

# 효율적인 엘리베이터 운행에 관한 연구

김 중삼<sup>\*</sup>, 박 만식, 이 석규, 이 달해  
(영남대학교 전기공학과)

## A study of an efficient operation mode of elevator

Jong-Sam Kim<sup>\*</sup>, Man-Sik Park, Suck-Gyu Lee, Dal-Hae Lee

Department of Electrical Engineering, Yeungnam University

### Abstract

This paper proposes a new operation algorithm for elevator by considering both better service for passengers and minimization of energy consumption for elevator operation. The main idea of the proposed operation algorithm is based on the assumption that passengers push the numbered buttons indicating their destination, one of the main differences of proposed operation mode from the conventional one is that the elevator may move to the opposite direction for a few floors according to the rescheduled operational pattern determined by some factors. Some examples by computer simulation show the efficiency of the proposed operation algorithm.

### I. 서론.

Elevator는 사무실용 빌딩과 아파트 등의 승객 수송 및 생산공장 창고와 고층 차고 등에서의 하역운반 설비로서 그 필요성이 더욱 급증하고 있는 수직교통 수단이다. Elevator의 운행 방식에서는 그 운반 대상에 따라, 단식 자동방식, 방향성 승합 전자동식, 방향성 승합 전자동 운전 수부 겸용 방식, 수송계획 자동 선택군 관리 전자동 방식, 상호충 제어 방식 등이 있다. (2) 그러나 일반적으로 이러한 방식들은 단순한 운행법은 사용함으로써 승객들의 평균대기 시간 및 에너지 소비를 효과적으로 줄이지 못하고 있다.

본 연구에서는 기존의 운행 방식과는 달리 dynamic하게 적절한 승강기 운행 방향을 결정 하므로써 이러한 문제에 보다 더 효과적으로 대처할 수 있는 운행 algorithm에 대하여 연구하고자 한다. 일반적으로 어떤 system의 수학적 모델이 주어진 경우, 해석적 방법에 의하여 필요한 결과를 얻을 수 있으나 그렇지 못한 경우, 수치 계산법에 의해 얻을

수 있다. 여기서는 연구 대상의 특성상 수리적인 모형을 만들기는 곤란하므로 몇몇 적절한 model을 대상으로 computer simulation을 통한 그 효율성을 예시하고자 한다. (1), (4)

### II. Elevator의 설치에 고려해야 될 사항.

엘리베이터의 설비 계획상 엘리베이터를 설치하고자 할 때에 이용자에 대한 서비스 측면에서 보면

- (1) 교통 수요에 충분한 대수여야 할 것.
- (2) 이용자의 대기시간을 어느 허용치 이하로 할 것.

등을 고려하여야 한다. 그러나 전체 system의 효율적인 측면에서는 이용자의 전체적인 대기 시간을 줄이며 또 어떤 경우에는 이용자의 대기시간을 조금 늘더라도 에너지의 소모를 줄이는 경우를 생각할 수 있으며, Elevator가 여러 대인 경우, 부하의 균일성에 대해서도 고려하여야 한다.

일반적으로 elevator의 전력 소비량은 (1) 부하의 대소, 승강의 방향, 운전 방식, 단위 거리당 정지수, 및 (2) 전동 발전기의 효율에 따라 변한다. 그러나 elevator의 용도 및 maker에 따라서 그 특성이 차이가 나므로 여기서는 단순한 model을 대상으로 연구하고자 한다.

### III. Elevator의 운행 방식.

기존의 elevator의 운행 방식은 단식 자동 방식, 방향성 승합 전자동식, 방향성 승합 전자동 운전 수부겸용 방식, 수송 계획 자동 선택군 관리 전자동 방식, 상호충 제어 등이 있으나, 본 연구에서는 아파트, 중형 빌딩, 호텔 등에서 가장 보편적으로 쓰이고 있는 방향성 승합 전자동식을 그 대상으로 삼았다. 이 방식은 출입구에 승강 양방향을 표시하는 2개의 button이 있으며, button의 누름은 다수가 기억이 되며, 누른 순서와 관계없이 순차적으로 같은 방향의 누름에 응답하여 정지하고, 그 전방에 부름이 없다면, 그

층에서 대기하다가, 그 후 최초의 button 누름에 응답한다.

1. 기존의 elevator에 대한 시뮬레이션을 위한 가정

Elevator의 운영을 simulation하기 위해서는 주어진 층 수에서 다음과 같은 가정하에서 운영이 된다고 생각한다.

- ① 각 층에서 기다리는 이용객은 FIFO(first-in-first-out) 규칙을 따른다.
- ② 이용자들은 가려고 하는 방향과 같은 방향으로 가는 elevator를 탄다.
- ③ 이용자의 도착시간은 poisson 분포에 따르며, 가려는 층의 선택은 random number를 발생시킨다.
- ④ Elevator의 용량, elevator의 운영 속도 및 이용자의 승하차 시 걸리는 시간은 임의로 정한다.
- ⑤ Elevator의 전력소모는 운행층수, 운행방향, 멈춤 회수, 탑승객의 수에 따라 변한다.
- ⑥ 탑승하고자하는 사람의 탑승가능 인원보다 많을 때는 탑승가능 인원만 승차한다.
- ⑦ Elevator 내의 탑승객이 없고, 정지하고 있는 경우는 제일 먼저 button을 누른 승객에게로 진행한다.

