

자동차 Air-Conditioning System의 Intelligent화 설계

김 영 진, 우 광 준

단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과

H/P:011-9802-1704, E-mail:yjk574@empal.com)

Design of Intelligent Car Air-Conditioning System

Young-Jin Kim, Kwang-joon Woo.

Department of Electronic and Computer Engineering, Dankook University

Abstract

차량용 에어컨시스템은 그림2.1과 같이 온도제어를 위하여 각Door의 위치를 제어하고 있는데 현재 적용중인 위치제어 방법은 주로 접점식Encoder 및 전위차계(Potentiometer)를 사용하여 구현하고 있다. 이는 접점식Encoder 및 전위차계를 사용하여 Position Sensing을 하는 Servo 위치제어 System이나, 접점식Encoder의 분해능이 낮아 임의위치 제어가 곤란하고, 전위차계의 저항 비선형 특성에 의하여 출력에 영향을 주게되므로 정밀위치제어가 어렵다. 또한, 에어컨시스템 제어를 위해 D.I.O(Direct In Out)제어방법을 적용하고 있어 시스템 전체가 복잡하게 구성되는 문제점이 있다. 따라서 본논문에서는 그림2.2와같이 자기저항(M.R 센서)Type 엔코더를 사용하여 D.C Motor Actuator를 임의위치제어가 가능하게 하였고, 직렬통신(Serial Communication)방식을 사용하여 복잡한 시스템을 컴팩트하게 설계하여 차량용 에어컨에서 기존의 제어방법에 비하여 온도제어성 및 각도출구간 온도편차를 향상시켰다.

Keywords:접점식Encoder, Potentiometer, motor Actuator, Position control, Magnetic Resistance.

1. 서 론

차량의 고급화 현상이 두드러지게 나타나는 오늘날, 사용자들의 차량용 에어컨에 대한 고급화요구 역시 점점 더 높아져 가고 있으며, 이에 따라 차 실내 에어컨디셔닝(Air Conditioning)에 관해서도 더욱 쾌적한 공간을 만들기 위한 하이테크화가 지속적으로 진전되어가고 있으며, 운전자의 설정온도에 대응하여 차 실내, 외 조건에 맞추어 자동으로 차 실내 온도를 쾌적하게 제어하는 전자동에어컨(Full Automatic Temperature Control.)이 적용되었으며, 최근에는 퍼지이론에 의한 차량용 에어컨 온도제어 연구가 활발히 진행되고 있다. 이처럼 사용자의 요구가 고급화, 다양화 되어가고 있으나 현재의 차량용 에어컨에 적용중인 온도제어 방식은 일반적으로 그림2.3과같이 D.C.Motor Actuator에 내장된 접점식 Encoder를 브러시가 Sliding 하는 동안 Motor에 전기를 공급하여 Motor를 구동하는 형태와 그림2.4와 같이 D.C Motor Actuator에 내장된 전위차계를 Motor와 연동하는 브러시가 Sliding하여 저항의 변화분을 전압의 변화분으로 변환하여 이를 제어신호로 Feed Back 받아 전용 Controller에 의해 차량용 에어컨의 온도 제어용 Air Mix Door를 정,역회전 시켜 송풍되는 공기의 비를 조절하는 방식에 의하여 차실내 온도제어를 실현하는데, 이는 복잡한 Mechanism과 고가의 제어

System 이면서도 D.C.Motor Actuator에 내장된 접점식Encoder에 브러시가 접촉되는 영역에서만 작동이 가능하여 접점식Encoder 위치에 종속되게 되므로 접점중간의(임의각도) 위치제어가 곤란하고, D.C.Motor Actuator 내부에 내장된 Potentiometer는 저항비선형 특성에 의한 오차로 제어출력에 영향을 주므로 정밀위치제어가 곤란하며, Brush 접촉방식으로 내구 수명에도 악영향을 초래하게 되는 등의 문제점이 있다. 그리고, 차량용 에어컨은 온도조절(Air Mix Door로 찬공기와 더운공기의 비율조절)제어만을 실행하는 것이 아니라, 토출구의 풍향 변환과 흡입구의 내기순환 및 외기도입으로의 전환등이 동시에 이루어져야 하나, 현재의 제어 방식은 D.I.O.제어방식을 사용하고 있어 다수의 제어선이 필요 하게되어 복잡한 제어 시스템으로 구성되는 문제점이 있다.

