

열차좌석배분방식에 대한 연구

홍순흠* 김길상

한국고속철도건설공단 전기연구실

The study of train ticket allocation methods

Soon-Heum Hong* Gil-Sang Kim

Electrical Research Office, Korea High Speed Rail Construction Authority

Abstract - This paper describes the effect of the train ticket allocation methods. Two types of the allocation method, 'proportional to the distance between two stations' and 'proportional to ticket-demand', are compared. From the result of calculation, the latter case shows better characteristics than the former case especially on the seat occupation ratio and the regional equality of allocation.

일치를 제거하려는 노력은 흔히 역간 좌석배분과 변동요금제의 도입으로 나타나고 있다.

본 연구실에서는 열차운영 및 역무자동화에 관한 연구의 일환으로 지역마다 서로 다른 수요수요를 고르게 만족시키고 동시에 높은 승차율을 달성하기 위한 방법으로 변동요금제와 열차좌석배분방식에 관심을 가지고 있다. 여기서는 그 연구의 시작으로 좌석배분방식의 효과를 비교분석하고 개선방안에 대하여 검토한다.

1. 서론

철도는 그 성격상 공익적인 면이 강하기 때문에 그 운영에 있어서 수입이라는 측면을 덜 중요시 여겨왔다. 그러나 최근에 와서 비행기, 자동차 등의 타운송수단이 비약적으로 발전하여 철도의 역할은 그 중요성을 상실하고 있을 뿐만 아니라 영업수지면에서도 불리한 상황에 처해있다. 따라서 현재 세계의 철도운영의 방향은 국가의 철도라는 이미지에서 탈피하여 다른 교통수단과의 경쟁을 통하여 최상의 서비스를 고객에게 제공하는 수송기업이라는 이미지로 바꾸는데 많은 노력을 하고 있다. 이를 위하여 각 국의 철도운영주체는 고속차량의 개발 또는 도입, 고속신선의 건설, 신호체계의 보완, 운영체계의 진상화 등을 통하여 공익성을 살리면서도 경쟁력을 동시에 확보하는 방향을 채택하고 있다.

차량, 선로 및 신호시스템등의 하드웨어가 결정되어 있는 경우 철도의 수익성은 얼마나 높은 승차율로 얼마나 빈번하게 열차를 운전하는가에 달려있으며, 공익성은 각 지역의 수송수요를 얼마나 고르게 만족시켜 주는가에 달려 있다. 높은 승차율을 달성하기 위해서는 수요곡선을 가장 잘 충족시킬 수 있도록 열차계획을 하여야 한다. 수송수요와 공급사이의 과도한 불일치를 제거하는 것이 바로 철도산업의 생산성의 원천이기 때문이다. 그러나 이러한 불일치를 제거하려는 노력은 곧 열차계획의 제약요건으로 작용하게 된다. 수요예측의 잘못에 의한 불일치와 열차계획으로 제거하지 못하는 수요와 공급사이의 불일치 및 시간적 변동에 따르는 수요예측의 불

2. 거리에 비례한 배분

이 방식은 출발역과 도착역을 기준으로 열차표를 할당하지 않고 여러개의 인근역을 포함하는 블록으로 나누어 각 블록구간에 열차표를 할당하는 방식이다. 대개 거리가 멀수록 할당비용을 높게한다. 열차가 통과하는 전 구간을 N개의 블록으로 나누면 모두 모두 N(N-1)/2개의 블록구간이 생긴다. 여기서 모든 블록구간 사이의 열차표 할당량을 결정하는 것이 아니라, 출발블록이 출발역을 포함하는 블록구간에 대하여 최대 할당할 수 있는 좌석을 배분하면 나머지 블록구간에 대해서는 자동으로 최대 배분할 수 있는 좌석수가 결정된다. 같은 블록에 해당하는 역간에는 구별이 없이 먼저 요청되는 곳부터 할당(에게 또는 발매)한다. 그 예로 경부선의 각 역을 3개의 블록으로 나눈 경우에 대하여 최대 할당되는 좌석수(즉 초기치)를 표 1에 보였다. 이 때 각 블록구간에 할당되는 좌석비용은 단거리(같은 블록 또는 인접블록간) 20%, 장거리(출발블록과 도착블록사이엔 한 블록이 있을 때) 80%로 하였다. 또 열차당 좌석수는 1,000석으로 가정하였다.

이 초기할당량으로 부터 일정기간 판매한 후의 각 블록에 남아있는 좌석수의 예는 표 2와 같다.

