

기대한계좌석수익모형을 이용한 좌석재고관리

이 승 창*
황 귀 현**

(목 차)

- | | |
|--------------------|-----------------|
| I. 서 론 | III. 기대한계좌석수익모형 |
| II. 좌석재고관리의 이론과 실제 | IV. 결 론 |

I. 서 론

국제항공운송업계는 1970년대까지 정부의 보호아래 규제적 독점 형태로 운영되어 왔으나, 1980년대부터는 각국이 규제관련 법규를 완화함에 따라 외부여건의 변화에 맞춰 자유경쟁체제로 바뀌게 되었다. 이처럼 자유 경쟁이 가능함에 따라 항공사의 마케팅활동도 다양하고 세분화되어 갔다. 세계적인 규제완화에 따라 국내의 항공운송업계도 점차 개방화와 자유경쟁체제로 새롭게 구조전환이 이루어지고 있으며, 이에 각 업체마다 제각기 새로운 변화에 대처하기 위한 마케팅노력을 경주하게 되었다.

1970년대에 비즈니스 클래스 상품의 성공에 자신을 얻은 전세계의 항공사들은 더욱 다양해진 여행객의 여행목적에 따라 운임도 다양하게 계층화시키고 있다. 우리 나라의 경우도 1989년 국민 해외여행 자유화 조치를 기화로 항공 수요가 급증함에 따라 여행목적도 한층 다양화됐다고 하겠다. 아무튼 여행목적이 다양해짐에 따라 많은 외국 항공사들은 더 많은 승객을 유치하기 위해 두개 都

* 한국항공대학 조교수

** 한국항공대학 대학원 운항관리학과 석사

市間 (city-pair)노선에 대해 폭넓고 다양한 할인가격적용전략을 적용하게 되었다. 이와 같은 다양한 할인을 가격전략의 시작동기는 1978년에 미국에서 항공운송시장에 대한 규제를 완화한 이후 저운임(저가)정책으로 시장에 진입하려는 신생 항공사에 대한 기존 항공사의 진입장벽설치전략이었지만 그후 항공사간의 경쟁이 치열해지면서 그 내용은 계속 발전하였다. 이처럼 낮은 운임정책은 신규 항공사에 대한 기존 항공사의 대응전략으로 채택되었으나, 다른 한편으로는 빈좌석에 대한 새로운 수요를 창출하는 생산적 효과도 나타냈다.

이와 같은 미국의 규제완화정책을 필두로 1993년으로 예정된 유럽의 경제통합과 우루과이라운드협상에 따른 시장개방압력 등 전체적이며 세계적인 자유화 불력화 추세에 따라 국제항공시장도 개방과 불력화가 동시에 진행되리라는 가정하에 우리 나라 항공사가 앞으로 변화하는 환경에 적용해 나가기 위한 하나의 마케팅전략으로써 좌석재고관리전략을 살펴보고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 첫째, 수익률의 필요성과 이론적인 배경을 간단히 고찰하며, 둘째, 현행 우리나라의 수익률관리 운영실태와 외국항공사의 선진기법을 비교하며 셋째, 최근 개발 중에 있는 기대한계좌석수익모형을 수학적으로 도출하고 넷째, 관리시점 변화에 따른 동적인 기대한계좌석수익모형에 가상적인 기초자료를 적용하여 수익률의 향상 가능성을 보고자 한다.

Ⅱ. 좌석재고관리의 이론과 실제

가. 수익률관리의 필요성

이미 서론에서 지적한 바와 같이 1978년 미국의회에서 항공사 규제완화 법안 (Airline Deregulation Act)이 제정된 후 항공운임은 급속하게 다양화됨에 따라 항공사는 이러한 상황에 적응하여야 했으며 이는 규모의 경제효과에 의한 대형화로 보다 이윤지향적인 자유경쟁체제로 나아갔다. 또한 항공여행의 목적이 다양화됨으로써 운임도 더욱 계층화와 다양화가 이루어지고 있다. 따라서 항공사들은 다양한 가격전략이 필요하게 됨으로써 이에 수익률관리기법(YMS:Yield Management System)이 개발되었다[이태원, 1991].

유상승객마일(RPM: Revenue Passenger Mile)은 수송한 승객의 수와 수송한 거리의 곱으로서 단위로서는 승객마일을 사용한다. 수익률(yield)은 유상승객마일에 대한 실제수익(revenue)의 비율을 말하며, 좌석재고관리는 할인되는 승객

수와 비할인되는 승객수를 균형있게 관리함으로써 비행에서의 총승객 수익 혹은 부하율(load factor)을 최대화 시키고자 한다. 항공사의 수익률관리는 운임정책과 좌석재고관리(Seat Inventory Management)가 포함된다. 그러나 현재 좌석재고관리를 하는데 있어 많은 항공사들은 기존의 데이터를 체계적으로 분석하여 미래수요에 대처하기보다는 해당업무담당자인 콘트롤러(controller)의 주관적인 상황판단력에 의존하고 있다.

일반적으로 교통수단의 수익률관리 목표는 매 출발편마다 정규운임과 할인운임의 탑승객 비율을 최적화시키는 것이다. 마찬가지로 항공사의 수익률관리는 다음식과 같다.

$$\text{수익률관리} = f(\text{운임, 초과예약한계, 좌석재고관리})$$

먼저 운임정책은 새로운 교통수요를 최대화하는 것이고, 좌석재고관리는 특정 운임의 좌석판매를 제한하며 할인운임에 대해 여러 가지 제약조건을 부여하여 정규운임(full-fare) 승객이 할인운임으로 유실되지 않도록하며 미래의 비행출발지에서 더 높은 다른운임으로 판매할 수 있는 좌석수를 확보하기 위하여 최초출발지에서의 할인좌석수를 제한하는 것이다.

1. 수익률관리의 요소

항공사의 수익률관리 요소는 운임정책과 좌석재고관리이다. 좌석재고관리는 할인 승객수와 비할인되는 승객수를 균형있게 유지하여 일회 비행에서의 총승객 수익 혹은 탑승률을 최대화 하려는 것으로서 예를 들어 빈좌석을 좀더 많이 할인된 운임으로 판매한다면 탑승률은 증가될 수 있다. 하지만 너무 많은 좌석을 할인운임으로 판매 한다면 승객당 수익률은 감소하게 될 것이고, 높은 운임의 승객들에게 판매할 좌석이 줄어들기 때문에 총수익률도 감소하게 될 것이다. 이처럼 좌석재고관리 시스템의 당면과제는 운송할 승객을 적절하게 구성하여 수익을 극대화하는 것이다. [Belobaba, 1987]

운임정책은 항공사 수익률관리의 중요한 관리요소이지만, 동일한 두 개 도시 간노선의 운임은 또한 경쟁항공사들의 운임과 비교될 수 있는 수준에서 결정된다. [Labich, 1984] 이러한 운임정책과는 달리 좌석재고관리는 해당 항공사의 정해진 운임구조하에서 총수익과 수익률에 많은 영향을 미칠수 있다. 이렇게 볼때

눈에 띄는 가격정책보다는 운임믹스를 효율적으로 관리하는 것이 항공사의 수익 측면에서 매우 중요하다. [Crandall, 1985]

