



리니어모터를 이용한 로프리스 엘리베이터의 기술동향

이 주*

(*한양대 공대 전자전기공학부 교수)

1. 서론

현대사회는 대도시의 인구집중현상과 그에 따른 지가상승에 의해 빌딩이 더욱 고층화 되어가고 있고 실제로 1000m가 넘거나 200층이 넘는 고층빌딩의 건설도 논의되고 있다. 이와 같이 빌딩이 고층화됨에 따라 엘리베이터의 고속화와 고성능화가 요구되어지고 있으나 기존의 로프식 엘리베이터는 로프장력에 따른 엘리베이터 운행 높이의 한계로 인하여 초고층빌딩의 엘리베이터로서의 적용에 많은 문제를 가지게 된다. 또한 빌딩이 고층화 되어갈수록 건물 중에서 엘리베이터가 차지하는 공간이 더욱 증대된다. 미쯔비시사의 계산에 의하면 그림 1에서와 같이 빌딩이 고층화 될 수록 엘리베이터가 빌딩의 전체공간에서 차지하는 공간비가 거의 선형적으로 증가하여 100층 빌딩에서는 승강구와 벽 기계실을 포함한 엘리베이터의 공간이 빌딩전체 공간 중에 약 30%까지 증가된다. 이와 같이 엘리베이터가 차지하는 공간점유율의 증가에 의해 빌딩의 경제성이 저하된다.

기존의 로프식 엘리베이터의 기술적, 경제적 한계를 극복하기 위해서는 하나의 통로에 여러 대의 승강기를 운전시키는 멀티카 개념의 엘리베이터의 개발이 필요하게 되었다. 멀티카 개념의 로프리스 엘리베이터 기술의 핵심은 기존의 견인전동기의 회전력 또는 리니어모터의 직선력을 케이블을 통하여 승강기를 견인하는 방식에서 벗어나 직접 직선운동을 얻는 리니어 모터 기술이다. 리니어 모터는 기존의 회전형 모터와 같이 리니어 직류모터, 리니어 동기모터, 리니어 유도모터가 있으나 모터의 출력, 효율, 전원공급의 편리성 및 안전성 면에서 영구자석형 리니어 동기모터가 가장 유리한 것으로 알려져 있다.

로프리스 엘리베이터 시스템은 서스펜션 케이블이 불필요하게 되어 로프강도에 따른 문제와 수직진동의 문제를 동시에 해결할 수 있고 복합승강기운전에 의해 기존방식의 엘리베이터의 공간점유율보다 낮은 공간점유율을 가질 수 있다. 그러나 로프리스 엘리베이터 시스템을 실용화하기 위해서는 모터의 효율증대, 지선 구조를 갖는 회전시스템의 구성 및 시스템 자체의 안전성과 신뢰성의 향상 등 반드시 해결되어

야 하는 문제들이 남아있다.

본고에서는 기존의 로프식 리니어모터(견인전동기식, 리이어 모터식)와 로프리스엘리베이터의 기술적인 개요 및 특징을 소개하고 앞으로 로프리스 엘리베이터의 실용화를 위하여 극복해야할 기술적 경제적 문제에 대하여 요약하여 보았다.