표 1. 거리비례방식에 의한 초기 할당량

		도									
		블록1			블록2			블록3			
		서울	수원	천안	대전	영동	김천	구미	대구	밀양	부산
출발	블록1	서울	200	200	200	200	800	800	800	800	800
		수원		200	200	200	800	800	800	800	800
		천안			200	200	200	200	200	200	200
	블록2	대전				200	200	200	200	200	200
		영동					200	200	200	200	200
		김천						1000	1000	1000	1000
	블록3	구미							1000	1000	1000
		대구								1000	1000
		밀양									1000
		부산									

표 2. 일정량이 판매된 이후의 최대할당가능량

		도									
		블록1			블록2			블록3			
		서울	수원	천안	대전	영동	김천	구미	대구	밀양	부산
출발	블록1	서울	189	156	153	153	523	523	523	523	523
		수원		156	153	153	523	523	523	523	523
		천안			173	171	171	171	169	169	169
	블록2	대전				179	179	179	177	177	177
		영동					184	184	182	182	182
		김천						202	196	194	194
	블록3	구미							198	197	197
		대구								222	222
		밀양									225
		부산									

3. 수요에 비례한 배분

좌석의 배분이 지역에 관계없이 고르게 분포되도록 하기 위해서는 열차가 통과하는 각 구간의 수요에 비례하여 열차표를 할당해야 한다. 이렇게 하기 위해서는 각 구간의 통과좌석수가 열차의 좌석수를 넘지않는 범위에서 수요에 비례하는 열차표를 할당하고 나머지 구간은 열차표를 구입하는 순서에 따라 할당한다. 표 3의 각 역간 94년도 철도수송실적을 수요수요로 가정하고 열차표를 배분방식을 설명한다.

표 3. 94년도 경부선 역간 수송실적(천명)

		도									
		블록1			블록2			블록3			
		서울	수원	천안	대전	영동	김천	구미	대구	밀양	부산
출발	블록1	서울	784	967	1761	131	231	311	1900	96	2412
		수원		281	493	50	80	94	372	19	444
		천안			379	15	30	30	129	6	182
	블록2	대전				316	186	192	545	20	831
		영동					35	31	79	3	83
		김천						142	483	7	188
	블록3	구미							1306	30	398
		대구								345	2973
		밀양									1917
		부산									

인접한 두 역 S₁과 S₂ 사이의 구간을 통과하는 구간수송수요 D_{pass}는 다음과 같다.

$$D_{pass}(s_1, s_2) = \sum_{i=1}^{s_1} \sum_{j=s_2}^{N_i} D_{ss}(i, j) \quad (1)$$

여기서 D_{ss}(i,j)와 N_i는 각각 i번째 역을 출발하여 j번째 역으로 가는 수송수요와 열차의 좌석수이다. 또, 구간수송수요의 최대값을 D_{pass,max} 라고 하면 각 역사이에 할당되는 좌석수 N_a는 다음과 같다.

$$N_a(i, j) = \frac{N_i}{D_{pass,max}} \times D_{ss}(i, j) \quad (2)$$

여기서 수요초과인 경우 $\frac{N_i}{D_{pass,max}}$ 이 1보다 작으므로 각

역사이에 할당된 좌석수에 의해서는 각 구간통과좌석수가 열차의 좌석수보다 적게된다. 이처럼 할당되지 못한 좌석은 수의 승객의 요구순서에 따라 할당한다. 식 (2)에 의하여 할당된 좌석수와 표 4와 같다.

표 4. 수요비례방식에 의한 좌석할당량

		도									
		블록1			블록2			블록3			
		서울	수원	천안	대전	영동	김천	구미	대구	밀양	부산
출발	블록1	서울	81	99	183	14	24	32	197	10	250
		수원		29	51	5	8	10	39	2	46
		천안			39	2	3	3	13	1	19
	블록2	대전				33	19	20	57	3	86
		영동					4	3	8	0	9
		김천						15	50	1	20
	블록3	구미							136	3	41
		대구								36	308
		밀양									199
		부산									

4. 비교분석 및 개선방안

위에 설명한 두가지 방식을 비교하기 위하여 표 3의 수송실적을 수송수요로 가정하고 각 방식에 의하여 좌석을 할당하여 보았다. 이 때 승객의 시간적인 요구순서는 무작위로 하였다.

