기술해설

Fuzzy이론을 응용한 엘리베이터 군관리 제어

이 지 수
(한국전기공업협동조합 이사)

1. 서 론

최근 건물이 고층화, 대형화로 진전 되면서 엘리베이터는 건물내의 주요한 교통 수단으로 복잡한 교통 수요를 효율적으로 해소하기 위한 합리적 운행에 관련되는 제어기술이 급진적으로 발전 되고 있다. 또한 고도 정보화 시대에 대응하기 위하여 정보통신 설비를 효율적으로 운용하고 있는 인텔리전트 빌딩에 있어 엘리베이터 시스템은 다종, 다양한 기능을 가지도록 Needs가 증가 되고 있는 실정이다.

특히 엘리베이터 시스템의 요구Needs중에 승객에게 쾌적한 기능과 균등화를 실현시켜 운행의 효율화를 극대화 하고 대기시간의 단축과 승객의 편이성을 도모하기 위한 엘리베이터 군관리 제어 시스템에 있어 최근 응용되고 있는 Fuzzy이론을 이용한 군관리 제어에 관하여 기초적인 Fuzzy 이론 개념을 해설하고자 한다.

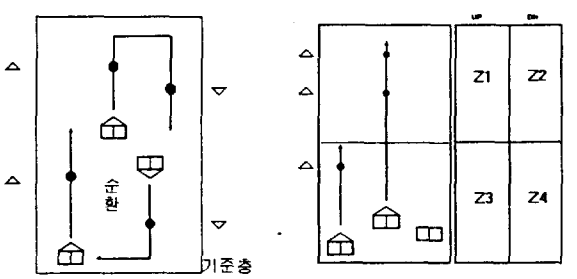
2. 엘리베이터 군관리 시스템

2.1. 군관리 시스템의 개요

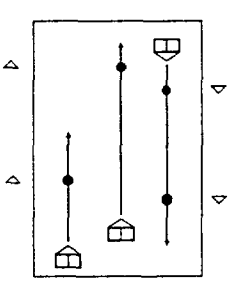
엘리베이터의 선정시에는 교통량을 해소하기 위한 방법으로 엘리베이터의 설치 위치, 배열 및 Group선정과 서비스 방법, 크기, 속도등이 교통계산의 중요한 요소로 되고있다. 그러나 운행관리에 있어 효율적인 운행관리로 대기시간의 단축과 균등화, 장기간 호출 방지 및 승장, Car내의 조작성 향상등으로, 승객에게 불쾌감을 해소시켜 엘리베이터에 대한 신뢰감을 향상 시키도록 하고 있다.

군관리 방식은 운행 관리에 있어 상하 출발층에서 출발간격의 조정으로 상하 출발층간을 순환하여 운전하는 Car의 흐름 운전을 주체로한 수송형식을 교통수요에 맞게 사용하는 시스템이다.

엘리베이터의 군관리방식에는 일주운전 방식, Zone할당 방식 및 호출할당 방식으로 구분되어 전자동운행을 하고 있다.



(a) 일주운전방식 (b) Zone할당방식



(C) 호출할당방식

그림 1. 군관리 방식

그림 1은 각 방식의 개요를 나타낸 것이다.

일주 운전방식에서는 기준층에서 출발관리를 하며, 상하 출발층간을 단순히 순환하는 것이 아니라 계획된 간격에 맞게 통과하여 서비스층을 분할하여 균등한 서비스를 하도록 되어 있다. Zone할당방식은 하나의 Zone에 1대의 Car를 할당하여 할당된 Zone내의 승장호출에 응하게 하는 방식이며, 호출할당방식은 하나의 승장 호출에 1대의 Car를 즉시 예보하도록 하는 군관리 방식이다.

그림 2는 호출할당방식의 할당 알고리즘을 나타낸 것이다.

