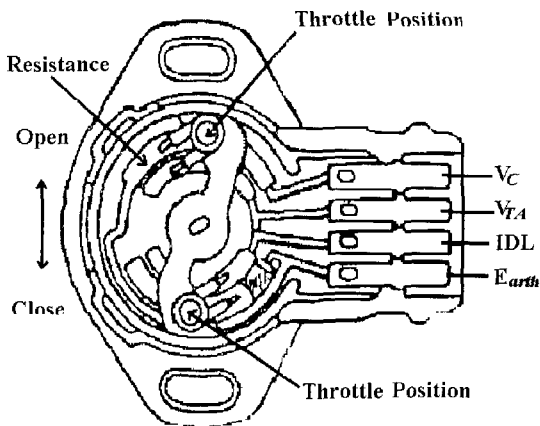


그림 4. Throttle position sensor.

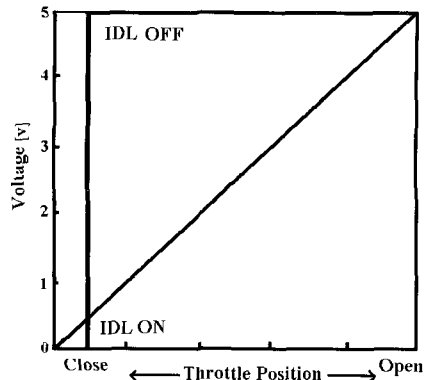


그림 5. Relation between the throttle position and voltage.

시기와 점화 시기를 조절한다. 크랭크 각의 위치를 검출하는 방법에는 주로 마그네틱 픽업(Magnetic Pick up)과 톤 휠(Tone Wheel)을 이용한 전자 유도 방식이 사용되며, 그림6에 전자 유도 방식 크랭크각 센서를 나타낸다.

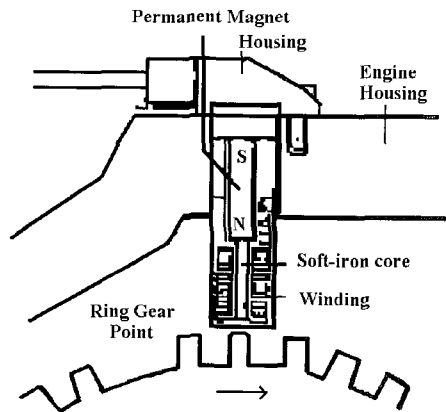


그림 6. Crank shaft position sensor.

그림 6의 CPS는 엔진 회전 시 Ring Gear와 Sensor 사이에 발생하는 자기장(Magnetic Flux Field)에 의해 AC 출력 전압이 발생된다. 전압은 Ring Gear와 Sensor 사이의 간격이 중요하다. 규정 간극보다 작을 경우에는 정상적인 출력 신호보다 높은 전압이 유가 되지만 고속운전에서는 불안정한 상태가 된다. 간극이 규정보다 클때는 정상적인 출력 신호보다 전압이

낮아 크랭킹할 때 문제가 발생할 수 있다. 물론 엔진의 회전수가 높을수록 더 큰 전압이 유기됨을 알 수 있다. 최소 20 rpm 이상에서 전압 Level 감지가 가능하다.

출력 파형은 그림 7과 같다.

Hall Sensor는 캠축에 장착되며 캠의 각도로 360도, 즉 크랭크 축의 각도로 720도 마다 Vane (원통에 Pin을 박아 놓은 형상)이 기준위치 (1번 실린더의 BTDC 114도 CA)에 있다.

Hall Sensor에는 Hall Effect IC가 내장되어 있으며 이 IC에 전류가 흐르는 상태에서 자계를 인가하면 도체 내의 전자는 Lorentz Force를 받아 공급전류와 자속의 방향에 대해 각각 직각 방향으로 굴절되어 한쪽은 전자과잉 상태가 되고 나머지 쪽은 전자 부족 상태가 되어 전위차가 발생하는 원리로 작동된다. 즉 엔진 회전에 의해 Vane이 장착된 Wheel도 회전하고 Vane이 있는 곳과 없는 곳에서는 Gap의 차이가 있으므로 자계의 차이에 의해 전압이 출력된다.