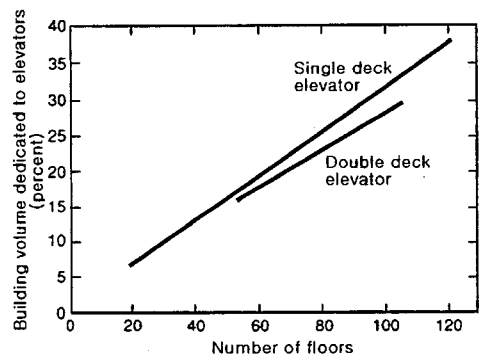


그림 1. 건물의 층수에 따른 엘리베이터 공간의 점유율

2. 견인전동기를 이용한 엘리베이터

2.1 고층빌딩용 견인전동기식 엘리베이터의 기술적 문제

1983년까지 세계에서 가장 빠른 엘리베이터는 1978년 일본의 도쿄에 세워진 60층의 Sunshine빌딩에 설치된 엘리베이터로 초속 10m로 운전된다. 최근에는 모터 제어기술과 제작기술의 발달로 더욱 빠른 엘리베이터의 제작이 가능하게 되어, 70층 짜리 Landmark Tower빌딩에 12.5m/s의 엘리베이터를 설치하게 되었다. 빌딩이 더욱 고층화됨에 따라 엘리베이터의 고속화가 더욱 요구되므로 기존의 엘리베이터가 가지는 기술적인 문제가 더욱 크게 대두될 것으로 판단된다. 고층빌딩에 적용되는 엘리베이터가 가지는 문제점은 수직진동(vertical oscillation), 수평방향의 흔들림(horizontal swing), 안전성(safety), 승강구 바닥의 버퍼(buffers), 승강기의 소음(car noise), 탑승자의 불쾌감(ear discomfort), 케이블 길이의

한계로 나눌 수 있다. 이러한 문제점들에 대해 살펴보면 다음과 같다.

· **수직 진동** : 로프는 강철로 된 케이블로서, 다소간의 스프링 계수를 갖는다. 이는 로프의 길이가 작을 경우에는 문제되지 않으나 로프가 길어질 경우에는 모터의 토크 리플 같은 매우 적은 외란에 의해서도 승강기를 수직방향으로 진동하게 된다. 이러한 문제는 케이블 시스템의 공진 주파수가 토크 리플의 주파수에 근접하거나 같을 경우에 더욱 커지게 된다. 이러한 조건하에서는 극심한 수직 진동이 발생하여 엘리베이터의 속도를 제어하는 시스템을 불안정하게 만들게 되어 승강기의 속도를 제어하기가 대단히 어려워진다.

· **수평방향의 흔들림** : 엘리베이터 승강기가 승강구를 이동할 때 승강기는 승강구 벽에 설치된 수직방향의 레일에 의해 안내된다. 즉, 승강기의 위와 아래에 설치되어 있는 가이드 슈(guideshoe)가 레일에 접촉하게 된다. 엘리베이터 승강기의 수평방향의 흔들림은 레일의 부정확한 결합 등에 의한 굴곡에 의해 발생한다. 실험에 의한 결과를 보면, 이러한 흔들림의 양은 승강기의 속도에 비례해서 증가된다.

· **승강기의 소음** : 승강기의 소음은 주로 승강기가 운행할 때 승강구 내부의 공기에 의해서 발생하는 공기소음(wind noise)과 가이드 슈의 롤링에 의해서 발생하는 롤링소음(rolling noise)으로 나눌 수 있다. 이때 공기소음은 승강기 주위의 공기의 속도의 6승에 비례한다.

· **안전성** : 엘리베이터의 안전장치들은 케이블 시스템이 손상되었을 때 승강기가 아래로 떨어지는 것을 방지한다. 그것들은 승강기의 아래부분에 설치되어 있으며, 승강기의 속도가 정격한계를 넘어서면 작동하여 승강구 양쪽에 위치해 있는 레일을 붙잡게 된다. 안전장치가 작동하게 되면 가이드 슈는 막대한 양의 운동에너지를 급속하게 흡수하게 되고, 이것은 온도의 급격한 상승을 초래하게 된다.

· **승강구 바닥의 버퍼** : 버퍼들은 승강구 바닥에 설치되어 승강기나 카운터웨이트(counter weight)가 바닥에 충돌하는 경우에 그 충격을 적절한 수준으로 완화시켜주는 기능을 가지고 있다. 고속의 엘리베이터에서는 보통 오일이 채워진 버퍼가 채택된다.

· **탑승자의 불쾌감** : 엘리베이터 승강기가 승강구 내에서 가속될 때에는 공기압의 급격한 변화가 일어난다. 만약 그 변화가 너무 빠르게 되면, 승객들은 귀에 통증 또는 불쾌감을 느끼게 된다.

· **케이블 길이의 한계** : 고층빌딩의 엘리베이터에서 발생하는 기술적인 문제들 중의 하나는 케이블의 강도와 무게에 의해서 결정되는 운행높이의 한계이다. 이러한 운행높이의 한계는 로프의 강도, 단위 길이당 로프의 무게, 승강기의 무게, 로프의 수, 그리고 안전계수의 다섯 가지 변수들의 함수로서 계산될 수 있다. 승강기의 중량에 따른 기존 엘리베이터 시스템의 높이의 한계를 그림 2에 나타내었다. 그림 2는 10개의 로프를 사용한 경우로써 로프의 수를 10개 이상으로 하게 되면 장력의 균형을 맞추는데 어려움이 있다. 여기서 안전계수는 10으로 가정하였으나 실제 사용되는 엘리베이터

는 이보다 더 높은 안전계수를 택하고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 6000 kg의 무게(현실적인 값)를 가지는 승강기에서의 이론적인 높이의 한계는 1200m정도이며, 이 수치는 실제로는 수직 진동 같은 다른 문제들로 인하여 더 제한을 받게 된다.