2.2 군관리 방식의 변천

엘리베이터의 군관리 방식은 엘리베이터 제어에 Micro

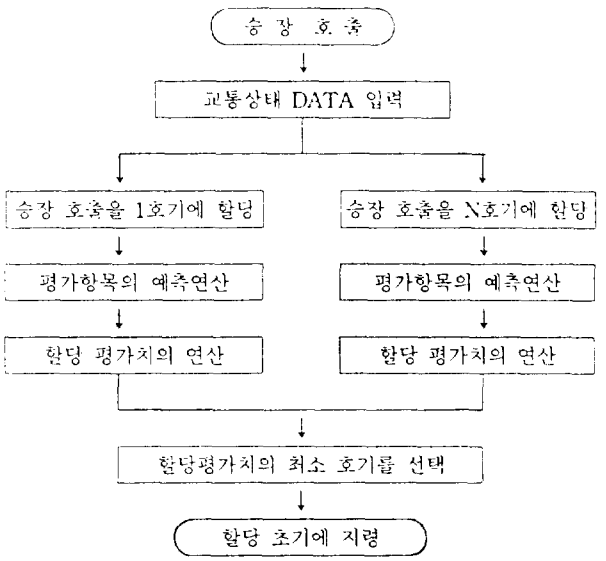


그림 2. 호출할당방식의 알고리즘

-computer를 도입한 이래 비약적으로 발전하게 되었다.

그림 3은 군관리방식의 변천과정을 나타낸 것으로 '70년대 말까지는 IC Logic회로에 따른 균등간격 제어를 실현하고 있었으나, '80년대 초반부터 8bit의 Micro-computer가 도입되어 예측기능제어에서 최근에는 32bit의 Micro-computer로 예측제어, 학습기능제어등으로 대기시간의 단축, 균등화를 도모할 수 있게 되었고, Fuzzy이론 및 전문가 시스템으로 발전되면서 더욱 운행관리의 효율화에 관한 기술이 발전 되고 있다.

2.3 군관리제어에 요구되는 주요기능

2.3.1 대기시간 분포제어기능

대기시간은 각층의 과잉서비스와 장시간 대기를 적게하여 10 - 20초대에 분포가 그림 4과 같이 중심에 오도록 하여(T회사의 경우) 대기시간의 단축화, 균등화로 승객에게 편의성을 제공하도록 시간분포를 제어하는 기능이다.

즉, 대기시간 분포제어는 고성능의 Micro-computer가 엘

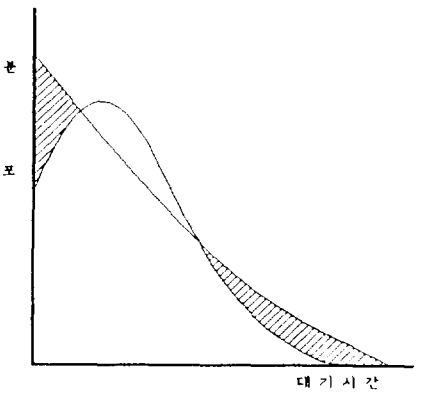


그림 4. 대기시간 분포도

리베이터 운전상황을 Real-time으로 감시하여 Hall에서 호출이 발생되면 예측대기시간 분포를 즉시 연산 처리하여 분포의 평균치, 표준편차 및 예약점도를 변수로 평가함수를 정하여 최적의 엘리베이터에 할당, 서비스 하도록 하는 제어이다.

2.3.2 학습제어 기능

승장에서 수시로 발생되는 Hall의 호출, 시시각각으로 변화하는 승장인원과 Car내의 승객수등 이런 현상은 엘리베이터의 운행에 있어 규칙성이 없이 발생되고 있지만 건물마다 엘리베이터의 이용형태는 하루, 주간, 또는 월별간의 주기에 따른 일종의 규칙성이 있다.

엘리베이터의 실가동 상태의 Data를 시간, 요일 및 층단위로 분석, 정리하여 기억시키게 하는 것이 학습기능이다.

이들 Data는 군관리제어에 있어 최적 Car를 결정하게 하는 평가식의 파라메터로 사용하여 어느 시간대에 어느층에서 승객출입시간이 길거나 짧은가 등을 예측치로 하여 평가식에 반영하는 것이다.

그림 5는 학습기능 순서의 알고리즘을 나타낸 것이다.