따라서, 본논문에서는 차량용 에어컨시스템에서 온도제어를 자기저항소자(Magnetic Resistance)형 Encoder를 내장하여 Motor의 위치정보를 획득하므로 접점식Encoder의 위치에 종속되지 않아 임의각도 위치제어가 가능하게 하였으며, 전위차계형의 Brush접촉에 의한 내구성 향상을 위하여 비접촉식 M.R Sensor를 사용하여 모터엑츄에이터의 내구수명에 따른 문제점을 제거하였으며, 복잡한 제어선을 필요로 하는 직접입,출력(D.I.O)제어방식을 M.C.U.(Main Control Unit)와 L.C.U(Local control Unit)간에 직렬통신방식에 의한 제어방식으로 변경하여 복수의 DC Motor Actuator를 M.C.U에서 임의위치제어가 가능한 System으로 설계하였으며, 이를 접점식Encoder에 의한 제어방식 및 전위차계에 의한 제어방식과 성능을 비교평가하여 그 효용성을 입증 하였다.

2. 본 론

2.1 M.R Type Encoder에 의한 위치제어

2.1.1 차량용 에어컨의 구성

자동차용 에어컨의 구성은 그림 2.1과 같이 냉방과 난방을 위한 부분과 이를 제어하기 위한 HVAC(Heating Ventilating and Air Conditioning)으로 구성 되는 데, 본논문에서는 냉, 난방장치는 다루지 않고 제어장치인 HVAC을 중심으로 기술하며 이를 구성하고 있는 구성부품의 기능은 차실내로 유입되는 공기를 내기순환 또는 외기도입으로할것인가를 선택할수 있는 내,외기도어(Recirclr, Fresh Door)와 차실내로 유입된공기가 HVAC를 통과하여 어느방향으로 토출 할것인가를 결정

하는 모드도어(Mode Door), 그리고 쿨러(Cooler)를 통과한 차가운 공기와 히터(Heater)를 통과한 따뜻한 공기의 혼합비를 조절하는 에어믹스도어(Air Mix Door)가 있으며, 블로어(Blower) Motor는 내,외기 도어를 통해 유입된 공기를 모드도어를 통해 차실내로 불어주는 역할을 한다.