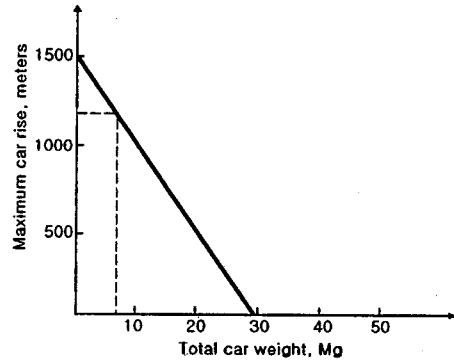


그림 2. 승강기의 중량에 따른 기존 엘리베이터의 높이의 한계

2.2 최신기술

그림 3은 일본의 Landmark Tower에 설치된 12.5m/s의 속도를 가지는 로프방식의 고속 엘리베이터의 개략 도를 나타낸다. 앞에서 언급한 문제들을 해결하기 위해서 이 엘리베이터에서는 다음과 같은 방법들이 사용되었다.

- ① 엘리베이터 승강기의 수직 진동을 감소시키기 위하여, 고성능의 인버터를 채용하고 현대 제어이론을 적용하여 모터를 제어하므로써 진동의 원인이 되는 모터의 토크 리플을 줄였다.
- ② 수평방향의 흔들림을 줄이기 위하여, 가이드 롤러에 오일탱퍼를 채용하였다.
- ③ 승강기의 위와 아래를 유선형으로 설계하여 공기의 흐름을 원활히 하였으며, 승강기의 바닥을 이중으로 설계하고 승강기와 승강구 도어와의 틈새를 차단하므로써 소음을 줄였다.
- ④ 안전장치의 가이드 슈를 높은 온도에서도 견딜 수 있는 세라믹 재질로 제작하였다.
- ⑤ 승강구의 바닥에 설치하는 버퍼는 오일 버퍼를 사용하였다.

이와 같은 기술들을 채용하므로써 고속에서의 문제점들을 어느 정도는 해결할 수 있으나 케이블의 존재 및 공간 이용률의 측면은 계속 풀어야 할 숙제로 남아있다고 할 수 있다.

3. LIM을 이용한 로프식 엘리베이터

3.1 리니어모터

리니어모터는 그림4에서와 같이 회전형 모터를 축방향으로 잘라 펼친 형태로 구조상 편평형과 원통형으로 구성할 수 있다. 리니어모터의 장점은 직접적으로 선형 힘을 발생시킬 수 있기 때문에 기존의 회전형 모터에서 직선적인 힘을 얻