표 3의 수송수요에 의한 최대좌석 판매수를 알아보기 위하여 수요가 무한하다고 가정하고 좌석이 매진될 때까지 열차표를 판매하면, 그림 1과 같이 요구건수가 약 2,000건이 될 때까지는 모두 표를 구입할 수 있으나 그 이상에서는 두 방식에서 2,400-2,700건 정도에서 수렴하게 된다. 따라서 여기서는 무작위로 요구되는 경우 2,500건 정도를 공급수준으로 간주한다.

그림 2에 요구한 열차표에 대한 구입한 표의 비율인 구입

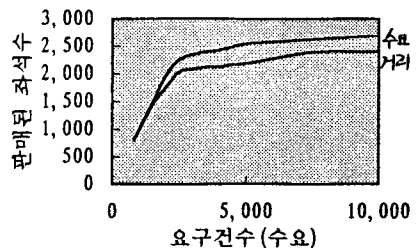


그림 1. 판매된 좌석수

율을 보였다. 그림은 열차좌석이 1,000석인 경우이다. 거리비례방식에 의하면 전체 요구수가 약 1,700건을 넘어서면 요구자의 10% 이상이 표를 구하지 못하는 반면 수요비례방식에 의하면 약 2,500건 이상 요구될 때 같은 현상이 일어난다.

일반적으로 열차표의 판매가격은 거리에 비례한다. 여기서 비교를 쉽게 하기 위하여 역간 거리가 동일하다고 가정하면 수익성계산을 위한 승차율은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{승차율} = \frac{\sum \text{구간} (\text{판매구간} \times \text{판매좌석수})}{(N_s - 1) \times \text{열차좌석수}} \times 100 [\%] \quad (3)$$

두 방식의 수요에 따른 승차율을 비교하면 그림 3과 같다. 수요가 공급에 비하여 매우 크면 두 가지 방식 모두 100%의 승차율을 달성하게 되지만 실제로는 공급에 대한 수요의 크기에 따라 가능한 승차율이 달라진다. 그림에서 알 수 있듯이 수요비례방식인 경우 수요가 공급수준에 못미치는 2,300건 정도에서 벌써 90% 이상의 승차율을 보이는 데 비하여 거리비례방식의 경우는 약 2배인 5,000건에 이르러서야 90% 이상의 승차율을 보인다. 수요와 공급이 일치하는 2,500건 정도의 요구가 있는 경우 두 방식의 승차율은 약 10% 포인트 정도의 차이를 보이며, 수요가 공급수준의 2배인 5,000건의 경우에도 약 7% 포인트의 차이를 보인다.

열차표의 구입요구건수에 비하여 열차표를 구입한 정도를 비교하기 위하여 구입율을 식 (4)와 같이 정의하고, 그림 4에서 두가지 방식의 구입율에 대한 승차율을 비교하였다.

$$\text{구입율} = \frac{\text{판매된 승차권 수}}{\text{승차권 구입 요구건수}} \times 100 [\%] \quad (4)$$

그림에서 보던 좌석배분방식에 관계없이 구입율이 낮은 경우 승차율은 높은데 이것은 앞에서 말한 것과 마찬가지로 매진시까지 계속 표를 팔면 승차율은 높아지지만 표를 구하지 못하는 사람의 비율이 높아지는 것을 뜻한다. 구입율을 90% 이상으로 하려고 할 때, 수요비례방식은 승차율을 93%로 유지할 수 있지만 거리비례방식은 승차율이 약 64% 가 된다.

최종 판매된 좌석이 각 구간의 수요에 비하여 얼마나 고르게 할당이 되었는가를 비교하기 위하여 서울-부산간을 기준으로 하여 식 (5)와 같이 각 구간의 할당값을 구하여 보았다.

$$\text{할당비(출발역, 도착역)} = \frac{\text{구간 수송수요}}{\text{서울-부산간 수송수요}} \times \frac{\text{구간 좌석할당량}}{\text{서울-부산간 할당량}} \quad (5)$$

두 방식의 할당비를 비교하여 보면 거리비례방식의 경우 평균 1.14, 표준편차 0.5이고, 수요비례방식의 경우 평균 1.03, 표준편차 0.29로 수요비례방식에 의하여 고르게 좌석을 할당할 수 있음을 알 수 있다.