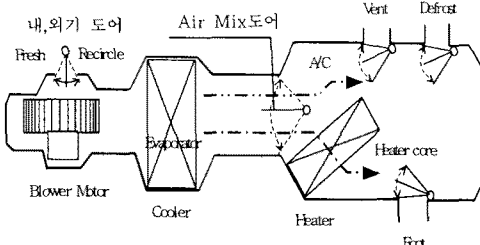


그림2.1 HVAC의 구성
Fig2.1 Construction of HVAC

2.1.2 M.R Type Encoder에 의한 위치제어

차량용 에어컨의 온도 제어는 HVAC에 조합된 각 Door의 위치제어를 통하여 차실내 온도를 쾌적하게 제어하고 각도출구간 온도편차를 줄이기 위해서는 최적 위치를 선정하고 추적제어할 필요성이 있으며, 이를 위해서 그림2.2와 같이 Motor Actuator내부에 비접촉식 자기저항소자(M.R센서)를 내장시켜 Motor의 위치정보를 획득하였으며, 제어목표치에 대하여 제어결과치를 되먹임 하는 Servo시스템으로 구성하여 제어의 신뢰성을 높였다. 그러나, 초기전원 공급시는 상대위치 검출이 불가능한 문제점이 발생하여 이를 설정온도(25° C)를 기준으로 이기준온도 보다 낮은 온도로 설정되었으면 Motor를 강제로 역회전시켜 초기치 1번 접점을, 그리고 이기준온도 보다 높게 설정되었을때는 Motor를 정회전 시켜 초기치 2번 접점을 Brush가 Scan하여 초기 위치 정보(Home)를 검출하고, 초기치와의 차이분인 상대 위치 제어분 만큼을 정,역회전 제어하는 방법으로 임의 각도 위치제어를 구현하였다. M.R센서가 위치정보를 획득하기 위하여 자극을 검출하는 구조는 Motor Shaft에 직결된 원통형 착자(24극)Gear의 원통부분에 착자된 자속성분을 M.R센서가 검출하는 방법으로 Motor의 위치정보를 획득하였다. 또한, Motor Actuator에 내장된 L.C.U는 Hitachi HD6473724(8Bit)을 사용하여 구성하였으며, 기능은 M.R센서를 통해 획득된 위치정보를 직렬통신 형식의 Data로 변환하여 M.C.U(Main Control Unit)로 전송하고 MCU로부터 수신한 위치 제어 지령(Command)으로 Motor를 정,역회전 시켜 임의 위치 제어를 하고, 이러한 과정을 통해 변화된 위치정보를 M.C.U.로 재전송하는 방법으로 위치제어의 정확도를 높였다.

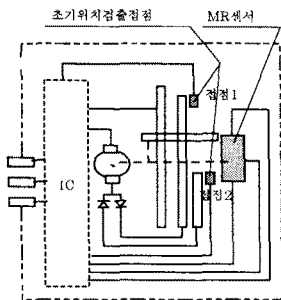


그림2.2 M.R Type 위치제어
Fig2.2 P/Control of M.R Type

그러나 현재 차량용 에어컨에 적용중인 위치제어 방법은 접점식 Encoder 또는 전위차계에 의한 방법이 주로 사용되고 있는데, 접점식 Encoder에 의한 위치제어는 그림2.3과 같이 모터구동을 위한 별도의 부가장치 없이 내부에 내장된 접점식 Encoder에 Brush가 Sliding 하는 동안 전기를 공급하여 Motor를 구동하고 있고, 차단되면 정지하는 구조로, Motor의 관성에 의한 Over Run현상이 있었다.

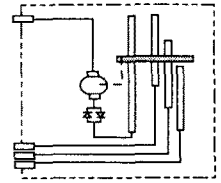


그림2.3 접점식 위치제어
Fig2.3 Type of Encoder

또한 전위차계형 위치제어는 그림2.4와 같이 내부에 내장된 Brush가 Motor작동과 연동하여 전위차계의 저항치를 변화시켜 전항차를 전압의 차이분으로 변환하는 구조의 위치제어 방법이나 저항의 비선형성으로 LCU에서 Threshold 영역을 추가로 Data Mapping하고 규정된 영역범위내에 있을때는 동일값으로 처리하여 Motor의 위치제어 정밀도가 떨어졌다.

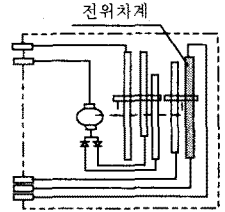


그림2.4 전위차계 위치제어
Fig2.4 Type of Potentiometer

따라서 본 논문에서 제안하는 제어방법은, 현재 차량용 에어컨에서 사용하는 접점식 Encoder의 임의 위치 제어가 어려운 점과 전위차계형의 저항특성이 비선형성에 의해 별도의 보정제어 및 Brush Sliding에 의한 작동내구성이 저하되는 문제점을 제거하고 임의 위치제어가 가능한 시스템을 구현하기 위하여 비접촉식 MR센서를 사용하였다.