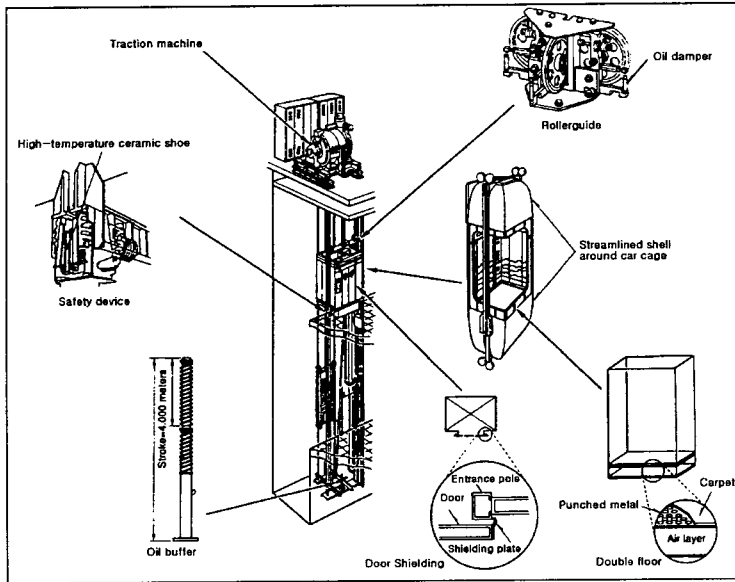


그림 3. Landmark Tower에 설치된 로프방식 고속 엘리베이터의 구조

기 위해 필요한 기계적인 구조를 생략할 수 있다는 것이다. 따라서 직선운동을 필요로 하는 응용분야에서 효율 및 유지보수면에서 우수하여 최근 여러 분야에 응용이 확대되고 있으며, 엘리베이터의 구동시스템으로도 관심을 끌게 되었다. 리니어모터는 기존의 회전형 모터와 같이 리니어 직류모터, 리니어 동기모터, 리니어 유도모터로 구분된다. 이 중에서 리니어 직류모터는 서보용으로 주로 사용되고 견인용으로는 리니어 동기모터와 리니어 유도모터가 주로 사용된다. 리니어 동기모터는 영구자석 또는 권선을 운동전구간에 대하여 설치하여야 하므로 경제적인 면에서 리니어 유도모터에 비하여 불리하다. 이에 비하여 리니어 유도모터는 2차측을 알루미늄 판으로 구성할 수 있으므로 경제적인 면에서 유리하고 또한 구조적으로 강한 특성이 있어 로프식 엘리베이터 용으로는 리니어 유도모터가 유리하다.

엘리베이터시스템에 리니어모터를 이용하는 경우 기존의 견인모터를 사용하는 로프식 엘리베이터에 비하여 다음과 같은 장점을 갖는다.

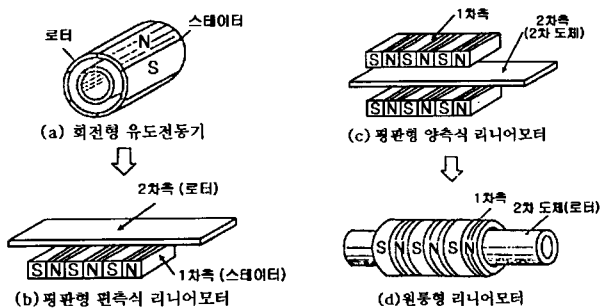


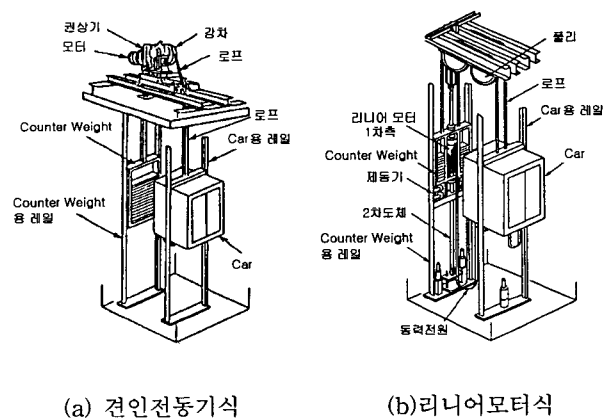
그림 4. 리니어모터의 원리 및 구조

- (1) 기존의 시스템구조를 이용하면 권상기용 기계실을 없앨 수 있어서 공간의 활용상의 이점과, 높이 제한이 있는 중,저층 건물에 효과적으로 이용할 수 있다.
 - (2) 감속기어 등이 불필요하여 진동 및 소음이 감소하고 이들 기구의 축소에 의해 에너지가 절감된다.
 - (3) 운전특성상 승차 감이 좋다.
- 이러한 장점으로 볼 때, 리니어모터를 이용한 로프식 엘리베이터는 매우 효율성이 높다.

3.2 원통형 LIM을 이용한 로프식 엘리베이터

1983년 12월경 Elevator World잡지에 오티스사에서 "Self-Powered Elevator Using Linear Motor as Counterweight" 라고 하는 제목으로 리니어모터를 사용한 신 개념의 엘리베이터의 개발에 대하여 소개하였다. 이 시스템은 로프의 한 쪽에는 승강기를 설치하고 다른 끝에는 리니어모터를 포함한 카운터웨이트를 설치한 방식으로 리니어모터가 직접적인 추력을 발생하는 구동 원으로 사용될 뿐 아니라 카운터웨이트로도 사용되는 방식이다.

