

승객 편의 증진을 위한 공항의 Fast Track 도입 전략

항공 여객이 보편화됨에 따라 항공기를 이용하는 승객의 숫자는 매년 최고치를 갱신하고 있으며 항공 시장 규모도 지속적으로 증가해 2016년에는 약 33억 명의 항공 여행객과 약 570조 원의 시장 규모를 기록하였다. 이처럼 많은 사람이 이용하며 거대한 시장 가치를 만들어 내기 때문에 공항은 각종 서비스를 도입하여 승객에게 편의를 제공하고 있다. 특히 최신 서비스 및 기술이 도입된 공항은 공항 자체의 이미지는 물론이고 해당 공항이 위치한 도시 및 국가의 이미지까지 개선하는 등 많은 영향을 미치고 있다. 반면 이러한 상징성 때문에 공항은 항상 테러의 위협을 받아 왔고 공항의 안전을 보장하기 위해 보안 검색을 수시로 강화하고 있다. 일례로 다소 허술했던 공항의 보안 검색은 2001년 9월 11일에 발생한 항공기 테러 사건 이후 급격히 강화되었으며 최근에는 비금속 물질에 의한 테러를 방지하기 위해 다양한 보안 검색 방안이 적용되고 있다.

꾸준히 증가하는 승객 수와 점차 강화되는 보안 검색은 공항에 혼잡도 문제를 가져다 주었다. 높은 혼잡도는 공항의 각종 대기열을 증가시키는 주원인으로 작게는 공항 이용 만족도 감소부터 크게는 항공기 지연이라는 좋지 않은 영향을 다방면에서 주고 있다. 특히 항공기 지연을 막기 위해 항공기 시간이 임박한 승객을 각종 대기열에서 먼저 처리해 주는 경우 대기열의 변동성이 크게 높아져 전체적인 대기 시간은 더 늘어나는 등 악순환이 계속 되고 있다. 따라서 공항은 혼잡도 개선을 위해 여러 전략을 활용하고 있다.

혼잡도 감소를 위한 전략은 크게 공항 확장, 항공 교통량 분산, 피크타임 분산, 그리고 운영 전략 혁신으로 나눌 수 있다. 공항 확장은 현실적으로 가장 효과적으로 혼잡도를 감소시킬 수 있는 전략이기 때문에 실제 세계 곳곳의 공항은 확장 공사를 지속적으로 진행하고 있다. 하지만 공항 확장에는 많은 시간과 예산이 들어가기 때문에 빠른 대응이 불가능하다는 단점이 존재한다. 항공 교통량 및 피크타임 분산은 비슷한 개념으로 일정 시간대에 승객이 몰리지 않도록 혼잡 통행료를 항공사에 부과하여 항공기 출발 및 도착 시간을 한가한 시간대로 옮기게 유도하는 전략이지만 항공기의 출발 및 도착 시간은 촘촘하고 복잡하게 짜여진 항공 네트워크에서 혼잡 통행료를 이유로 항공사가 변경하기 쉽지 않은 사항이기 때문에 효과가 떨어진다는 단점이 있다. 마지막으로 운영 전략 혁신에는 공간 재설계, 시스템 고도화, 운영 방식 개선 등이 포함되며 상대적으로 적은 비용에 빠르게 현장 적용이 가능하며 효과도 상당히 얻을 수 있는 전략이다.

운영 전략 혁신 중 현재 많은 공항에서 활용되고 있는 방안이 fast track 서비스다. 보편적으로 fast track은 장애인, 노약자, 임산부 등의 교통 약자에게 공항 내 각종 대기열을 빠르게 통과할 수 있도록 편의를 봐 주는 서비스인데 최근에는 일반인에게 비용을 받고 fast track 사용을 허가해 주는 공항이 늘어나고 있다. 공항이 일반인에게 fast track 사용을 허가해 주는 이유로는 빠르게 대기열을 통과시켜 주는 대신 시간을 중시하는 여행객으로부터 비용을 받아 운영 비용으로 활용하겠다는 측면도 있지만 일반 대기열을 줄여서 전체적으로 보다 효율적인 대기열 운영을 하겠다는 측면이 더 크다. 하지만 효율적인 대기열 운영을 위해서는 fast track 사용 비용을 적절히 산정해야 한다. Fast track 사용 비용이 너무 싸다면 많은 여행객이 fast track에 몰리게 되어 원래 취지인 교통 약자의 편의를 봐 줄 수 없게 된다는 문제가 발생하며 반대로 비용이 너무 비싸면 여행객이 fast track을 사용하지 않게 되어 대기열 운영이 비효율적이 된다는 문제가 발생하기 때문이다.