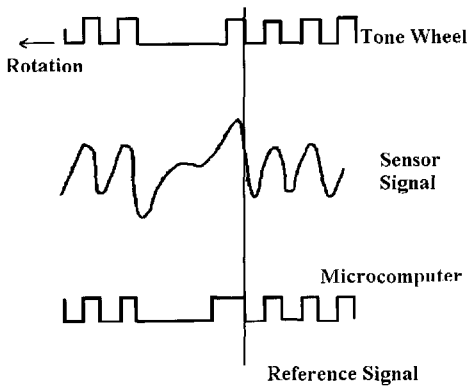


그림 7. CPS signal.

### 2.4 Flow Sensor

유량은 다른 측정과는 달리 직접 유량을 측정하는 방식은 매우 적고, 다른 물리량을 측정하여 이 측정 정보로부터 유량을 산출하는 방식이 많다. 센서의 종류는 기계식, 전자식이 있으며 유량산출을 위한 측정량으로는 열, 차압, 동압, 회전수, 전압, 변이량, 힘 등이 있다. 반도체 기술을 반도체 기술을 이용한 유량센서는 열선유량계에서 발전되어왔다. 마이크로머시닝 기술이 개발됨에 따라 저가, 대량생산이 가능하다. 열

선의 방열효과 원리가 반도체 유량센서에도 적용되며 열선 대신 박막(Thin Film)을 이용한 소형화로 개선되고 있다.

엔진부분에 흡입 공기 유량은 엔진의 성능, 운전 성능, 연료 소비량 등에 직접적인 영향을 미치는 요소이다.

흡입 공기의 체적을 측정하는 방법은 베인 방식(Vane Type), 칼만 와류 방식(Karman Vortex Type)등이 있으며, 질량 유량을 검출하는 방식에는 열선 및 열막 방식(Hot Wire, Hot Film Type)이 있다. AFS(Air Flow Sensor)에서 Hot Film Air Flow Sensor는 TPS 전단에 설치되며 우선 열막(Hot Film)의 가열 온도를 정온도차회로에서 처리한다. 엔진이 작동되면 실린더로 공기가 유입되며 상대적으로 낮은 온도의 공기에 의해 열막이 식게되며, 이 온도 강하는 브리지회로의 열막저항값을 변화시켜 전압으로 출력을 나타낸다.

그림 8은 공기 흡입량에 대한 출력전압의 관계를 나타낸다.

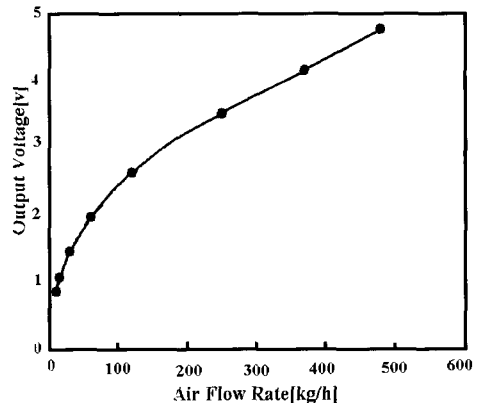
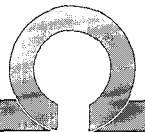


그림 8. Relation between the air flow rate with voltage.

### 2.5 Oxygen Sensor

공연비 제어에서 이론 공연비에서 연소가 되는지 점검하는 기능을 하는 것이 산소 센서(Oxygen Sensor)이다. 배기가스 중 산소 농도가 높아 대기 중의 산소와 농도 차이가 적으면 전압은 거의 0[V]가 되고, 배기가스 중 산소 농도가 낮으면 대기 중의 산소와 농도 차이가 커져 전압은 1[V] 부근을 가르킨다. 산소 센



서의 재료는 지르코니아(ZrO<sub>2</sub>)를 사용하는 경우가 많으며 산소 농도 차에 따라 발생하는 기전력을 이용하는 방법으로 이론 공연비에서 출력값의 급격한 변화가 있고 배기가스의 온도 변화에 대해 안정성을 유지해야 한다. 장착 위치는 배기매니폴드(Exhaust manifold)와 TWC사이이다.