그림 5는 견인전동기를 이용한 엘리베이터와 리니어 유도모터를 이용한 로프식 엘리베이터의 구조 도이다. 그림에서와 같이 리니어모터를 사용할 경우 기존의 기계실이 없어지고 풀리로 대체된다. 리니어모터는 구동장치로 뿐만 아니라 카운터웨이트로써도 사용하면 여기에 브레이킹 시스템과 속도 센서 등을 설치할 수 있다. 또한 가이드로는 철에 알루미늄 판을 낸 구조를 사용하여 리니어모터의 2차측으로 사용한다. 이 형태의 엘리베이터는 소비전력면에서 기어 등의 기계적인 구조 등이 생략되어 기계적인 손실이 없어지므로 소비전력이 약 40%까지 절감될 수 있다. 또 다른 장점은 기존의 엘리베이터가 모터, 풀리, 기어, 베어링 등의 기계적인 구조를 가지고 있고 이러한 기계적인 구조는 항상 유지보수가 필요하게 되나 유지보수측면에서 상당히 우수한 특성을 갖는다.



(a) 견인전동기식

(b)리니어모터식

그림 5. 로프식 엘리베이터

리니어모터를 이용한 로프식 엘리베이터는 기존의 엘리베이터가 가지고 있는 장점을 충분히 살리면서 리니어모터의 장점을 첨가한 시스템으로 앞으로 운용상의 신뢰성과 안정성 및 모터 설계기법의 향상에 의해 중,저층 빌딩의 엘리베이터 시스템으로 그이용 범위가 더욱 확대될 것으로 판단된다.

4. 로프리스엘리베이터

4.1 기술의 개요

현재 세계 여러 나라에서 1000m를 넘는 초고층건물에 대한 구상들이 이루어지고 있으며 미래의 초고층건물에 장치될 엘리베이터는 승강구 공간의 최소화와 로프의 사용에 따른 높이의 한계라는 두 가지 문제점을 해결해야 한다. 기존의 로프식 엘리베이터는 견인모터식 또는 리니어모터식 모두가 로프를 사용하여 승강기를 견인하므로 근본적으로 이러한 문제점을 해결할 수 없다. 따라서 리니어모터를 사용하여 하나의 통로(one-shaft)에 여러 대의 승강기(multiple car, multicar)를 동시에 운행하는 로프리스(ropeless) 엘리베이터 시스템의 필요성이 대두되었다. 리니어모터를 사용하여 직접 승강기를 구동할 경우 승강기를 매다는 로프를 필요로 하지 않게 되며, 카운터웨이트, 승강기에 주 전원을 공급하기 위한 전원라인이 없어지게 된다. 따라서 하나의 승강구에 여러 대의 승강기를 운행시킬 수 있으며, 빌딩의 공간 활용율을 높일 수 있게 된다.

로프리스 엘리베이터의 필요 추력에 대해서 살펴보면 기존의 엘리베이터는 보통 정격부하중량의 반을 카운터웨이트를 가진 폴리 시스템으로 구성하므로 견인 전동기가 들어올려야 하는 최대 중량은 그 엘리베이터의 정격 부하중량의 반이 된다. 반면에, 로프리스 시스템에서는 승객의 중량, 승강기 박스 자체의 중량, 리니어모터의 이동자의 중량을 합친 승강기 전체 중량을 들어올려야 하므로 상당히 큰 추력이 필요하다. 따라서 로프리스 엘리베이터 시스템은 순간적으로는 큰 전력으로 운전되지만, 위치 에너지로 저장된 에너지를 하강할 때 적절한 효율로 재발전을 하게되면 그 에너지는 회수될 수 있다.

그림 6과 같이 로프리스 엘리베이터 시스템의 실질적인 에너지 소비는 주로 승강기 중량과 시스템의 효율이라는 두 가지 변수에 의존하게 된다. 엘리베이터 정격의 4배의 중량을 가지는 승강기 시스템에서 시스템의 효율이 80%일 경우, 손실률(loss ratio)은 약 3.6이다.(그림의 P₁점) 또한 승강기의 중량이 반인 경우에는 손실률이 약 1.8(그림의 P₂점)이다. 시스템의 효율을 90퍼센트까지 올리면 손실률은 약 0.84(P₃점)가 된다. 따라서, 로프리스 엘리베이터 시스템이 실용화되기 위해서 승강기 중량의 감소와 전체 시스템 효율의 증가에 있다고 할 수 있다.