2.2 직렬통신에 의한 위치제어 시스템구성

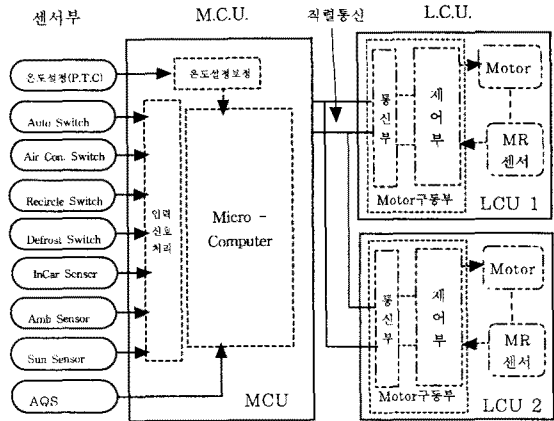


그림 2.5 임의 위치제어
Fig2.6 P/Control of Free-angle

직렬통신에 의한 위치제어 시스템의 기본구성은 그림 2.5와 같이 M.C.U.와 L.C.U 및 입력센서부로 구성되어 있다. MCU는 차량용 에어컨의 온도제어를 실행하고 입력단 센서부에서부터 공급받은 센서정보를 보정처리를 하며, 입력단 센서부는 차량용 에어컨을 쾌적하게 제어하기 위한 연산 및 제어목표치의 설정을 위한 아날로그 정보를 획득할 수 있는 부분이며, LCU는 Motor 위치제어를 실행하고 MCU와 직렬통신을 실행하는 제어부와 Motor의 위치정보를 획득할 수 있는 M.R센서부, 그리고 내장된 Motor(Mabuchi RF370)으로 구성되어 있다.

으며, MCU와 LCU간은 직렬통신을 사용하였다. M.C.U는 Motor의 위치제어 Command를 직렬통신을 통해서 L.C.U로 Data를 전송하면, L.C.U는 M.C.U로 부터수신된 임의 위치제어 정보와 L.C.U에 내장된 제어부 로부터 위치정보를 받고 연산처리한 Data와의 차이분을 추가로 제어하여 Motor를 제어목표위치로 이동시키고, 상대위치 제어 결과치를 M.C.U로 전송하는 방식으로 임의위치 제어를 실현하였다. 임의위치제어 시스템은 Motor제동 및 구속방지를 위하여 별도의 제어장치를 Cost 상승을 고려하여 부가하지 않고 Motor Actuator내에 내장된 접점을 Brush가 Sliding하여 규정된 한계제어각도를 넘어서면 Brush에 접촉되는 접점이 차단되는 구조이며, Motor 관성에 의한 Over Run현상은 감속Gear에의한 제동방식으로 사용하였다.I.C는 Hitachi HD6473724(8Bit)을 사용하였고, M.C.U측에서의 기본적인 차량용 에어컨 제어를 위한 온도설정(Tptc) 및 실내,외 센서,일사센서등의 Data 입력과 각각의 보정제어의 내용은 현양산 적용 중인 사양을 기준하여 Data Map을 참조하고 추가적인 제어 및 변경은 실시하지 않았다.

2.3 직렬통신 Format

D.I.O.제어방식은 Motor Actuator의 위치 제어를 위하여 Encoder수 및 전원Line에 해당하는 제어선과 전원선이 필요하여 시스템이 복잡하게 구성되어진다. 그래서, 이러한 복잡한 제어 시스템을 동일기능을 수행하는 직렬통신방식으로 변환하여 복잡한 제어 System을 보다 콤팩트하게 재구성하여 사용하였다. 차량의 전기적인 Noise등의 열악한 환경을 극복하기 위하여 통신 Error 검출 및 오동작 방지를 위하여 동기식 직렬통신 방법으로 Parity Check 및 안정화에 중점을두어 통신을 실현하였다. 통신 Protocol은 MCU에서 11 Frame을 송신한후 5 Frame의 L.C.U. Data의 입력을 행하였다. Address Bit 설정은 A0 와, A1 2bit 로 설정하였다

2.3.1 통신 Data Frame

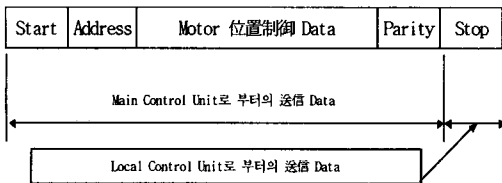


그림 2.7 통신 Data 세부Form

Fig 2.7 Detail Form of Communication Data

통신 Data Frame은 그림 2.7순서로 실행된다

- i)Start:2바이트(Byte)의 크기로 Data의시작
- ii)Address:이Address Data로 L.C.U1 과 2를 선택
- iii)Data:Motor 위치제어Data로 125단계 위치지정
- iv)Parity Check: 통신 Data에 Noise 유입시 Motor의 오동작 방지.
- v)Stop:Motor의 정지, 회전중, Error 상태를 L.C.U에서 M.C.U로 송신