이외 출퇴근시 운전, 특정층 집중운전, VIP서비스 운전,

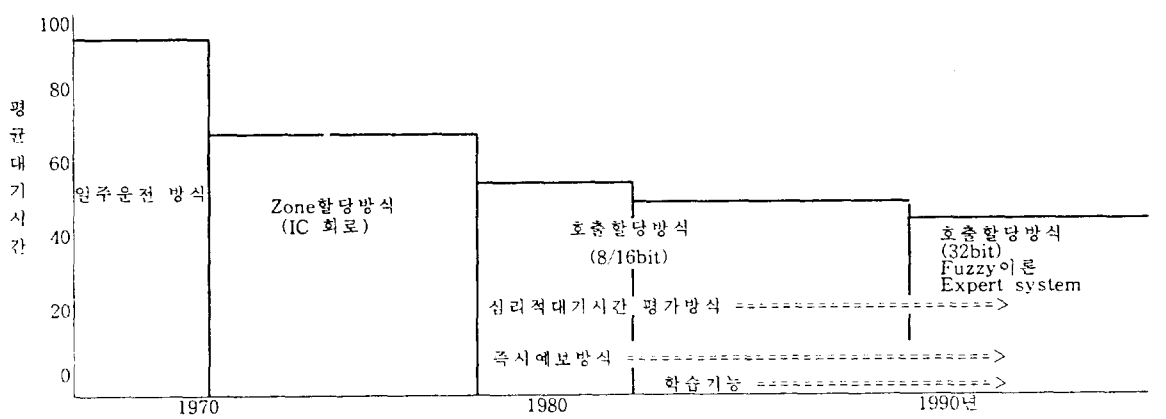


그림 3. 군관리방식의 변천

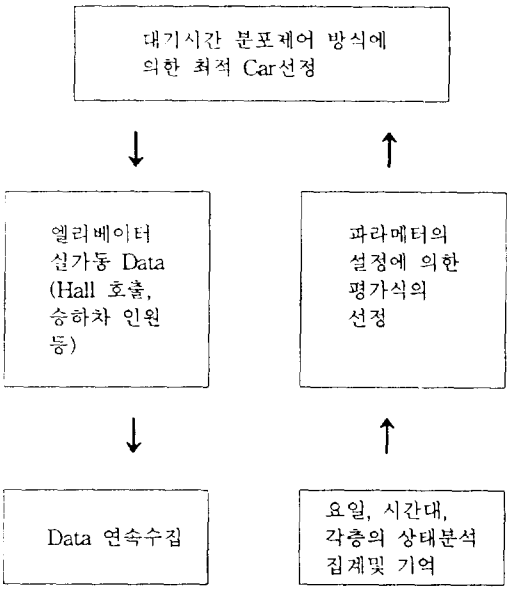


그림 5. 학습기능의 순서 알고리즘

휴일운전, 고장엘리베이터의 분리, 분산대기 운전, 절전서비스 운전 및 시스템 back up등 운행관리에 있어서 승객의 요구를 만족시킬 수 있도록 하는 기능이 요구되고 있다.

3. 군관리시스템 구성의 개념

군관리 시스템 구성의 기본 개념은 엘리베이터의 효율적인 운행관리와 승객에게 불쾌감을 주지않는 서비스 관리등으로 이용자에게 신뢰감을 향상시키는데 목적이 있다.

그림 6은 최근 군관리시스템 구성의 개념을 나타 낸 것으로 운행관리에 있어 높은 예약 적중율과 시스템전체의 최고의 효율의 필요성이 제고되고 있다.

따라서, 군관리시스템의 구성으로 엘리베이터의 상태예측에 Fuzzy Model를 이용하고 예측치가 가지는 불확실성과 시스템 성능평가에 관한 전문가 시스템이 대두되고 있다.

4. Fuzzy 이론을 이용한 군관리 제어

4.1 군관리의 Fuzzy 이론 응용개념

사람이 어떤 의사결정을 하는 과정과 똑같이 제어대상의 예측 Model를 Fuzzy Model로 하여 예측상태에서 Fuzzy Rule를 사용하여 제어대상을 평가하고 제어지시로 의사결정을 하게 하는 것이 기본적 Fuzzy 이론의 개념이라고 본다.

엘리베이터의 운행에 있어 각 승장에서 발생하는 현상을 목적으로 하여 예측 Model화로 Fuzzy rule에 따른 평가량을 Fuzzy Model로 표현 할 수가 있다.