4.2 유도형 리니어모터와 동기형 리니어모터

로프리스 엘리베이터에 관한 연구가 가장 활발한 나라는 일본으로 히다찌, 도시바, 미쯔비시 등 엘리베이터와 관련한

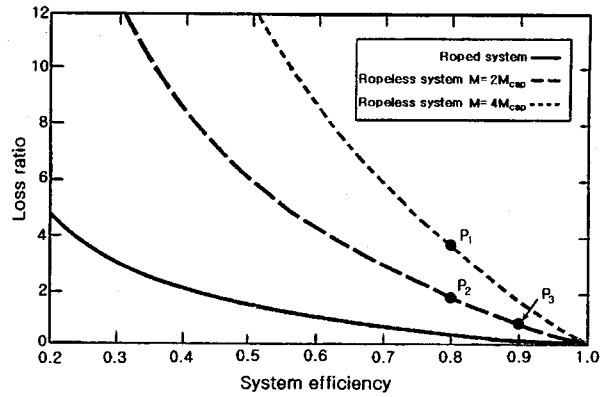


그림 6. 손실비

업체를 중심으로 리니어 드라이브 기술위원회를 구성되어 로프리스 엘리베이터의 연구개발에 열중하고 있다. 1994년에 열린 일본 전기학회 전국대회 심포지움에서 리니어드라이브 기술위원회가 “로프리스 엘리베이터의 리니어모터 적용의 검토”라는 기술자료를 발표하였으며, 이 발표에 의하면 시스템 구동원으로는 영구자석을 이용하는 동기형 리니어모터가 가장 효과적인 것으로 발표하였다. 여러 가지 타입의 리니어모터중 영구자석을 이용하는 동기형 리니어모터가 로프리스 엘리베이터 시스템에 가장 적합한 이유는 모터의 출력 및 효율, 전원공급의 편리성 및 전원 사고시의 승강기의 안전성의 면 등에서 찾을 수 있다.

로프리스 엘리베이터는 순간적으로 큰 추력을 발생하여야 하는데 유도형 리니어모터는 2차측 도체판의 두께로 인하여 자기적 공극이 커지게 되고 이로 인하여 모터의 효율이 떨어지게 된다. 따라서 충분한 추력이 발생하려면 2차측 도체판에 매우 큰 전류가 유겨 되어야 하나 이 경우 2차측 도체판은 용융점까지 과열될 수도 있다. 이에 반하여 2차측에 영구자석을 가지는 동기형 리니어모터를 사용하게 되면 대 추력을 발생을 위한 자계를 충분히 확보할 수 있으며 영구자석을 승강기에 설치하고 모터의 전기자 코일을 승강구 벽에 설치하므로써 매우 수월하게 전원을 공급할 수 있다. 전기자 코일을 승강구 벽에 설치하는 경우에는 비싼 영구자석을 승강구의 벽에 모두 설치하지 않아도 되기 때문에 경제적으로도 유리하다.

2차측에 도체판으로 알루미늄판을 사용하는 유도형 리니어모터는 효율면 뿐만 아니라 안전성 면에서도 단점을 가지고 있다. 즉, 전원에 고장이 생겨 모터로 공급되는 전력의 공급이 중단될 경우에는 승강기가 중력에 의해 그대로 아래로 떨어지게 된다. 이에 반하여 동기형 리니어모터는 전원공급이 중단되는 경우에 단순히 1차측 전기자 권선들의 각 상을 단락시키므로써 전기적인 브레이크의 효과를 얻어 승강기의 떨어지는 속도를 낮출 수 있다. 1차측 코일의 퍼센트 임피던스가 5%라고 가정하면, 전원공급이 끊겼을 경우의 승강기의 낙하속도는 정격속도보다 5%를 넘지 않으므로 위험 속도에 도달하지 않는다.