항공사의 운임이 다양해짐에 따라 운임결정과정도 매우 복잡해졌으며 할인조건이 까다로워진 반면에 서비스 수준은 크게 향상되었다. 미국내 운임이 완전히 가격자유화된 이후 여러 항공사들은 특정구간별 (O&D: Origin & Destination)시장에 대해 예약시스템을 이용해 동시에 다양한 운임이 존재할 수 있는 가격구조를 만들었다. 이러한 경쟁환경 속에서 항공사의 운임은 가격경쟁이나 서비스 등급, 수요변화 등에 따라 다양하게 결정된다고 하더라도 어느 정도의 안정된 가격결정구조는 나타나야 한다. [Curry, 1990]

항공사들은 수익이 최대가 될 수 있도록 가격구조(분할)를 만든다. 예컨대 낮은 운임의 승객이 높은 운임으로 이동하는 것은 기꺼히 받아들여지만 높은 운임의 승객이 낮은 운임으로 이동하는 것을 막는다. 거의 모든 항공사들은 1970년대 중반부터 선취구매 (Advanced Purchase)운임을 만들어 내어 최소기간의 체류와 왕복여행 등을 적용한 슈퍼할인운임 (AA의 Super-Saver Fares, APEX)을 채택하고 있다. 이러한 특별할인 요금제도는 경쟁사의 요금과 비슷하도록 결정하거나, 특정한 노선에만 제한적용하거나, 연속비행일정 중 특정구간을 지정하였으며 최근에는 예약취소에 대해 과태료를 부과하기도 하였다. 이렇듯 항공사에서는 낮은 운임의 승객수용량을 제한하고자 할 뿐만 아니라 이런 종류의 좌석수를 공시하지 않는다.

몇몇 항공사들은 논스톱/연결비행 (Nonstop/Connecting Flights)의 비행일정에 제한을 둬으로써 저운임 승객층을 더욱 세분화 시킬 수 있는 가격구조를 만들었다. 여러 유형의 승객 중에서 가격에 대해서는 높은 민감도를 나타내면서 여행시간에 대하여는 상대적으로 낮은 민감도를 갖는 집단이 이러한 운임을 이용하였다. 또한 1987년 “Max Saver” 라고 불리는 환불이 거부되는 운임이 미국의 텍사스 항공사(Texas Air Corporation)에 의해 소개되었다. ¹⁾

나. 세계항공사의 수익률관리기법의 변화

1970년대 후반부터 항공운송시장이 자유화되면서 시작된 가격(운임)경쟁 가운데 북미와 구주지역의 대형항공사들은 이러한 저운임경쟁에서 생존하기 위해

1) 이부분에 대한 상세한 논의는 P. Belobaba(1987) 참고.

1980년에 들어서는 수익률관리시스템(YMS)을 새로운 전략적차원에서 추진하였다. 그 내용을 다음과 같이 두 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 단지 전략적차원의 수익률관리에서 전략과 전술을 겸한 방법으로 전환되었다. 즉 과거 항공사의 연간판매계획에 의한 목표관리, 지역별 판매정책, 가격정책, 노선구조변경, 제품차별화 등의 방식에 의한 수익률 제고전략으로부터 매일매일의 변화하는 운송수요와 공급간의 균형에 따라 매비행편별, 세분시장(segment)별, 운임별로 좌석공급을 조정하는 체제로 바뀌었다.

둘째, 항공사 컴퓨터예약시스템(CRS)을 이용한 예약관리 측면도 과거 통제요원이 자신의 주관적 경험에 기초하여 좌석재고관리를 수행했던 방식으로부터 기존의 예약 데이터패턴을 분석하고, 미래항공수요를 보다 정확히 예측하고 심지어는 승객의 구매행동조차도 분석함으로써 이들을 근거로 보다 과학적이며 통제적으로 좌석재고관리를 할 수 있게 되었다.

〈표 1〉 YMS의 현황

구 분	K 항공사	선진기법의 항공사
CLASS 수	항공편당 3개	FLT/SEGMENT당 다수
CONTROL단위	LEG별로 통제	SEGMENT별 통제
YIELD CONTROL 개념	수요성격을 제 3,4 자유 對 제 6 자유, 개인/그룹, ON/OFF LINE 으로 구분	운임별 판매등급을 세분, 고수익승객을 선별흡수
CONTROL 방식	CONTROLLER의 경험에 의한 좌석배분과 초과 예약결정	수요예측에 의한 예약 PROFILE을 선정, LEVEL 조정에 의한 CONTROL 운영
운임정보시스템	운임정보 검색기능만 가능	운임 자동계산, 승객의 희망운임 자동산정시스템 기능

자료원 : 대한항공자료, 1992.

1. American Airline의 사례 [Smith & Ross 1992]

가) 각 승객 예약가치평가

각 승객의 여정마다 어느 정도의 수익성이 있는가를 기준으로 분류. 즉 레그 중심의 관리에서 세그먼트중심의 관리로 변환

나) 수요에 대한 운송흐름관리

예약가치에 따라 분류된 승객을 O&D 구간별로 인덱싱방식을 이용하여 운송량을 배분

다) 수요의 관리

할당된 탑승수요에 초과예약수준(overbooking level)을 설정하여 실제 좌석을 할당

2. YMS의 현황

선진기법의 외국항공사와 국내 K항공사의 YMS의 현황을 비교해보면 <표 1>와 같다.