현재 전 세계에서 국제선 승객이 가장 많이 이용한 20개 공항 중 19개 공항이 fast track을 비즈니스 이상 승객에게 제공하거나 유료 구매로 일반 승객도 사용할 수 있도록 하는 등 최소 한 가지 방법으로 fast track을 활용하고 있다. 해당 20개 공항 중 유일하게 교통 약자 이외의 승객에게 fast track을 제공하지 않는 인천국제공항도 경쟁력 강화와 서비스 향상 등의 이유로 fast track을 시행하려는 움직임을 보여 주었지만 국민 정서에 반한다는 이유로 적용하지 못한 사례가 있다. 따라서 본 논문에서는 합리적이고 효율적인 대기열 운영을 위한 적정 fast track 이용 요금을 산정하기 위해 수리

모델을 Stewart and Mueller (2013)에 기반하여 제시한다.

우선 공항의 일반 대기열과 관련된 net benefit(π)은 아래 수식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 해당 수식에서 p_{attack} 은 공항에 보안 구역이 없을 때 테러에 의한 공격이 성공할 확률을 나타내며 C_{loss} 는 테러 공격에 의해 입게 되는 직접 및 간접적 피해를 나타낸다. ΔR 은 보안 검색에 의해 위협이 줄어드는 정도를, C_w 는 각 여행객의 시간당 대기 비용을, λ 는 여행객의 arrival rate를, W_E 는 각 여행객의 보안 검색 평균 대기 시간을, C 는 각 checkpoint의 시간당 운영 비용을, 그리고 S 는 checkpoint의 수를 나타낸다.

$$\pi = Net_Benefit = p_{attack} \times C_{loss} \times \Delta R - C_w \lambda W_E' - CS \tag{1}$$

Fast track의 net benefit(π)은 일반 대기열에 추가로 fast track benefit sector를 더해 주어야 하기 때문에 아래 수식 (2)와 같이 표현할 수 있다. 해당 수식에서 P 는 fast track 사용료를 나타내며 Q 는 fast track을 이용하는 사람의 수를 나타낸다. 만약 $(C_w \times Q_F \times W_{E2} + P)$ 값이 $Min(C_w \times Q_N \times W_{E1})$ 값보다 작으면 이용객은 fast track을 선택하며 $(C_w \times Q_F \times W_{E2} + P)$ 값이 $Min(C_w \times Q_N \times W_{E1})$ 값과 같거나 크면 이용객은 normal track을 선택하게 된다.

$$\pi = Net_Benefit = p_{attack} \times C_{loss} \times \Delta R - \sum_{i=1}^2 C_w \lambda_i W_E - C(S + 1) + PQ \tag{2}$$

또한 classical queuing theory에 따라 대기열이 busy period가 될 확률을 활용하면 일반 대기열을 사용하는 승객의 평균 대기 시간은 수식 (3)으로 나타낼 수 있으며 fast track을 사용하는 승객의 평균 대기 시간은 수식(4)로 나타낼 수 있다.

$$W_{E1} = \frac{P[N_1 \geq S_1]}{S_1 \mu_1 - \lambda_1} \tag{3}$$

$$W_{E2} = \frac{\lambda_2}{\mu_2(\mu_2 - \lambda_2)} \tag{4}$$

도출된 일반 대기열과 fast track의 net benefit 및 평균 대기 시간을 비교 분석하고 최적의 fast track 이용 요금을 결정하기 위해 시뮬레이션 분석도 진행하였다. 시뮬레이션 모델링에는 인천국제공항 제1여객터미널의 구조에 기반한 12개의 체크인 라인과 6개의 출국장을 사용하였으며 각 출국장별로 상이한 운영 시간 및 보안 검색대 개수도 알맞게 반영하였다. 시뮬레이션 분석을 위해 수집해야 하는 시간대별 승객 도착 인원은 인천국제공항에서 제공하는 "출국장별 예상 승객 수" 서비스를 통해 얻었으며, 이를 토대로 시간대별 승객의 도착률(arrival rate)을 도출하고 포아송 분포로 피팅(curve fitting)하였다. 보안 검색 프로세스에 대한 처리 시간은 최소 15초, 최대 35초, 최빈값 22초를 가지는 삼각 분포로 가정하였다.

시뮬레이션 모델은 3개의 모듈로 구성되어 있는데 포아송 분포를 기반으로 공항 이용객을 생성하는 probabilities and distribution module, 보안 검색대를 선정하는 selection module, 그리고 공항 이용객의 대기 시간 및 net benefic을 도출하는 report module로 구분된다. 시뮬레이션 상에서 fast track 비용은 \$1부터 \$10까지 10개의 시나리오로 분석하였으며, 아래 표 1의 각 시나리오별 결과값은 50번의 실험 결과에 따른 통계치다.