4.3 복합구동형 엘리베이터의 운행방법

승강기를 복수로 운행하기 위해서는 기존의 엘리베이터와는 달리 운행시스템의 설계가 중요하다. 그림 7은 하나의 승강로에 있는 여러 대의 승강기들을 효과적으로 운행시키기 위한 운행 시스템의 개념을 간략히 보여주고 있다. 로프리스 엘리베이터가 그림 7(a)같이 단순히 하나의 승강로만을 가지는 경우에는 각 승강기의 운행에 많은 제약이 따르게 되어 기존 로프방식 엘리베이터에 비해 별다른 이점을 발휘하지 못하게 된다. 그러나 그림 7(b)와 같이 승강기들이 회전할 수 있는 구조로 승강로를 구성하게 되면 각 승강기들의 운행 속도 및 설치 가능한 승강기의 개수는 비약적으로 향상될 수 있다. 또한 그림 7(c)와 같이 하강을 위한 승강로를 공유하게 되면 공간이용률을 그만큼 높일 수 있게 된다. 이렇게 운행 효율을 높이기 위한 승강로의 구조는 여러 가지로 모색될 수 있으며 그 예를 그림 8에 나타내었다.

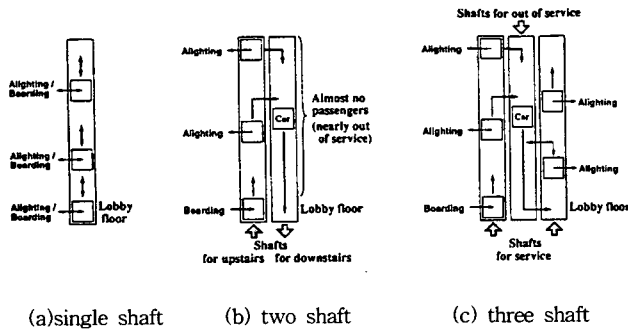


그림 7. 운행시스템

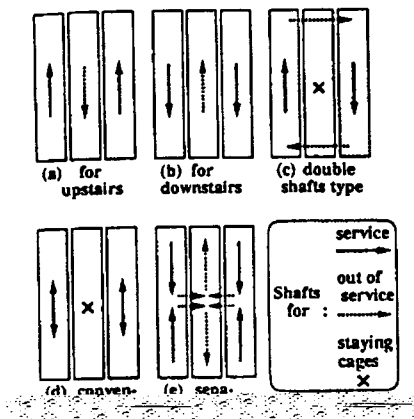


그림 8. Three shaft 운행방식

4.4 동기형 리니어모터의 설계

멀티카 로프리스 엘리베이터 시스템을 만드는 한가지 방법은 엘리베이터의 승강기를 하나의 샤프트를 사용하여 일련의 동기형 리니어모터의 이동자에 부착시키는 것이며, 그 개략 도를 그림 9에 나타내었다. 모터의 고정자는 승강구 벽에 부착된 긴 전기자 코일로 구성된다. 전기자는 빌딩의 내부에서 위로 향하는 승강구와 빌딩의 꼭대기에서 수평으로

이동하는 부분, 아래로 향하는 승강구와 빌딩의 아래부분에서 수평으로 이동하는 부분으로 구성되는 하나의 커다란 루프를 형성할 수 있으며, 승강기는 동기형 리니어모터의 이동자에 매달려 있기 때문에 승강기는 승강구의 어느 부분에 있더라도 항상 수직으로 위치해 있게 된다.

동기형 리니어모터는 그림 10과 같이 고정자인 전기자 코일 사이에 편평한 영구자석들을 부착시킨 이동자가 조그만 공극을 유지한 채 들어가 있는 구조로 제작될 수 있다. 이때 전기자 코일들이 여자되면, 여자 자속과 영구자석에 의한 자속 사이의 상호작용에 의해 이동자가 움직이게 되어 엘리베이터 승강기가 움직이게 된다. 그러나 이와 같이 구성할 경우에는 승강기들이 서로 지나칠 수 있게 하는 지선을 구성하기가 어려워진다.

또 하나의 방법은 그림 11과 같이 영구자석들을 승강기의 양 측면에 부착시키는 것이 있다. 그림 11에서 승강구는 리니어 모터의 전기자로서 작용하는 1차측 코일을 포함하고 있으며, 1차측은 네 개의 부분으로 나뉘어져 있다. 리니어 모터의 계자용의 영구자석은 희토류 계열의 재료로 이루어져 있으며, 네 개의 부분(part)으로 나뉘어져 1차측 코일과 마주보고 있다.