다. 좌석재고관리의 문제

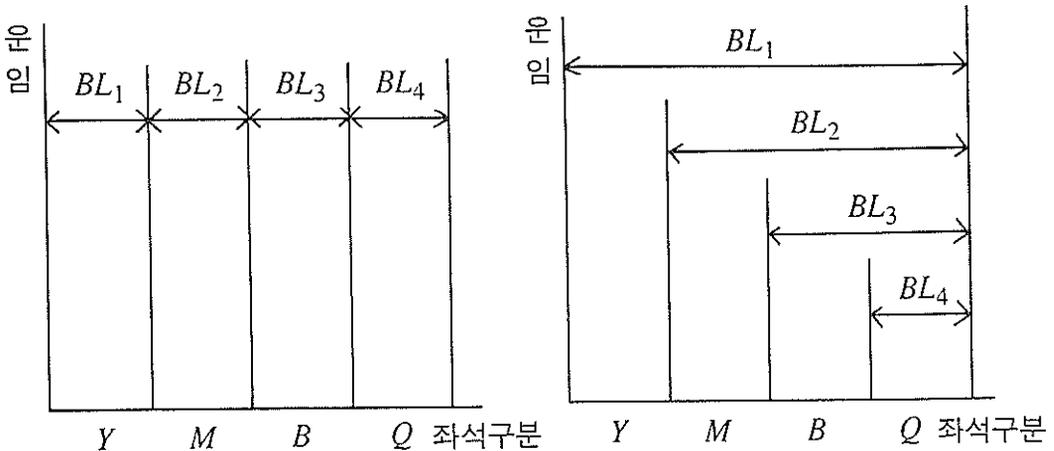
1. 예약방식에 따른 좌석재고관리의 비교

㉞ Distinct방식의 좌석재고관리

클래스를 근본적으로 고정구분한 이 시스템은 아직도 많은 항공사가 사용하고 있는 방식으로서 최근에 이들 항공사들은 보다 효율적인 다른 예약방법을 찾으려 애쓰고 있다. Distinct방식에서는 특정 비행레그의 모든 예약좌석이 이산적이며 유형간 구분 할당된다. 각 운임클래스마다 각각의 좌석량이 할당되어 있으며 항공사의 예약담당자는 접수된 좌석예약이 클래스별 좌석할당량에 미치면 추가 예약은 거절하게 된다. Distinct방식 예약시스템은 고정·분리된 클래스의 총판매가능좌석의 합으로서 예약을 제한하며, 특정항공편에 초과예약이 허용될 때는 각 구분된 클래스별 초과예약의 합이 해당항공편의 전체 초과예약좌석과 같아야 한다. 이러한 방식에서는 운임별 비교에 의한 예약접수(거부)가 불가능하기 때문에 비싼 운임예약이 낮은 운임예약에 밀릴수 있다. 예컨대 예약제한이 운임클래스 기준이 아니고 예약클래스(여러 가지 운임종류를 포함)인 셈이다.

㉔ Nesting 방식의 좌석재고관리

운임클래스의 Nesting (혹은 sharing, pooling)방식은 앞서 distinct 방식이 갖는 약점을 보완할 수 있다. Nested 시스템에서의 운임클래스는 각 예약좌석이 갖는 가치(value)에 따라 순차적으로 공급결정되므로 고운임클래스의 좌석은 필요시 저운임클래스의 좌석재고에서 일부 혹은 전부를 이용할 수 있다. 만일 외의 수요가 발생하더라도, 저운임클래스에 좌석이 남아 있는한 고운임의 예약은 항상 가능하다. 예컨대 이제 운임클래스 할당 개념은 예약한계(Booking Limit:BL)로 바뀌게 된다. 다시 말해 특정한 운임클래스에 해당되는 좌석예약요청은 그 클래스와 다른 모든 저운임클래스의 예약수가 해당 운임클래스의 예약한계보다 적기만 하면 항상 받아들여진다. 이상의 두 예약방식시스템을 그림으로 나타내면 다음과 같다[Curry, 1990].



[그림 1] Distinct시스템과 Nested시스템의 예약한계

이 [그림 1]에서 보는 것처럼 distinct 방식은 좌석구분간 예약한계가 완전히 구분되어 좌석이 할당된 반면에 nesting방식은 상위운임의 예약한계가 하위운임의 예약한계를 자체 예약범위내에서 항상 내포할 수 있다.

Ⅲ. 기대한계좌석수익모형(EMSR)

가. 확률적 좌석수요의 distinct 예약방식

항공사 좌석재고관리 문제에서 확률적 수요는 각 운임 클래스별 예약신청의 기대수(expected number of requests)로 평가된다. 먼저 출발예정된 비행레그에 있어 예약마감까지 운임클래스 i 의 좌석에 대해 접수한 총예약요구건수 r_i 의 확률밀도함수를 $p_i(r_i)$ 라고 한다. 이러한 확률밀도함수는 기존의 운항데이터를 가지고 구할 수 있다. 그리고 한 비행레그에서 판매할 수 있는 총좌석수도 중요한 제약조건이다. S_i 는 i 운임 클래스에 할당된 좌석 수로써 해당운임클래스에 대한 예약 신청수보다 크지 않을 수도 있으므로 결국은 수요를 모두 충족시키지 못하는 일이 발생할 수 있다. i 운임클래스의 모든 예약신청이 받아들여질 누적함수는 S_i 의 연속함수로 본다. 즉,

$$P_i(S_i) = P[r_i \leq S_i] = \int_0^{S_i} p_i(r_i) dr_i \quad (1)$$

식(1)은 i 운임클래스에 대한 예약신청수 r_i 가 할당좌석수 S_i 를 넘지 않을 확률이다. 반대로 초과하는 경우로는

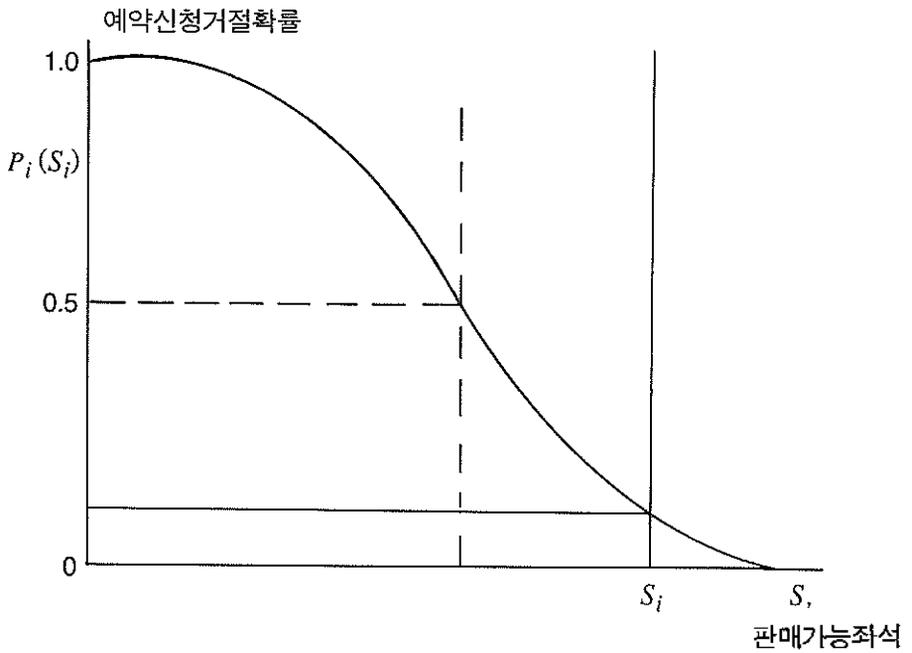
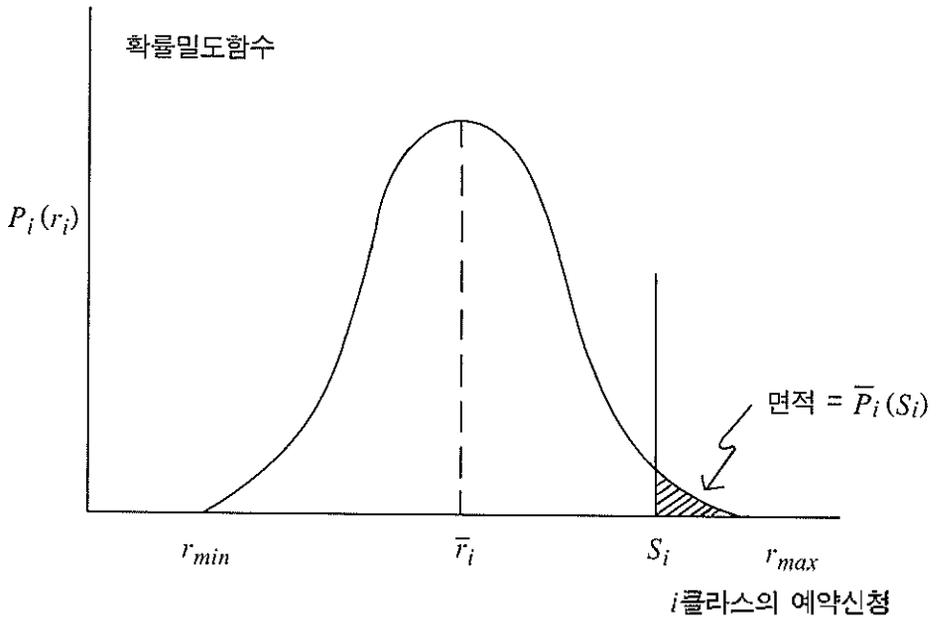
$$P[r_i > S_i] = \int_{S_i}^{\infty} p_i(r_i) dr_i = 1 - P_i(S_i) = \bar{P}_i(S_i) \quad (2)$$