출력 특성 곡선은 그림 9에 나타낸다.

얼마만큼 공연비가 Rich, Lean한지에 대한 정보제공은 불가능하나 산소 센서로부터 피드백 제어(Feedback Control)에 의해 연료분사 펄스를 보정하는 역할을 한다.

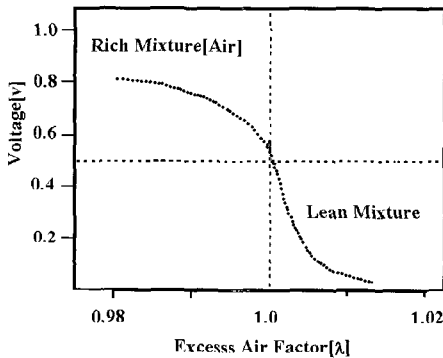


그림 9. Sensor characteristic curve.

## 2.6 Temperature Sensor

엔진제어에 사용되는 WTS(Water Temperature Sensor), ATS(Air Temperature Sensor), Thermo Sensor, EGR(Exhaust Gas Recirculation System) 가스 온도 센서 등이 있으며, 차 내 실온 제어용 외기 온도 센서가 있다. 이들 센서는 온도의 변화를 전압으로 변환시키는 센서로서 NTC(Negative Temperature Coefficient) 서미스터(Thermistor)를 주로 사용한다. NTC Thermistor의 특성을 그림 10에 나타낸다. 온도가 증가함에 따라 저항값이 감소하는 특성을 가진 반도체 소자로 WTC는 냉각수가 흐르는 실린더 블록의 Water Jacket에 Thermistor 부분이 냉각수와 접촉할 수 있도록 장착되며 ATS는 MAP 센서와 동일한 위치에 있다. 최근 MAP과 ATS를 하나의 Assembly로 만든다. Thermistor의 특성은 재질에 따라 차이를 보이며 센서의 사용 온도범위에 적합한 Thermistor를 사

용해야 한다. 특히 배기 장치의 온도 센서는 고열로 인한 열적 노화에 안정성이 강조된다.

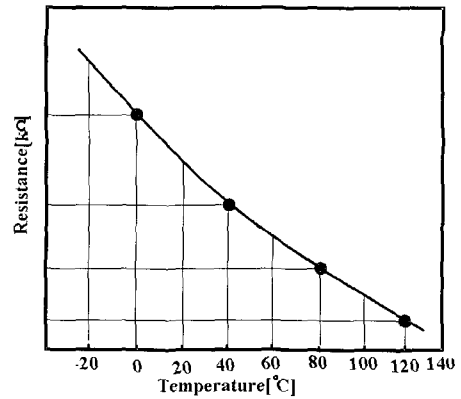


그림 10. NTC Thermistor characteristic curve.

## 2.7 Safety Sensor

안전 속박 시스템(safety Restraint System)의 기술이 급속히 발전하고 있다.

구조적 개선, 에어백 가스 발생장치, 기계식 충돌 감지 센서에서 반도체 전자시스템을 갖춘 안전시스템의 개발 필요성이 대두되고 있다. 에어백(Airbag)의 경우 안전 속박 시스템에 여러 개의 점화 회로(Firing Circuit)가 요구되며 점화 회로수가 늘어남에 따라 점화 제어용 고 집적회로가 필요하게된다. 이러한 스마트(Smart) 에어백 시스템은 차량 내부상태 감지용 센서의 성능이 무엇보다 중요하며 고성능 가속도 센서의 개발로 전자제어시스템에 적용할 수 있다. 미연방도로 교통 안전국(NHTSA) 법규에 의하면 조수석에 있는 여러 가지 형태의 승객 종류를 신뢰성 있게 감지할 수 있어야 하며 그에 따른 안전 속박 장치의 제어를 명시했다[2]. 시트 프레임에 장착된 스트레인게이지(Strain Gauge)형태나, 승객의 위치나 자세를 감지하는 초음파, 적외선, 전자필드 센서의 개발 등이다.