그림 11과 같이 구성하는 경우에는 수평 이동을 위한 별도의 구조를 마련해 주어야 하지만, 지선의 구성 및 분기가 상대적으로 용이해지게 된다

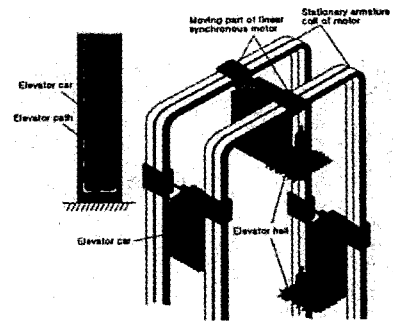


그림 9. 현수식

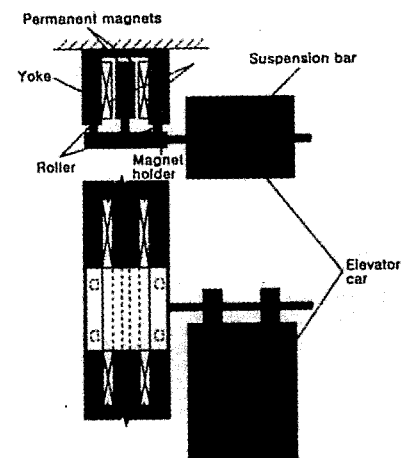


그림 10. 양측식

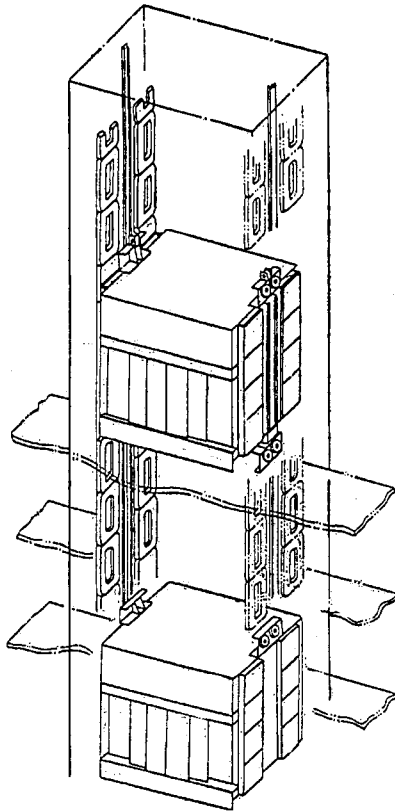


그림 11. 편축식

5. 결 론

본고에서는 견인전동기를 사용하는 엘리베이터와 리니어모터를 사용하는 로프식 엘리베이터 및 로프리스엘리베이터에 관하여 소개하였다. 기술적인 발전추세로 볼 때 보다 승차감이 좋고 또한 안전한 고속엘리베이터의 개발의 핵심에는 리니어모터를 이용한 신 개념의 로프리스엘리베이터의 실용화가 요구되고 있으며 또한 지하의 이용률이 증가됨에 따라 엘리베이터를 수직운동용으로 뿐만 아니라 수평운동을 할 수 있는 멀티카 개념의 로프리스엘리베이터의 개발이 필요하게 되었다.

로프리스 엘리베이터 시스템이 실용화되기 위해서는 모터 효율의 증대, 지선(branch)구조를 가지는 회전 시스템의 구성 등 많은 기술적, 경제적 장애들이 극복되어야 할 것이다. 이러한 문제들은 근시일 내에 기술의 진보에 의해 충분히 극복될 것으로 사료된다. 따라서 현재 엘리베이터 분야에서 선진국에 비해 기술적 열세에 있는 국내의 기술을 선진국수준으로 진일보시키기 위해서는 이 분야에 대한 연구개발 투자가 시급하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] Miyatake, "Experimental and Operationl Study on Vertical Transportation System Driven by a Linear Synchronous Morte Using Permanent Magnets" , LDIA'95, 1995
- [2] "The LIM World", Elevator World, 1991.3
- [3] "Elatators for skyscrapers", IEEE Sectrum, 1994.9
- [4] 故 임달호박사 추모회 "전자에너지 변환기기의 해석과 응용", 한양대학교 출판원, 1987. 8

저자 소개

이 주(李 柱)



1963년 8월 30일생. 1986년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년-1993년 국방과학연구소 연구원. 1997년 일본 큐슈대학교 SYSTEM 정보과학연구과 졸업(공학). 1997년 한국철도기술연구원 선임연구원. 1997년-현재 한양대 공대 전자전기공학부 전임강사.