식(2)의 $\bar{P}_i(S_i)$ 는 i 운임클래스에 있어 할당좌석 수보다 더 많은 예약이 신청될 확률로써 결국은 예약거절(spill 혹은 overflow)될 확률을 나타낸다.

이러한 $P_i(r_i)$ 와 $\bar{P}_i(S_i)$ 의 관계는 [그림 2]로 설명되어 진다. 그러면 이와 같은 확률이론을 distinct 운임 클래스에서의 수익최대화 모형에 적용하여 본다. 각 운임클래스 i 의 합은 비행편당 전체판매좌석규모 C 이다. 즉,

$$C = \sum_i S_i .$$

운임클래스 i 에 있어 받아들여진 예약신청의 평균운임을 f_i 라고 하자. 이때 비행



[그림 2] 전형적인 예약신청 확률분포

편당 총기대수익 \bar{R} 를 최대치로 하는 S_i 의 정수값을 찾고자 한다.

$$\bar{R}_i(S_i) = f_i \cdot \bar{b}_i(S_i), \text{ for all } i$$

$$\bar{R} = \sum_i \bar{R}_i$$

(제약조건 : 전체 판매좌석 규모 C)

예를들어 각 운임이 f_1, f_2 인 두 개의 클래스가 있다고 하자. 비행편당 총기대 수익 \bar{R} 를 최대화시키는 $S_1 = C - S_2$ 값을 찾기위해 \bar{R} 를 S_1 에 대해 미분하여 제로로한다.

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \bar{R}_1(S_1) + \bar{R}_2(C - S_1) \\ &= f_1 \cdot \bar{b}_1(S_1) + f_2 \cdot \bar{b}_2(C - S_1) \\ \partial \bar{R} / \partial S_1 &= 0 \end{aligned}$$

각 클래스별 기대한계좌석수익 (Expected Marginal Seat Revenue)의 $EMSR_i = \partial \bar{R} / \partial S_i$ 은 주어진 전체좌석규모 C 에서 각 클래스의 값이 같을 때 최적이다 (이때 반드시 제로일 필요는 없음). 이때 전체좌석규모 C 값에 따라서는 코너점의 해를 가질 수 있다. 다시 말해 모든좌석이 클래스1에 할당될 때 $\partial \bar{R} / \partial S_i$ 값이 제로가 아니다. 그때의 좌석은 각각의 운임클래스 중에서 기대한계좌석수익이 최대로 되는 운임클래스 사이에서 할당될 것이다.

i 운임 클래스에서 S_i 번째 좌석의 기대한계좌석수익 $EMSR_i(S_i)$ 는 해당클래스의 평균운임을 S_i 개(혹은 그 이상)의 좌석을 판매할 확률에 곱한 값이다.

$$EMSR_i(S_i) = f_i \cdot \bar{P}_i(S_i) \tag{3}$$

두 가지 distinct 클래스(S_1, S_2) 재고의 예에서 최적치는 다음을 만족해야 한다.

$$EMSR_1(S_1^*) = EMSR_2(S_2^*)$$

$$f_1 \cdot \bar{P}_1(S_1^*) = f_2 \cdot \bar{P}_2(S_2^*)$$

$$\frac{\bar{P}_1(S_1^*)}{\bar{P}_2(S_2^*)} = \frac{f_2}{f_1}$$

여기서 S_1 과 S_2 의 최적치 결정에 영향을 미치는 요소는 각 운임클래스별 기대수요의 확률밀도함수, 각 클래스별 운임(수익), 총좌석규모 등이다. 이들 R , S_i , C 세요소들간의 관계를 간단히 두 클래스에서 보면 [그림 3]과 같다. $\bar{R} = \bar{R}_1 + \bar{R}_2$ 는 전체좌석규모 C 에서 S_1^* 이 보다 고가격인 1운임클래스에 할당될 때 최대치를 갖는다.

나. 확률적 좌석수요의 Nesting 예약방식

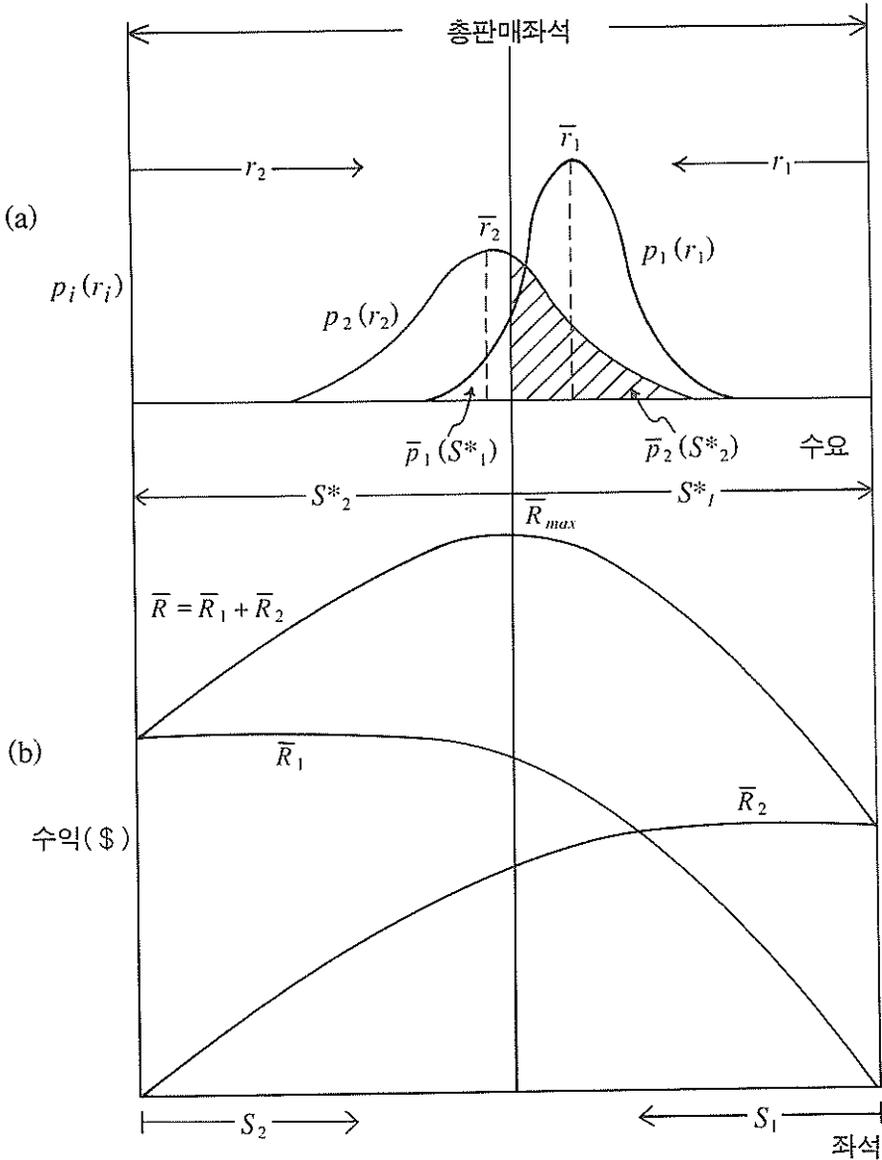
이미 서론에서 지적했듯이 좌석재고관리의 주목적은 정규운임 이하로 판매할 좌석의 수를 제한하는 것이다. 전통적인 잉여좌석관리(surplus seat management)개념은 고운임 고객용 좌석을 보호한 후 최후에 남은 빈좌석만을 할인고객에게 판매한다는 것이다. 잉여좌석관리기법이 많은 면에서 이미 낙후되었지만 많은 좌석을 고운임 고객에게 제공하겠다는 기본정신은 아직 유효하다. 이러한 면에서 nested방식의 좌석재고관리는 고운임 클래스에는 보호수준(protection levels)을 정하고 저운임클래스에게는 예약한계(booking limits)를 정하는 것이 주요한 통제기능이다.