그림 7에서 목적을 대기시간, 혼잡도로 하여 Fuzzy 제어의 개요를 나타낸 것으로 제 1호기에 할당하는 것을 가정

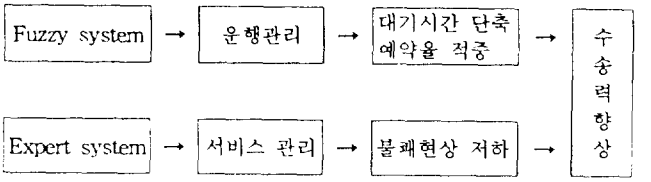


그림 6. 군관리시스템 구성의 개념

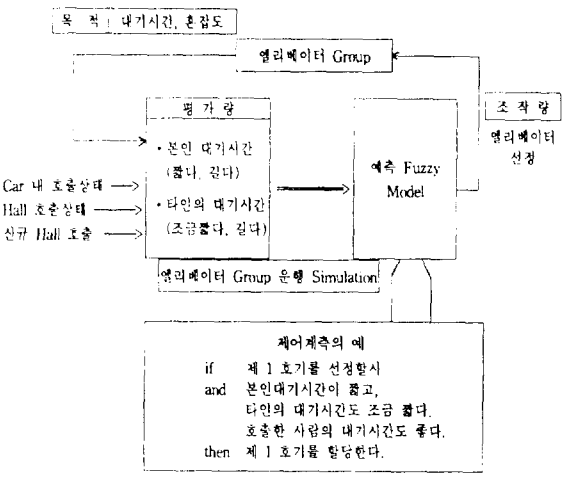


그림 7. 엘리베이터 군관리의 Fuzzy 제어개념

한 경우 엘리베이터 Group의 동작을 simulation하여 예측한 각 대기시간을 평가항목으로 심리적 영향을 고려한 엘리베이터 Group과 승객의 상황을 Real-time을 적용하여 적절한 할당이 실행될수가 있게 한 것이다.

4.2 Fuzzy 제어방식

4.2.1 Fuzzy 제어

Fuzzy제어에 있어 가장 중요한 것은 제어대상의 예측 Model를 Fuzzy Model로 하여 예측상태에서 Fuzzy Rule를 적용하여 제어대상을, 평가하여 제어 지시를 결정하는 것이다.

엘리베이터 운행에 있어 예측 Model화는 각 승장에서 발생되고 있는 현상에 대하여 응답시간을 Fuzzy Model를 이용하여 표현한다. 엘리베이터 시스템 상태, 각 시점에서의 건물고유의 교통흐름에 따라 예측치를 취하여 그 값을 연산하여 어떤 폭을 갖는 분포로한 애매한 양을 취급하게 한다.

평가는 제어지표로 하여 다음 항목을 선정한다.

① 장시간 대기시간을 없앤다.
② 빠르게 응답하는 승장호출을 증가시킨다.
③ 최대 대기시간을 양호하게 한다.
④ 예보의 빗나감을 방지한다.

선정된 4항목을 제어지표로 하여 Fuzzy Model를 구성하여 보면 다음과 같이 표현 할 수가 있다.

대체안을 가정한 경우, 즉 j호기를 선정한 경우 목표치 γ_i에

서의 편차 e_{ij}를 승장응답시간의 예측분포에서 구한다. 한편 대체안을 가정하지 않는 경우의 편차 e_{0j}를 같은 방법으로 구하여 가정으로 선택한 편차 변화분 $\Delta e_{ij}(=e_{ij}-e_{0j})$를 구하고 Fuzzy Rule Set에서 Fuzzy제어형추론으로 평가치 v_{ij}를 구한다.

[Fuzzy Rule Set]

if $(e_{ij}=A_{ik}$ and $\Delta e_{ij}=B_{ik})$

then $(v_{ij}=C_{ik})$

$(i=1\cdots4),(j=1\cdots N),(k=1\cdots9)$

여기서 e_{ij} : 예측치의 목표에서의 편차

Δe_{ij} : 가선택하였을시 편차의 변화

v_{ij} : 평가치(i : 평가항목, j : 엘리베이터의 호기)

평가치 v_{ij}는 개별평가항목에 대하여 Fuzzy 평가 Rule로 애매성을 포함한 추론결과(숫자표현)를 호기 j의 정량치로 평가 되게 하는 것이다.

즉, 명제적합도 e_{ij}를 구하면,

$$E_{ij}=\int_e \mu E_{ij}(x)/x \text{ 에서}$$

$$e_{ij}=\mu E_{ij}(x(t))$$

$x(t)$: 시스템의 상태·(현시점에서 관측)

그러므로 목표치 r_i 는

$$r_i=e_{ij}\cap\cdots\cap A_{ik}=\min_{j=1\cdots k}(e_{ij})$$

로 된다.