2.3.2 통신 순서 (Flow Chart)

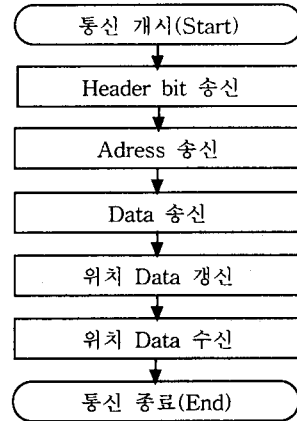


그림 2.8 통신순서

Fig2.8 Flow chart of communication

통신순서는 그림 2.8과 같은순서로 통신이 이루어진다. ㄱ)M.C.U에서 L.C.U로 통신 개시 부호인 Header bit를 15bit High Level(1), 1bit Low Level(0)를 송신 하므로서 통신이 시작(Start)된다. ㄴ)통신이 시작되면 M.C.U.에서는 통신하고자하는 대상 Unit를 설정하기 위하여 Address를 송신하고 L.C.U.는 이 Address가 자신에게 할당된 Address인가를 확인하고 할당된 Address와 동일할경우만 M.C.U.로부터 송신 되어온 Data를 수신하게 된다. ㄷ) M.C.U.로부터 Data를 수신한 L.C.U.는 수신된 Data로 위치 Data를 갱신한다. ㄹ) 마지막으로 M.C.U.에서는 Motor Actuator의 구동에 의해 변화된 위치 Data를 수신하고 통신을 종료.

2.4. 실험 및 결과

차량용 에어컨의 온.조 제어방식별 온도제어성 및 토출구간 온도편차특성을 평가 하였다. 제어방식별 성능비교 평가는 실차상태에서 이루어져야하나 그림 2.9와같이 에어컨 System 대량평가 시험 장치에서 온도센서 (Thermistor)에 의한 온도검출 및 Air Mix Door개도치에대한 온도제어의 Lineality성과 각 토출구간의 온도편차를 실험하여 온도제어의 성능평가기준으로 삼았다.

2.4.1 시험평가용 에어컨 시스템 구성

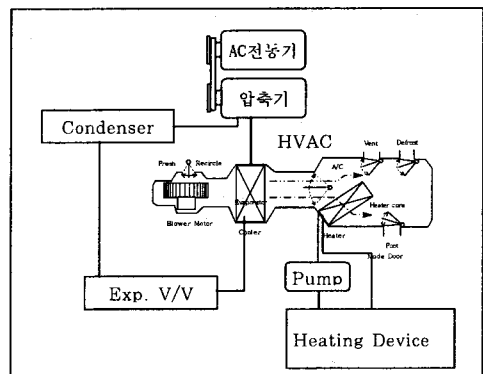
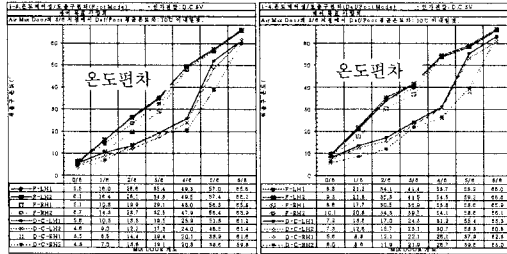
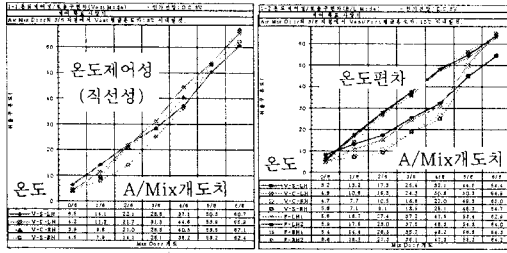