각 보호수준은 특정 운임클래스(또는 그 이상의 고운임클래스)를 위해 지켜야 할 최소한(minimum)의 좌석수인 반면에 각 예약한계는 특정클래스(또는 그 이하의 저운임클래스)에게 판매될지도 모를 최대한(maximum)의 좌석수이다. 이처럼 보면 최고운임클래스의 예약한계는 해당비행편의 총좌석수이며, 최고운임클래스의 보호수준은 해당클래스 예약한계와 차순위 운임클래스 예약한계간의 차이이다. 확률적 좌석수요의 distinct 예약방식에서와 같이 nesting 방식에서도 각 운임클래스별로 수요함수가 상호독립적이라고 가정한다. 그리고 예약신청이 거절된 고객은 재차신청(날짜시간변경이나 노선변경)하지 않음으로 해서 예약상 손실로 인정한다. 또한 접수된 예약은 취소되지 않고 모두 go-show한다고 가정한다. 그러면 앞에서 이미 도출한 확률개념을 복수운임클래스를 갖는 nested 예약시스템에 적용시켜 기대한계수익을 구하자. 과거자료를 기초로 한 운임클래스

i 의 예약신청 밀도함수와 S_i 함수인 기대예약을 가지고 i 클래스 좌석인 S_i 로부터의 기대수익 \bar{R}_i 는 다음과 같다.

$$\bar{R}_i = f_i \cdot \bar{b}_i(S_i)$$

(f_i : i 클래스에 예약된 승객의 평균운임)



(그림 3) 두운임 클래스에서의 최적 좌석할당 예

간단한 예를 들어 본다. Nested 운임클래스는 두 개(1, 2)이며, 각 운임은 f_1 , f_2 로 예약가능한 single-leg구간을 가정한다. 이 경우 총기대수익을 최대화하기 위해 클래스 1에 우선적으로 예약권을 부여한다. 따라서 클래스 1은 예약한계 (BL_1)로써 객실전체(C)를 갖는다. 클래스 2로 부터 보호되고(즉, 클래스 2로는 예약하지 않고) 클래스 1에만 전적으로 예약가능한 좌석을 S_{12} 로 한다.

클래스 1에 있어 최적보호수준의 S_{12} 는 다음 조건을 만족시키는 최대의 정수치이다. 여기서 $EMSR_i$ 는 클래스 i 에 판매좌석을 한단위 추가할 때 기대되는 한계좌석수익을 나타낸다.

$$EMSR_1(S_{12}) \geq f_2$$

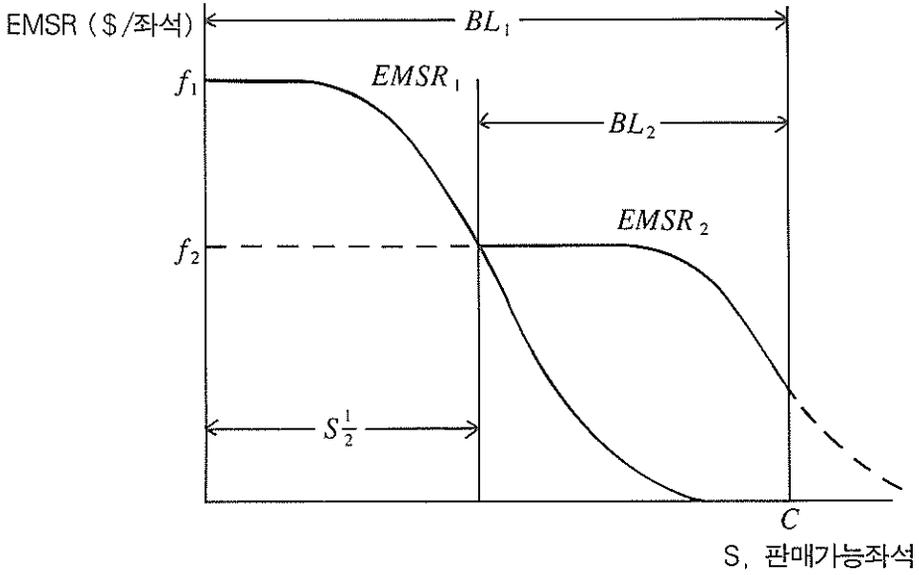
즉 클래스 1의 최적보호수준은 클래스 1으로 보호되어야 할 기대한계좌석수익이 클래스 2의 평균운임과 같을때이다. 이를 그래프로 표시한 것이 [그림 4]이다. [그림 4] (a)는 nested 예약시스템에서의 헤로써 운임클래스 1의 예약한계 (BL_1)는 항공사에서 주어진 객실좌석의 전체가 되며, 운임클래스 2의 예약한계 (BL_2)는 $EMSR_1$ 의 곡선이 f_2 와 일치하는 점에서 시작된다. 그림 (b)는 distinct 예약시스템의 헤로써 각각의 운임클래스에서 활용할 수 있는 좌석수는 서로 독립적으로 제한된다. 이처럼 그래프에서 보듯이 nested 클래스 1에 있어 수익최대화 실현의 보호수준은 EMSR모형에서 다음조건을 만족시키는 S_{12} 값을 찾으려면 된다.