따라서 전체 평가항목 i와 호기 j에 대한 연산결과로 최소가 되는 호기를 최적의 엘리베이터로 선택할 수가 있다.

전 조건부 e_{ij}와 Δe_{ij}에 대하여 3단계의 Fuzzy값으로 표현하면 A_{ik}, B_{ik} Function은 그림 8과 같이 나타 낼 수가 있다.

여기서 PB는 가장크게, ZO는 Zero 부근및 PM은 약간 크게됨을 알 수 있다.

후 조건부 v_{ij}에 관해서

$$V_{ij}=\int_v \mu v_{ij}(z)/z$$
$$=\int \mu C_{ik}zr_i/z$$

여기서 후조건부의 통합화한 제어지령의 추론결과(z)는

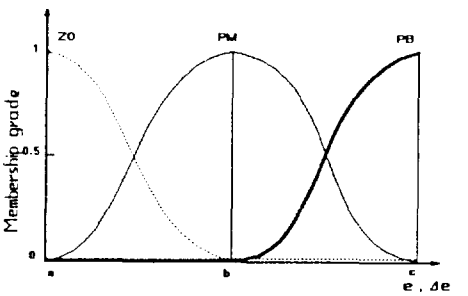


그림 8. Fuzzy Function A_{ik}, B_{ik}

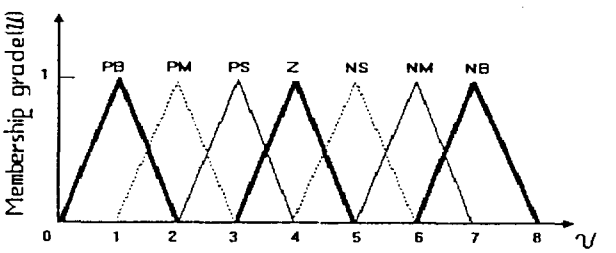


그림 9. Fuzzy Function C_{ik}

$$z=\int_z \mu_z(z)/z$$
$$=\int_z \max_{i=1\cdots N} \mu C_{ik}(z)/z$$

가 된다.

이것을 삼각형 Fuzzy 변수를 사용하면 그림 9와 같이 7단계 Fuzzy값으로 표현할 수가 있다. PB는 양(+)측의 최대치이며, NB는 부(-)측의 최대치 이다.

4.2.2 Fuzzy 제어의 군관리 운행 예

[Fuzzy Rule Set]

if (상방향 층에서 승장 호출 발생)

and (어떤 Car(A)를 할당함으로써 상방향층으로 Car를 집중시킨다)

then (상기의 성질(A)를 갖는 Car를 제외, 남은 모두를 할당후보Car로 한다)

(할당후보 Car중에 평가치 최소의 Car를 할당한다)

위와같은 현상이 승장에서 발생되었다고 가정할때, if(애매성 조건), then(실행순서)으로 기술된 Fuzzy Rule Set에서 실제호출로 Car가 할당되는 예를 그림 10의 경우로 생각하여 보자.

12층의 건물에 1~4호기의 엘리베이터가 설치되어 운행하고 있다. 가장 혼잡한 층은 1층이라고 한다. 지금 1, 3호기

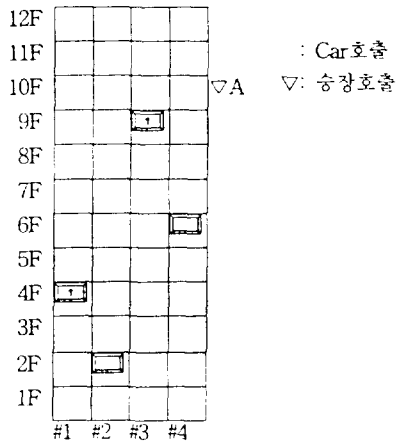


그림 10. 호출발생시 상황

는 4층, 9층에서 상방향으로 운행중에 있으며, 8층, 11층과 12층에서 Car호출을 가지고 있으며, 2호기는 2층, 4호기는 5층에서 대기중에 있다.

이런 상황에서 10층에서 하방향의 Hall호출이 발생한 경우 가장 빨리 응답할 수 있는 엘리베이터는 6층에서 대기중에 있는 4호기 이다.