표 1. 시뮬레이션 실험 결과 요약 정리

P (\$)	이용 승객 수 (명)		1인당 평균 대기시간 (s)	총 대기비용 (\$)	Fast track 수익 (\$)	Net benefit
	Normal track	Fast track				
1	64,116	2,724	1,273	243,208	2,724	- 264,881
2	64,137	2,701	1,281	244,729	5,402	- 263,765
3	64,144	2,686	1,294	247,183	8,058	- 263,555
4	64,909	1,910	1,421	271,398	7,640	- 288,174
5	65,386	1,385	1,584	302,312	6,925	- 319,800
6	65,819	1,177	1,611	308,502	7,062	- 325,839
7	65,835	981	1,724	329,254	6,867	- 346,786
8	66,057	754	1,961	374,488	6,032	- 392,869
9	66,306	501	2,092	399,481	4,509	- 419,339
10	66,585	233	2,183	416,927	2,330	- 439,055

Fast track 비용(P)이 증가하면 공항이 승객 한 명으로부터 얻는 수익이 높아지므로 비용이 \$1에서 \$3로 증가함에 따라 fast track 수익도 점차 증가한다. 하지만, \$4를 넘어가면서부터 승객은 일반 대기열에서 대기할 때 발생하는 기대비용이 더 작다고 느껴 일반 대기열을 이용하는 승객의 수가 점차 증가하게 된다. 결과적으로 fast track을 이용하는 승객의 수가 줄어들어 fast track의 수익은 점차 감소하는 경향을 나타내게 된다 (그림 1 참조).

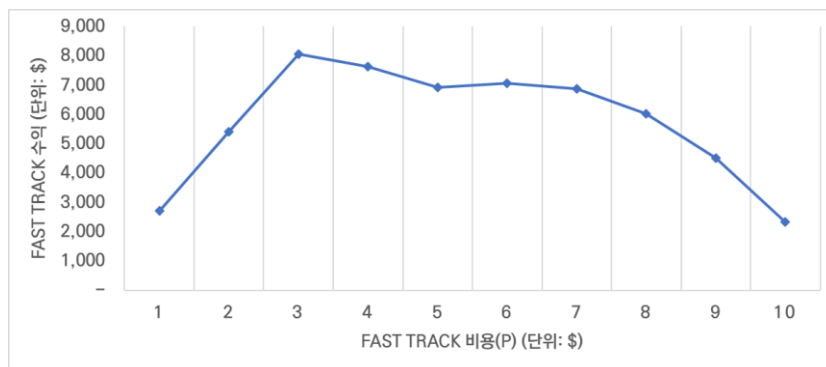


그림 1. Fast track 비용에 따른 fast track 수익

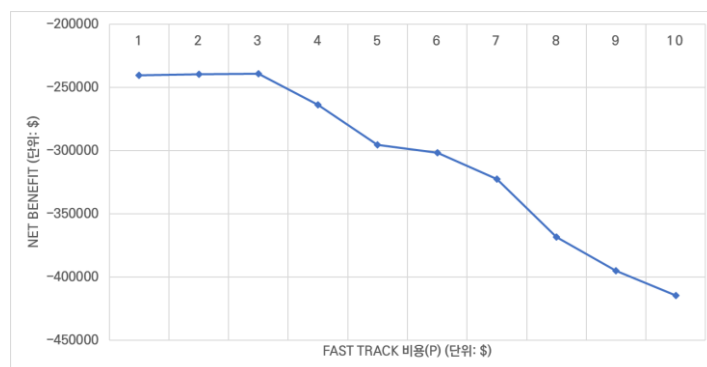


그림 2. Fast track 비용에 따른 net benefit

Net benefit의 경우 concave function 형태를 띠는 것을 확인할 수 있다 (그림 2 참조). 승객 1인당 약 20~35분 정도의 대기시간이 소요될 때, 대기로 인해 발생하는 비용과 fast track을 이용하면서 대기를 줄일 수 있는 비용 사이에서 승객이 합리적인 선택을 취한다는 가정하에 공항에서 발생하는 비용을 줄일 수 있는 최적의 fast track 비용은 \$3로 도출되었다. 다만 공항별 특성(security lane 수, 확장 공간, 승객 수 등)에 따라 최적의 fast track 비용 및 운영 효과에 차이가 발생할 수 있기 때문에 상황에 따른 유연한 전략을 취해야 각 공항의 상황에 맞는 합리적인 결과가 도출될 것이다.

비용 관점에서 fast track 도입에 따른 결과에 대하여 시사점을 제시한 본 연구에 의하면 fast track은 도입되자마자 공항의 제한적인 용량의 효율을 높일 수 있으며, 장기적으로는 잠재적 이익을 창출할 것으로 기대된다.