$$EMSR_1(S_{12}) = f_1 \cdot \bar{P}_1(S_{12}) = f_2 \quad (4)$$

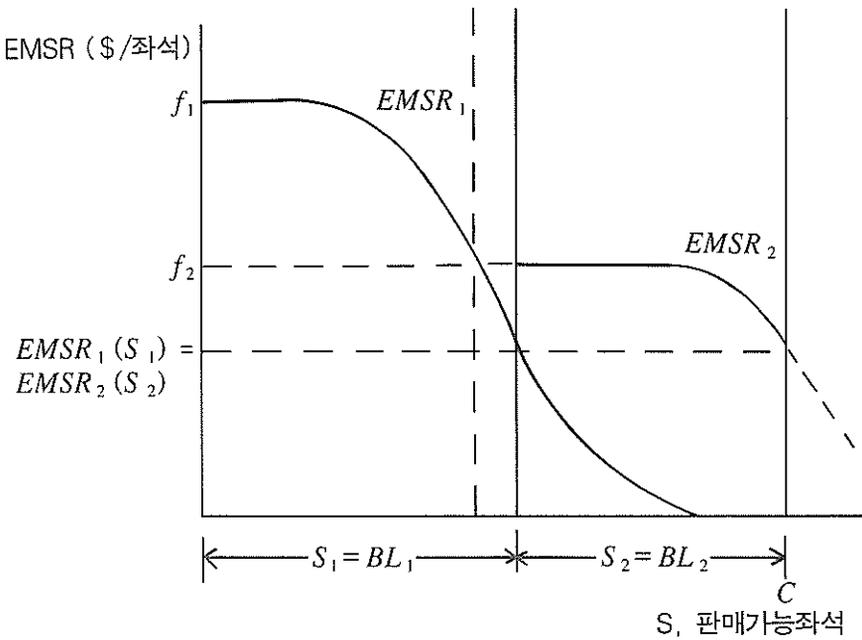
(4)번 식에서 최적보호수준은 저운임클래스의 수요함수에 의해 영향을 받지 않는 대신, f_1 에 대한 f_2 의 비율과 함수관계에 있으며 고운임 수요특성과 함수관계가 있음을 알 수 있다. 그림에서 보는 것과 같이 가상의 입력자료를 이용해 $EMSR$ 을 적용한 nested방식의 최적 예약한계와 기대수익의 결과를 정리한 것이 <표 2>이다.

총좌석 규모가 100석이고 운임클래스가 1과 2로 나뉘어 있고 예약신청수요는 정규분포를 가정하여 distinct 시스템의 총기대수익은 \$6825.3이고 $EMSR$ 이 적용된 nested 시스템의 총기대수익은 \$7578.3으로 나타났다. 이를보면 총좌석

(a) Nested 예약시스템의 해



(b) Distinct 예약시스템의 해



(그림 4) 두개 클래스에서 기대수익의 최대화

100석인 예에서 nested 시스템이 distinct 시스템보다 11.03%의 수익증가를 가져왔다. <표 2>의 분석결과 항공사의 총기대수익을 향상시키기 위하여는 distinct보다 nested 시스템을 운영하는 것이 바람직하다.

EMSR모형을 2개 이상의 운임클래스를 갖는 single-leg에 적용하려면 여러 운임클래스간의 기대한계수익을 반복적으로 비교해야 한다. f_1, f_2, f_3 세개의 운임클래스를 생각하면, 1클래스는 2클래스로부터 보호되어야 하고, 2클래스는 3클래스로부터 보호되어야 한다.

$$EMSR_1(S_{12}) = f_2$$

<표 2> 최적한계와 기대수익

입력 자료	클래스 1	클래스 2	
운임(\$)	100	60	
평균수요	50	50	
표준편차	20	20	
Distinct 운임클래스			합 계
최적할당	60	40	100
기대수익	4645.4	2179.9	6825.3
Nested 운임클래스(EMSR)			합 계
최적보호수준	50	—	
최적좌석한계(BL)	100	50	100
기대수익	4626.2	2952.1	7578.3

주 : 시뮬레이션의 가정은 다음과 같다

- 수요는 정규분포,
- 총판매가능좌석은 100석,
- 운임클래스 1과 2의 운임은 각각 \$100 과 \$60,
- 운임클래스 1과 2의 평균과 표준편차는 50과 20,
- Distinct 예약시스템에서의 $BL_1 = 60, BL_2 = 40,$
- 각 운임클래스의 승객수요는 항상 존재한다.

이때 2클래스의 최적예약한계는

$$BL_2 = C - S^1_2$$

다음으로 3클래스의 최적예약한계(BL_3)를 구하기 위해서는 먼저 3클래스로부터 보호해야 할 1클래스의 좌석수(S^1_3)와 2클래스의 좌석수(S^2_3) 각각을 구해야 한다.

$$EMSR_1(S^1_3) = f_3$$

$$EMSR_2(S^2_3) = f_3$$

3클래스로부터 보호되어야 할 1, 2 클래스의 총보호수준은 S^1_3, S^2_3 의 합이다. 따라서 $BL_3 = C - S^1_3 - S^2_3$. 이제 k 개의 운임클래스를 갖는 single-leg구간에서 S_{ij} 의 최적해는

$$EMSR_i(S^i_j) = f_j, \quad (i < j, j = 1, \dots, k)$$

를 만족시켜야 한다. 총 비교횟수는 $k(k-1)/2$ 회 이다. 이렇게 구한 최적보호수준 값을 가지고 각 클래스 j 별 최적예약한계를 구할 수 있다. 즉,

$$BL_j = C - \sum_{i < j} S^i_j \quad (5)$$

다. 동적인 EMSR 모형

이제까지의 EMSR 모형은 여러 nested 운임클래스를 갖는 단일레그 노선을 대상으로 수익을 최대화시킬 수 있는 예약한계를 정하는 과정이다. 이 경우의 예약한계 의사결정은 해당비행편이 출발하기 전 특정한 한 시점에서(대개는 예약접수 개시점) 결정되어야 하기 때문에 정태적(static) 좌석재고관리이다. 그런데 정태적 예약한계를 비행출발 시간이 가까워질수록 일정한 간격을 두어 규칙적으로 수정해 나감으로써 동태적(dynamic) 모형화 할 수 있다. 이전 경우에는 해당운항편에 대해 이미 접수확정된 실제의 예약실적을 갖고 추가적인 정보를

언을 수 있다. 그럼으로써 정태적 모형에서 사용한 초기의 수요예측의 불확실성을 줄일 수 있다. 정태적 EMSR 모형에서는 최적보호수준을 정하기 위해 클래스별 출기대예약신청에 대한 측정값이 필요했으나 동태적인 모형은 출발전 여러 시점에서의 신청측정치를 구함으로써 각 당시마다 미예약된 좌석만을 가지고 최적보호좌석규모를 산정하게 된다.

이런 동태적 EMSR 모형을 사용하기 위해 먼저 정태적 모형에서 가정한 운임클래스간 수요의 독립성, 거절된 예약신청의 절대 손실성, 확인된 예약의 취소와 no-show의 불인정 등과 함께 운임클래스간 예약 비율이나 출발전 예약 시점 간에는 상호 관계가 없다고 추가 가정한다. 동적인 EMSR 모형은 기본적으로 여러 시점마다 수정된 입력자료를 가지고 기존의 정적모형을 반복적으로 수행하는 것이다. 이와 같은 동적 EMSR 모형의 목적은 어느 시점에서 그 이전까지 예약한계결정이 최적이었던 아니었던간에 아무튼 남은 예약기간 동안에 클래스별로 최적의 예약한계를 정하는 것이다.