2. 제안된 elevator의 운행방법.

여기서는 각 층에서 이용자가 가려는 층의 번호가 적힌 button을 elevator의 밖에서 누르며, 또한 elevator의 진행 방향 결정은 아래와 같은 algorithm에 의해서 행하여 진다.

이 방식에서의 simulation을 위한 가정은 1에서의 가정에서 ②를 제외하고는 같으며, 다음이 더 첨가된다.

- ① 이용자의 탑승 결정은 그가 선택한 가고자 하는 층의 번호가 적힌 누름 button의 불이 on 된 후 주어진 진행 방향 판단 함수에 의하여 결정이 된다.
- ② 진행하려는 방향의 반대쪽에 탑승을 원하는 승객이 있을 경우 주어진 criterion을 만족시키면 그 층으로 가서 승차를 시킨 후 원래의 방향으로 진행한다. 여기서는 단순히 elevator가 가려는 최고(최저)층과 그 반대쪽의 button을 누른 층수의 차이가 3이하일 경우에 반대방향으로 가서 승객을 태우고, 거기서는 4층이상 진행할 때까지는 반대방향의 button 누름을 무시한다고 가정하였다.

이 방식은 그림1과 같은 간단한 예에서 보듯이 기본적으로 elevator의 총운행 층수를 줄임으로써 elevator의 전력소모 및 이용자의 평균 대기 시간을 줄이며, 효율적으로 운영이 될 수 있다.

그림1의 번호는 elevator의 운행 순서를 나타내며, 현재 elevator가 A층에서 C층을 향해 출발하려고 하고 있다. 승객A는 n층에서 m-1층으로, 승객B는 n-1층에서 m층으로 가고자 한다. 그림1은 elevator가 n층에서 승객A가 탑승하고 난 후 승객B가 곧 바로 button을 누른 경우이다. 이 때

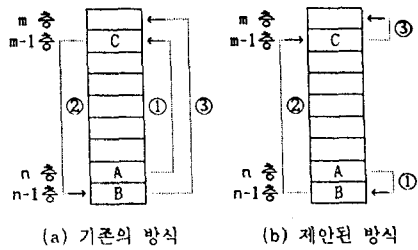


그림 1. Elevator의 운행 방법

elevator의 총 운행 층수는 기존의 방법인 경우에는  $3(m-n)$ 이며, 제안된 방법인 경우  $(m-n+2)$ 층인 것을 알 수 있다. 따라서 이 경우 단순한 계산으로는  $m-n > 2$  인 경우 제안된 방법이 elevator의 총 운행 층수에서 유리하다는 것을 알 수 있다. 이러한 총 운행 층수는 승객들의 총 대기시간 및 에너지 소비량과 밀접한 관계가 있으므로 매우 중요하다고 할 것이다. 따라서 elevator의 효율을 증가시키기 위해서 혹은 총 승객들의 대기시간을 줄이기 위해서 원래의 진행방향과는 반대층의 승객을 태울 수 있는 조건을 찾는 것은 매우 중요하다.

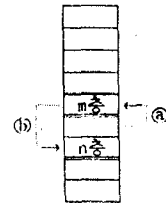


그림2. Dead lock이 생기는 경우의 예

그러나, elevator의 운행방향 결정함수를 잘못 선택할 경우 그림2에서 보는 것처럼 m층 및 n층에서 탑승하려는 승객이 계속 적절할 시기에 도착할 경우, ②-①-②... 방향의 운행유 계속함으로써 m층 및 n층 사이에서 dead lock 이 생기는 수가 있다. 이경우에 적당한 다른 function(예를 들면 역방향 운전회수의 제한)들을 고려해 줌으로써 벗어날 수가 있다.

IV. Simulation

Simulation은 Ⅲ의가정에 따라 행하여 지며, elevator의 운행 성능 평가는 다음과 같은 기준에 의해 행하여 질 수 있다.

- ① 전력 소모, ② 대기 시간, ③ 이용률 등이다.

그러나 여기서는 연구 목적상 경우에 따라서는 이용률은 모든 경우 기의 일정한 경우를 대상으로 한다.

elevator의 속도, 및 simulation에서 고려되어야 할 특성은 elevator의 사용 목적 및 maker에 따라 다르나 여기서는 승객 1인당 타는 경우 3.5초, 내리는 경우 3.25초, 1층 통과 시간은 5초, 문의 개폐에 걸리는 시간은 각각 1초가 걸린다고 가정하였다. 또한 elevator의 용량(최대 탑승

가능 인원)은 15인으로 하였으며, 1 층으로가려는 혹은 1 층에서 탑승하려는 승객의 숫자는 일층층의 k 배 (k는 층수에 따라 조절)로 하였다.