그림 2.9 에어컨 대상시험장치

Fig2.9 Device of Air conditioning

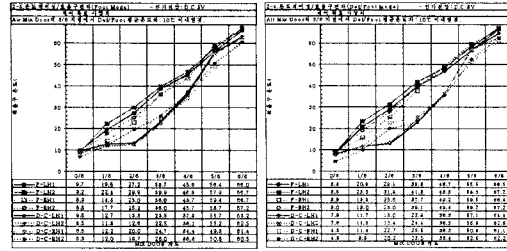
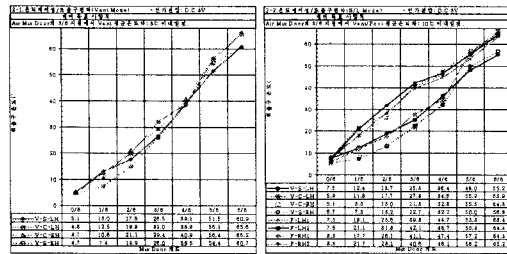
2.4.2 온도제어 성능비교 평가결과

1) 접점식 Encoder 제어

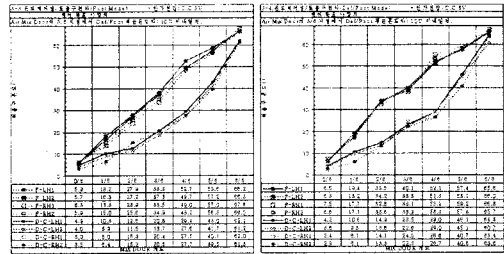
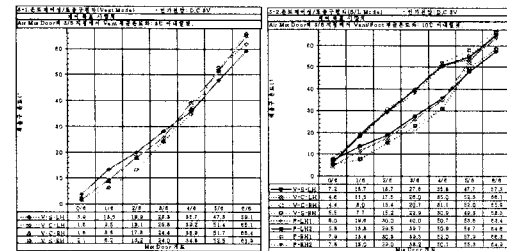


Air Mix개도치

2) Potentiometer 제어



3) M.R Sensor 제어



3. 결론

본 논문에서는 차량용 에어컨의 온도 제어를 위한 위치제어를 접점식 Encoder 및 Potentiometer를 사용하지 않고 자기저항소자를 위치센서로 내장하여, D.C Motor Actuator를 직렬통신방식으로 임의위치제어를 구현하였는데, 접점식 Encoder 제어방식에서 Encoder의 접점에 증속되어 임의각도 위치제어가 곤란했던점과 Potentiometer 제어방식에서 저항의 비선형성에 의한 출력특성변화 등의 문제점을 제거할수 있었으며, 3종류의 제어방식을 비교시험한 결과 온,조 제어성 측면에서 제어목표치에 가장 근접시킬수 있었으며, 각도출구간의 온도편차와 Hunching 현상이 상당히 향상 되었다. 차량용 에어컨의 온도 제어방식별 온도제어성(Linearity) 및 토출구간 온도편차 특성을 평가 하였는데 3방식중 M.R. Sensor에 의한 제어방식이 임의위치 보정제어가 가능하여 온도제어성에 있어서 Air Mix개도치 대비 온도 상승폭이 거의 직선적으로 증가하여 Linearity성이 가장 우수하였고, 각도출구간 온도편차를 줄일수 있는 특성점을 찾아 각각의 Door를 보정할수있어 각도출구간 온도 편차를 줄일수 있었다. 접점식 Encoder 제어방식은 온도변화폭이 컸으며, 전위차계방식은 저항의 비선형성으로 출력특성이 변화하여 별도의 보정제어가 필요했다. 따라서 차량용 에어컨의 온,조제어에 있어서 좀더 향상된 제어방법 이라 할수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 春木 弘, "Paper Title"알테21 자동제어, pp.20-23, 2000
- [2] Louis Padulo, Michael A. Arbib, System Theory, Hemisphere Publishing Coporation.
- [3] 이상효, 수학모델표현: 상태/출력방정식모델. http://acal.gwu.ac.kr 2000.
- [4] 이병식, RS-232C 통신핸드북, 도서출판세운, pp.10-32, 1993.
- [5] 안나경, DC모터의 제어회로 설계, pp. 121-132, 1993.