정태적 EMSR 모형은 f_i 와 수요의 평균과 표준편차를 입력자료로 사용하여 각 클래스별 최적예약한계(BL_i)를 구하기 위해 (3), (4), (5)식을 이용하였다. 이제 동태적 문제환경에서는 과거출발일자와 출발 t 일전 현재 있었던 예약신청표본자료를 이용한 운임클래스별 수요함수를 가지고 향후의 예약수를 추정한다. 해당비행편 출발일과 출발 t 일전 사이에 발생한 i 클래스의 예약신청 좌석수를 r_i^t 라고 하면

$$r_i^t \leq r_i$$

이다. 그리고 출발 t 일전 이후의 예약신청 확률밀도를 $\bar{P}_i(r_i^t)$ 로 하면, 출발일까지 남은 시간에 i 클래스에 대해 S (혹은 그 이상의 신청)만큼 접수할 확률은 $\bar{P}_i^t(S)$ 가 된다. 동태적 EMSR 모형에서 필요한 입력자료는 클래스별 평균운임 f_i (이는 전체 예약기간에 걸쳐 변동할 수도 있음)과 관련된 모든 단위별 $\bar{P}_i^t(S)$ 의 추정치이다.

출발전 예약기간 동안 각 1, 2 클래스별 최적좌석보호수준을 $S_2^t(t)$ 라 하면

$$EMSR_1^t[S_2^t(t)] = f_1 \cdot \bar{P}_1^t(S_2^t) = f_2$$

이다. 이처럼 t 일전 최적 보호좌석수($S_2^*(t)$)를 알면 2 클래스의 기존 최적예약한계를 다음과 같이 재수정 할 수 있다.

$$BL_2(t) = C - b_1 - S_2^*(t)$$

단, b_1 = 출발 t 일전까지 1 클래스에 접수확인된 예약좌석수

출발 t 시점 현재 아직도 $C - b_1$ 만큼의 총좌석이 남아있으며, 이중 $S_2^*(t)$ 는 1 클래스로 보호되어야 한다. 동태적 모형에서는 운임클래스가 2개 이상일 경우에는 정태적모형에서와 같이 저운임클래스의 평균운임과 고운임클래스간의 $EMSR(S)$ 값을 반복·비교해야 한다. 단지 출발 t 일전의 시점에서 본 미래수요 함수를 고려해야 한다. 고운임클래스 i 와 저운임클래스 j 간의 $EMSR$ 비교를 통해 구한 최적의 $S_j^*(t)$ 는 다음식을 만족해야 한다:

$$EMSR_i[S_j^*(t)] = f_i \cdot \bar{P}_i^t(S_j^*) = f_j$$

출발 t 일전의 예약한계를 수정하기 위해서는 다음식과 같이 당시 이미 예약된 좌석을 제해야 한다.

$$BL_j(t) = C - \sum_{i < j} b_i^t - \sum_{i < j} S_i^*(t)$$

라. 동태적 EMSR 모형의 사례

정태적 EMSR 모형을 기초로 출발 t 시점에서 남은 예약기간 동안의 수요를 제예측하여 기대수익을 최적화시키기 위한 예약한계 추정방법을 C언어 프로그램으로 작성하여 가상적 사례에 적용시켜 보았다. 먼저 비행편의 판매 가능한 객실 총 좌석수는 300개이고 운임클래스는 4개(Y, M, B, Q)로 나누었으며, 좌석수요는 정규분포로 가정하였다. 이 사례의 $EMSR$ 계산결과 <표 3>은 승객의 총기대예약수요에 대한 정태적인 최초의 예약한계 값이고 <표 4>는 동적인 모형에 적용시켰으며, <표 3>은 총 좌석수(C)가 300개 일때 총 기대예약수요에 대한 최초의 예약한계치 시뮬레이션 분석을 위한 가정으로서 각 클래스의 평균은 62.4, 90.9, 69.7, 72.5이고, 표준편차는 20.7, 43.2, 26.5, 30.3이며, 각 운임

클래스에서 하나의 좌석을 팔았을 때의 평균수익은 \$105, \$83, \$57, \$39로 입력하였다. 각 클래스 보호수준을 계산하기 위해서는 이미 앞에서 정리한 다음 과정을 따른다.

$$EMSR(S^Y_M) = f_Y \cdot \bar{P}(S^Y_M) = f_M$$

$$\bar{P}(S^Y_M) = f_M / f_Y$$

〈표 3〉 EMSR 모형의 최초 예약한계

총 좌석수 : 300개				
	Y	M	B	Q
입력자료 :				
평균수요	62.4	90.9	69.7	72.5
표준편차	20.7	43.2	26.5	30.3
평균수익 (\$)	105	83	57	39
중간 계산값 :				
$S^Y_M = 46, BL_M = C - S^Y_M = 254$				
$S^Y_B = 60, S^M_B = 72, BL_B = C - S^Y_B - S^M_B = 168$				
$S^Y_Q = 69, S^M_Q = 96, S^B_Q = 57, BL_Q = C - S^Y_Q - S^M_Q - S^B_Q = 78$				
	Y	M	B	Q
EMSR의 적용결과값 :				
보호수준 (NP) ²⁾	46	86	90	—
예약한계 (BL)	300	254	168	78

2) NP(Nested Protection level): nested 방식에서 특정클래스에 보호되어야 최적해를 얻을 수 있는 좌석이다. j 클래스의 보호수준을 NP_j라 하면 NP_j = BL_j + BL_{j+1}. 이것을 EMSR 보호수준 값인 Sⁱ_j로 다시 정리하면,

$$NP_j = \sum_{i \leq j} S^i_j + 1 - \sum_{i \leq j} S^i_j$$

NP_j 값은 최저운임 이외의 클래스에는 모두 적용되기 때문에, 총 좌석규모 C와 k개의 운임클래스의 경우

$$C = \sum_{i \leq j} NP_j + BL_k \text{가 된다.}$$

〈표 4〉 동태적 EMSR모델의 적용 예

$t=30$ 일 전	Y	M	B	Q
재입력자료 :				
기대예약수요	57	72.4	53.2	36.4
표준편차	18.2	38.4	20.6	25.8
예약 좌석수 (b_t)	5	21	14	30
EMSR의 적용결과값 :				
수정된 보호수준 (NP^*)	43	69	73	—
총보호수준 (NP)	48	90	87	—
예약한계 (BL)	300	252	162	75
판매가능좌석 (NS) ³⁾	230	187	118	45
$t=15$ 일전	Y	M	B	Q
재입력자료 :				
기대예약수요	46.3	58.2	42.3	19.6
표준편차	16.1	30.2	18.7	20.8
예약 좌석수 (b_t)	19	43	26	39
EMSR의 적용결과값 :				
수정된 보호수준 (NP^*)	34	57	58	—
총보호수준 (NP)	53	100	84	—
예약한계 (BL)	300	247	147	63
판매가능좌석 (NS)	173	139	82	24
$t=5$ 일전	Y	M	B	Q
입력자료 :				
기대예약수요	13.7	24.2	16.3	10.1
표준편차	6.9	10.3	7.6	5.2
예약 좌석수 (b_t)	37	73	67	58
EMSR의 적용결과값 :				
수정된 보호수준 (NP^*)	9	34	12	—
총보호수준 (NP)	46	107	79	—
예약한계 (BL)	300	254	147	68
판매가능좌석 (NS)	65	56	22	10

3) 각 클래스별 판매가능좌석 (NS : nested seat available)의 계산은 다음과 같다.

$$NS_y = 300 - \sum b_i \quad (i \geq 1)$$

$$NS_j = NS_{j-1} - NP_j \quad (j > 1)$$

클래스별 수정된 nested 보호수준 (NP_j^*)는 $NP_j - b_j$ 로 구한다.