두 방식을 종합적으로 비교하면 다음과 같다. 거리비례방식은 장거리 승객 및 시발역(경부선의 경우 서울역) 위주의 할당방식으로, 장거리에 많은 표를 할당할 경우 수요가 공급을 초과하면 수요의 시간적 패턴에 관계없이 승차율을 높일 수 있는 장점이 있다. 그러나 이 경우 시발역에서 가까운 거리로 판단된 역은 수송수요와 무관하게 좌석을 적게 할당받게 되어 중착역까지는 장거리임에도 불구하고 할당된 좌석이 적게

되는 불합리한 점이 있다. 특히 장거리구간의 판단이 수송수요보다 특정지역의 주장에 의하여 결정되는 경우 수송수요와의 괴리는 더욱 커지게 된다. 또한 수요가 공급을 초과하지 않는 경우 상대적으로 승차율이 저조할 우려가 있는데 이 점은 열차가 출발하기전 일정한 시간동안은 할당량에 관계없이 수요에 따라 공급을 하면 어느 정도 보완할 수 있다.

수요비례방식은 열차별 수송수요에 비례하여 좌석을 할당하므로 할당율의 평균과 표준편차에서 알 수 있듯이 수요에 따라 지역적으로 고르게 좌석을 분배하는 장점이 있다. 또 높은 승차율을 유지하면서 더 많은 표를 할당할 수 있다. 그러나 수요의 지역적분포가 심하게 차이가 나는 경우 할당비의 편차가 심하게 되는 단점이 있다. 이러한 문제점은 구간수송수요가 많은 구간을 구간열차를 운행하는 방법, 즉 열차수송계획으로 해결하거나, 변동요금으로 수요를 분산시키는 방법으로 해결하는 보완책이 필요하다.

이상의 배분방식은 지역별 수요패턴에 대한 것으로 시간적인 수요패턴에 대한 것은 고려되어 있지 않다. 따라서 시간적으로 특정구간에 대한 수요가 편중되어 있는 경우 수요가 있더라도 승차율은 낮아질 수 밖에 없다. 이 문제점은 시간적인 수요패턴에 맞는 최적 배분방식을 별도로 연구하는 것이 필요하다.

5. 결론

열차좌석의 배분방식에 대하여 거리에 비례도록 배분하는 방식과 수송수요에 비례하도록 하는 방식에 있어서 승차율, 구입율 및 할당비에 대하여 비교해 보았다. 95년의 경부선 수송실적을 수요로 삼아 시뮬레이션 해본 결과 수송수요의 패턴이 시간적으로 특정구역에 치우치지 않을 경우 수요비례방식이 모든 면에서 우수함을 보였다. 이 경우 거리비례방식은 수요가 공급을 훨씬 초과하는 경우에도 수요비례방식보다 우수하지 못했다. 다만 장거리표가 단거리표보다 시간적으로 나중에 요구되는 경우에 한하여 승차율을 높게 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이로 미루어 보아 열차좌석의 배분방식은 해당열차의 수요량과 시간적 패턴에 따라 달리해야 하며, 무엇보다 시간적 수요예측에 근거한 배분이 되어야 한다.

향후 이 연구결과를 시간적인 수요패턴에 의한 좌석배분의 최적화문제, 열차계획 및 변동요금체계와의 연계를 통한 최적 좌석할당과 수요변경요도문제로 발전시킬 예정이다. 또한 열차예약상태감시 시스템을 통하여 여러가지 유형의 교통수요(통근, 업무용, 개인여행, 관광 등)패턴에 대한 대응할 수 있는 좌석예약시스템을 연구할 예정이다.

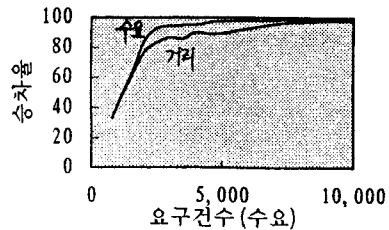


그림 3. 승차율

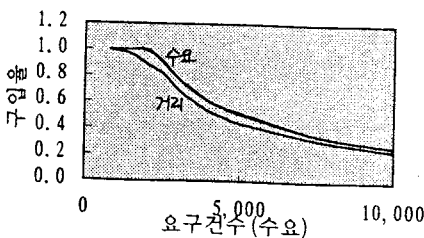


그림 2. 구입율

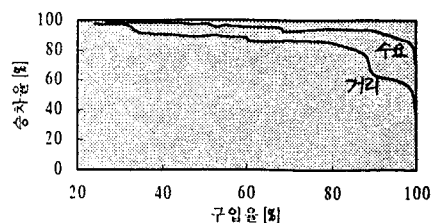


그림 4. 구입율과 승차율