그래서 1호기, 3호기, 4호기의 3대 엘리베이터가 상방향에 집중하게 된다.

따라서 혼잡한 1층, 하방향층에 새롭게 발생되는 호출에 대해서는 2호기 1대로 교통수요를 처리할 수 없게 되어 서비스 저하가 예상된다.

이 경우 2호기, 4호기를 하방향층으로 보내야 한다. 따라서, Fuzzy Rule Set가 필요하다.

그림 11은 이 Rule Set의 조건부로 사용하는 Membership Function을 나타낸 것이다.

① (a)그림에서 상방향 호출발생에 대한 적합도는 10층에서 0.8로 된다.

② (b)그림에서 각 Car에 할당하였을시 호출 Car의 집중도에 대한 적합도는 2호기는 0.9, 4호기는 0.8이 된다.

그래서, Rule 전체의 적합도는 (a), (b)그림에서 Minimum 연산을 구하면, 2,4호기는 0.8이고 1,3호기는 0이 된다.

이 결과 2,4호기는 할당후보 Car에서 제외되고 1,3호기 중에 대기시간 평가가 최소인 3호기를 할당하여 호출 Car로 선정한다.

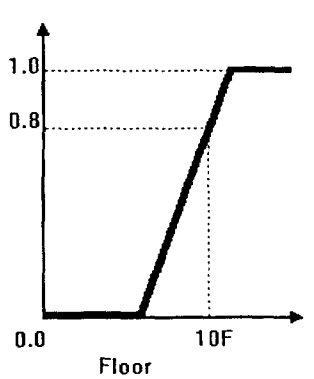
5. 결 론

엘리베이터의 운행관리에 있어 종래의 제어방식은 예측치가 가지는 불확실성과 예측치를 이용한 평가에 관한 인간의 애매한 판단기준에 대하여 표현하기가 매우 곤란하여 엘리베이터의 서비스 기능이 저하되는 원인이 되기도 하였으나 최근 Fuzzy이론을 적용하여 엘리베이터 군관리제어를 할수 있게 됨으로서 엘리베이터 시스템의 효율을 최대화 함으로서 승객에게도 쾌적함을 갖게 할 수가 있게 되었다.

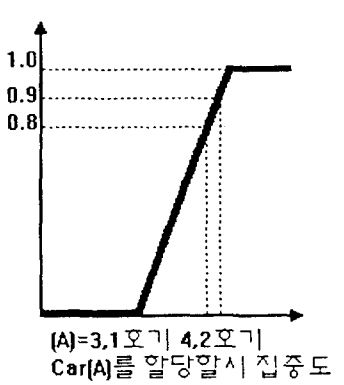
향후 Human-Interface를 고려한 엘리베이터 운행의 고도화를 위한 기술발전으로 Intelligent Building에 대응할수 있는 엘리베이터 제어시스템이 Fuzzy이론과 현대제어 이론을 중심으로 계속적인 연구와 기술개발이 이루어 져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] S. Z. YASOONOB : Fuzzy Engineering, pp130~132
[2] Automation : Fuzzy system Control, Vol 35, No.4, pp11-12
[3] Y.G. HASEGAWA : Fuzzy Business, pp53-57
[4] Y. HARADA. S. KUBO : Elelvator Group Supervisory Control System with Artificial Intelligence Functions,



(a) 상방향층에 호출방생



(b) 상방향층에 Car 집중

그림 11. Membership Function

Toshiba R, Vol 44, No.9, 1989
[5] GEORGER, STRAKOSCH : Vertical Transfortation Elevators and Escalators, pp36-38
[6] N. H. TERAZONO : Elevator HI-TECH Technology, pp69-77
[7] T. O. KIUURA : Elevator and Escalator, pp219-220
[8] J. S. LEE : Tendency of Group Control for Elevator, Monthly Elevater & Parking System, No.14, 1994
[9] TOSHIBA MANUAL : Group Control & System Method

저 자 소 개

이지수(李枝秀)

1944년 4월 13일생. 1967년 2월 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 2월 한양대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 8월 기술사 취득(전기기기 분야). 1978년 한관산기(주) (기술부장, 이사). 1986년 동양에레베이터(주) (기술이사, 상무이사(공장장)). 현재 한국전기공업협동조합(기술, 진흥담당이사) 및 동양공업전문대학교 산업체 겸임교수.