이렇게 얻어진 SY_M 로 통해 BL_M 의 값을 구한다. i 클래스의 nested 보호수준인 NP_j 는 $(BL_j - BL_{j+1})$ 식에 의해 구한다. 각 변수의 최대치가 <표 3>에 요약되어 있다. 다음 <표 4>는 EMSR모형의 최초의 적용시점에서 계산된 예약한계를 t 시점(30일, 15일, 5일전)마다 수요자료를 수정재입력한 동태적 EMSR 결과표이다. 이들을 구하기 위한 입력자료는 매 t 시점마다 변화된 값을 가정했으며 t 시점까지 실현된 예약좌석수(bt)도 각기 다르게 정했다. 이렇게하여 수정된 nested 보호수준과 예약한계를 산출하였다. <표 3>과 <표 4>에서 보듯이 동태적 EMSR 모형은 해당 비행편에 대한 예약개시시점에서의 수요를 출발일까지 똑같이 가정하는 대신에 예약기간 중 일정한 시점이나 수요의 변화가 감지되는 시점에서 변화한 수요를 그간의 접수된 예약 실적을 고려한 새로운 예약한계와 보호수준을 정함으로써 전체 기대수익을 계속적으로 추구할 수 있다.

IV. 결 론

국제항공운송업계는 1978년 미국의 항공시장 규제완화 이후 새로운 구조전환의 시기를 맞이하게 되면서 시장자유화와 개방화가 이루어지고 있으며 각국의 항공사는 자유경쟁체제에서 생존하기 위하여 새로운 수익률관리기법(YMS)을 개발하기에 이르렀다. 현재 우리 나라 항공사도 얼마전 새로운 CRS인 RS-13을 도입하여 single-leg에 여러 개의 클래스를 설정하여 운용하고 있다. 몇몇 선진 외국항공사는 그들 경영특성에 맞는 YMS를 운영하면서 계속적으로 개발해나가고 있으며 또한 상당한 효과를 거두고 있다. 예를들면 아메리칸 항공의 경우 1988년부터 1990년 사이의 3년간 YMS에 의하여 14억달러의 이익을 얻었으며, 미래에도 지속적으로 연간 5억달러 이상의 수익을 얻을 것이라 평가하고 있다.[Smith & Ross, 1992] 따라서 본 연구에서는 많은 항공사들이 관심을 갖고 있는 YMS의 좌석재고관리에 대하여 이론적인 개념을 기초로 항공사들이 직면하고 있는 문제를 가상적인 사례를 통해 실질적으로 향상된 수익률을 검증함으로써 항공사에 해결방안을 제시하고자 하였다. 먼저 정태적모형에서 Nested 시스템이 Distinct 시스템보다는 수익률을 높이는데 좀더 효율적이라는 것을 증명하였고(<표 2>), 이러한 연구모형을 기초로 여러 관리시점을 고려한 동태적모형을 설정하여 각 관리시점마다 전체예약한계가 변동함으로써 각 클래스간의 예약한계와 보호수준을 재조정된 결과를 얻었다(<표 4>). 이러한 정태적, 동태적 모

형을 기초로 앞으로는 초과예약수준이나 전체수요 및 각 클래스별 수요의 특성, 클래스간 이동가능성 등 여러 변수를 고려함으로써 보다 현실적인 수익관리 모형에 대한 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- 대한항공, YMS 도입에 따른 Inventory Control 추진방향, 1992년 자료.
- 김재환·박오화·차근호, 현대항공운송산업분석론, 1989 한국항공대학.
- 이태원 현대항공운송론, 1991, 서울컴퓨터프레스.
- 홍순길 "International Aviation in the Changing Global Order" 1992 한국항공대학.
- "Boeing Promotional Fare Management System : Analysis and Research Finding," Sales Technique Department, Boeing Commercial Airplane Company, Seattle WA, July 1982.
- "The Optimal Partitioning of an Airplane's Seating Capacity," Sales Technology Department, Boeing Commercial Airplane Company, Seattle WA, February 1982.
- Peter P. Belobaba "Airline Yield Management : An Overview of Seat Inventory Control," *Transportation Science* Vol. 21 No. 2, May 1987, pp.63 - 73.
- _____ "Air Travel Demand and Airline Seat Inventory Management," Report R87-7 *Flight Transportation Laboratory*, MIT 1987.
- R. Crandall, "Life Under Deregulation The American Way," *Travel Weekly* May 31, 1985.
- R.E. Curry "Optimal Airline Seat Allocation with Fare Classes Nested by Origins and Destinations," *Transportation Science* Vol. 24 No.3, August 1990, pp.193 - 204.
- R. W. Dodd, "An Assessment of the Effectiveness of the Restrictions on Low-Priced Air Fares," *Research Branch Report* 40-80-12, Canadian Transport Commission, Ottawa-Hull, Sep.1980, p.34.
- K. Labich, Fare Wars ; Have the Big Airlines Learned to Win ? *Fortune* pp.24 - 28, October 29. 1984.
- Kenneth Littlewood, "Forecasting and Control of Passenger Bookings" *FORS Proceedings* 1972, pp 95 - 117.

- Michel Mayer, "Seat Allocation, or A Simple Model of Seat Allocation Via Sophisticated Ones," *AGIFORS Symposium Proceedings* 1976, pp 339 - 362.
- Walter Nicholson, *Microeconomic Theory : Basis Principles and Extensions*, 2nd Edition, The Dryden Press, 1978, Chp.3.
- T.G. Plaskett, Senior Vice-President Marketing- American Airlines, Presentation to Shearson, Lehman Brothers Airline Industry Seminar, Key Largo FL, February 14, 1986.
- Helmut Richter, "The Differential Revenue Method To Determine Optimal Seat Allotments By Fare Type," *AGIFORS Symposium Proceedings* 1982, pp 339 - 362.
- M. Rothstien, "An Airline Overbooking Model" *Transportation Science*, Vol. 5, 1971, pp. 180 - 192.
- Steven Shaw, *Air Transport: A Marketing Perspective*, Pitman Books, London, 1982.
- Barry C.Smith and Ross M., "Yield Management at American Airlines," *The Institute of Management Science*, 1992(January - February) pp. 8 - 31.
- William M. Swan, "A Systems Analysis of Scheduled Air Transportation Networks," *Flight Transportation Laboratory Report FTL-R 79-5*, MIT June 1979, pp. 83 - 84.