또한 이용자의 도착 시간은 poisson 분포라 가정한다.<sup>[3]</sup>

$$p(n) = \frac{(\lambda \cdot t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!} \quad \text{이며,}$$

$\lambda$ 는 단위 시간당 도착한 사람의 수를 나타낸다. 승객의 이용율은 elevator가 움직일 때 각 층간의 탑승객의 총 수를 총 이동 층수로 나눈 것이다. 승객의 평균대기 시간이란 승객이 button을 누른 후 목적지에 도착했을 때까지의 소모된 시간의 평균을 말한다. 총 소비되는 에너지는 elevator의 특성에 따라 크게 좌우됨으로 여기서는 소비되는 에너지를 구하는 대신 거기에 필요한 data 만을 제시하였다.

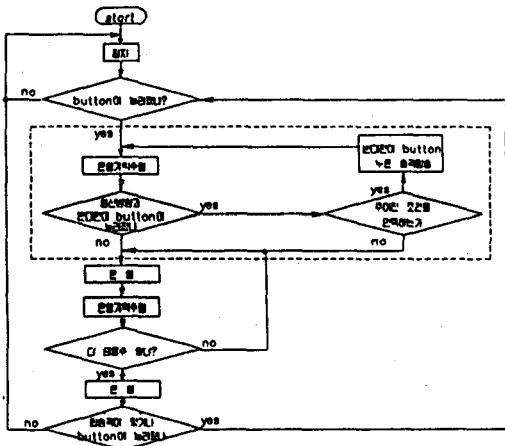


그림 3. 간략화 된 제안된 방식의 운행 순서도

평균 도착시간	운영법	정지 회수	평균 대기시간
50/3초	기존	1395	3.03분
	제안	1374	2.82분
25 초	기존	1592	2.85분
	제안	1495	2.61분
100/3초	기존	1681	2.54분
	제안	1567	2.30분
50 초	기존	1801	2.32분
	제안	1790	2.30분

표1. 평균 도착시간의 변화에 따른 기존 방법과 제안된 방법의 비교(15 층, 2700명인 경우)

층수	평균 도착시간	총 승객수	운영법	정지 회수	평균 대기시간
5	25 초	1600	기존	783	0.86분
			제안	792	0.92분
10	50 초	1950	기존	1585	2.17분
			제안	1562	2.01분
15	50 초	2700	기존	1801	2.32분
			제안	1790	2.30분
20	50 초	3450	기존	2192	3.45분
			제안	2062	3.10분
30	10 초	4950	기존	2970	4.25분
			제안	2720	3.97분

표2. 층수의 변화에 따른 기존 방법과 제안된 방법의 비교

표1은 기존의 방법과 제안된 방법에 대한 승객의 도착시간 분포 밀도의 변화에 따른 승객의 평균 대기시간, 정지회수, 상승한 층수, 탑승객 수, 하강한 층수, 등을 나타내고 있다. 여기서 평균 도착시간이 작은 경우 기존의 방법보다 제안된 방법이 에너지를 덜 소모하고 있으며 평균 도착시간이 큰 경우는 비슷하다. 표2는 층수에 따른 기존의 방법과 제안된 방법에서의 승객들의 평균 대기시간을 비교하였다.

위 결과에서 보듯이 제안된 방법은 기존의 방법에 비하여 대부분의 경우 효율적이라는 것을 알 수 있으며, 이러한 결과는 보다 더 적절한 elevator 진행방향 함수를 사용함으로써 더 좋아질 수 있을 것이다.

본 simulation은 Intel의 80386-33 MHz CPU 를 가진 IBM PC를 사용하여 행하여 졌다.

### V. 결론

실제로 elevator의 운행에 있어서는 elevator의 효율을 높이는 것외에 승객의 승차감을 고려하여야 한다. 일반적으로 승차감과 주행 시간은 반비례하는 경향이 있으므로 가속 및 감속시 승차감을 중요한 factor로 elevator의 운행이 결정되어야 한다.

최근 아파트나 사무실용 건물등은 고층화 되어 가는 추세이며, simulation 결과에서 볼 수 있듯이 제안된 운영법은 그러한 경우 보다 더 효율적이다. 각 층에서 기다리는 승객의 숫자를 알면 새로운 criterion에 의하여 보다 더 효율적으로 운행이 될 수가 있으며, 제안된 algorithm 을 바탕으로 복수의 elevator의 운행에 대해서도 적용할 수 있을 것

이다. 만일 승객의 승하차 pattern을 알고 있으면 보다 더 그 상황에 맞는 효율적인 algorithm을 개발 할 수 있을 것이다.

VI. Reference

- [1] 박 종현, "엘리베이터 운영체계 결정을 위한 시뮬레이션 모형", 영남대학교 사회과학연구소 연구보고, 제 9집 1권, pp.261-278, 1989.
- [2] 신 대승, "승강기 안전 설계 기준 I - II", 공업 진흥청 보고서, 1979.
- [3] Gordon, Geoffrey, "System Simulation", 2nd Ed, Prentice-Hall Inc, 1978.
- [4] H.A.Taha, "Operation Research : An Introduction", 4th Ed, Macmillan pub. Co., 1987.