또한 차선이탈경보 및 이탈방지 시스템의 구현이다. 차선의 정보 추출은 특수 물질을 함유한 페인트로 차선을 도색하고 특정 센서로 차선을 인식하는 방법과 컴퓨터 비전(Computer Vision) 기술을 이용하여, 차선이탈 경보는 턴시그널(Turn Signal)의 발생유무, 조향각 및 브레이크의 변화 감지 등 의도된 차선변경

에서 나타나는 차량의 상태변화 정보와 다양한 예외 상황을 조합한 시스템 구축[3]이 필요하며 센서의 기능과 역할이 강조된다.

### 3. 자동차용 Sensors의 기술동향

반도체기술, 특히 MEMS 기술(Micro Electro Mechanical System)의 발전에 의해 저가, 소형화 및 고 신뢰성을 갖는 각종 센서류들이 개발되어 적용중이며, 운전자의 안전과 편의를 위해 이러한 센서류들의 적용은 확대될 것이다

여러 종류의 센서들이 MEMS 기술에 의해 제작되고 있으며, 그중 대표적인 것으로는 압력센서, 가속도 센서 및 H/F Air Sensor를 들 수 있다. 반도체식 압력 센서가 적용되는 자동차용 센서는 MAP Sensor, FTP(Fuel Tank Pressure)Sensor 및 BP(Brake Pressure)Sensor 등이며, One Chip내에 복수의 압력 센서를 집적한 멀티화, 서로 다른 기능의 센서를 집적한 다기능화, 일렉트로닉스(Electronics)를 집적화한 지능형 압력센서 개발이 진행되고 있다[4].

반도체식 가속도 센서가 적용된 자동차용 센서로는 Suspension용 가속도 센서와 Airbag용 충격센서 등이 있다. 즉 자동차의 주행조건에 따라 차체의 진동량을 측정하여 MEMS 기술의 초소형 진동구조물에 가속도가 감지되면 구조물의 위치가 변해 진동이나 충격을 측정할 수 있다. 이는 Airbag, ABS, Navigation System에 적용될 수 있으며, Body의 Angular Rate Sensor, Yaw Rate Sensor는 가속도센서보다 한 차원 진보된 센서로서 동적인 물체의 각속도를 측정하는 역학센서로 독일의 Benz 자동차연구소에서 Stability Control System용으로 개발이 진행되고 있다.

### 4. 결론

자동차는 안전성과 편리성을 위해 다양한 센서가 채용된다. 자동차 센서에 관한 기술동향은 반도체 및 MEMS 기술로 집적화, 지능화하고 시스템의 관점에서 현, 시스템제어 이상이 일어날 경우 사고나 충격의 경감에 중점을 두지만 향후, 안전기술은 사고의 요인을 사전감지 및 제거하는 다양한 전자화 기술로 제

품이 축소화, 일체화 방향의 통합 차량 시스템으로 개선됨으로서 원격무인주행차량인 지능형 자동차의 개발이 기대된다.

### 참고 문헌

- [1] 배재일, “자동차에서의 전기 전자”, 자동차공학 회지, Vol. 23, No. 6, p. 31, 2001.
- [2] NHTSA, “Advanced Airbag Final Rule”, Federal Register, Vol. 65, No. 93, May, 2000.
- [3] R. Risack and W. Enkelmann, “A video-based lane keeping assistant”, Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, p. 356, Oct. 2000.
- [4] 한국과학기술정보연구원, “자동차용 센서”, KISTI, p. 30, 2003.

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

#### 성명 : 임종관

##### ◆ 학력

- 1986년 광운대 전기공학과 공학사
- 1996년 광운대 대학원 전기공학과 공학석사
- 2004년 동신대 대학원 전자공학과 공학박사

##### ◆ 경력

- 1989년 - 1994년 (주)동서식품 기술부
- 1996년 - 2003년 수원과학대 전자통신과 강사
- 2004년 - 현재 경원전문대학 자동차과 강사

#### 성명 : 박용필

##### ◆ 학력

- 1977년 - 1981년 광운대 전기공학과 공학사
- 1981년 - 1983년 광운대 대학원 전기공학과 공학석사
- 1988년 - 1992년 광운대 대학원 전기공학과 공학박사

##### ◆ 경력

- 1992년 - 현재 동신대 전자공학과 교수
- 현재 한국전기전자재료학회 학술이사