

장거리 운항에 따른 운항방식 고찰

A Study for Long Range Operation Pattern

김현덕*, 오영진(대한항공), 김칠영(한국항공대학교)

1. 서 론

비행에 있어 승객의 안전과 정시성은 가장 기본적인 전제조건이다.

특히, 장거리 비행에 있어 조종사들의 관심사는 목적지 공항까지의 Fuel Management와 Crew Management에 있다. Fuel Management는 연료 save개념과 연료의 효율적 운영에 있다. 또한 운항과 객실 승무원간의 원활한 Communication과 승무원 편조 및 근무시간의 적절한 분배는 Crew Management에 해당된다.

본 연구에서는 Fuel Management의 한 요소인 Cost Index에 대한 개념을 정리하고 실제 Line Operation의 수치화된 예를 들어보고자 한다. 그리고 Crew Management에 있어서의 운항 승무원의 근무교대 형태를 통해 피로도를 알아보고, 이를 줄일 수 있는 가장 효과적인 방법을 모색해 본다.

2. 본 론

1. COST INDEX 개념

1). GENERAL

현대의 비행기는 Automatic Performance Optimization을 제공하는 FMS(Flight Management System) 장비를 사용하고 있다. FMS는 고도 선택 뿐 아니라 상승, 순항, 하강에 대한 최저경비속도(ECON SPD)를 계산하기 위해서 Cost Index를 사용하며, Cost Index는 Time Related Cost에 대한 Fuel Cost의 상관비용에 대한 수치적 표시이다. 즉 Cost Index의 사용은 Operating Cost를 최소화하기 위함이다.

2) COST INDEX

$$\text{Cost Index} = \text{Time Related Costs} / \text{Fuel Costs} * 100$$

• Time Related Costs로는 On Time Operating (정시운항) Cost를 생각해 볼 수 있으며 다른 예로는

- Flight and Cabin Crew Wages (임금) (If paid by the hour)
- Airframe and Engine Materials and Labor
- Lease Expenses (비용) (If paid by the hour)

비행기의 Delay 도착으로 인해 발생하는 Cost는 또 하나의 Time Related Cost이다.

• Fuel Cost는 단순히 Pound(LBS) 당 연료의 비행이다.

• 만약 Time Related Cost가 High이고, Fuel Cost가 Low이면 Cost Index는 높아지며, Cost Index가 높을수록 연료에 비해, Time Related Cost가 크다는 것을 의미한다. FMS는 이 문제를 해결하기 위해 ECON SPEED를 증가시키는 최소시간 해법을 제시한다. (ECON SPD increase to MMO .84)

• 만약 Time Related Cost가 Low이고, Fuel Cost가 High이면, Cost Index는 낮아진다. Cost Index가 낮아질수록 시간에 비교해서 연료 Cost가 매우 크다는 의미이다. FMS는 최소 연료 해법을 위해 ECON SPEED를 감소시킨다. (decrease to MRC)

3). ECON SPEED

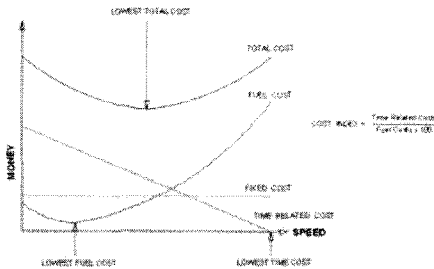
FMS의 ECON SPD Mode는 Minimum Trip Cost를 제공하기 위해 Design되었다.

비행에서 Minimum Trip Cost (최소한의 Trip

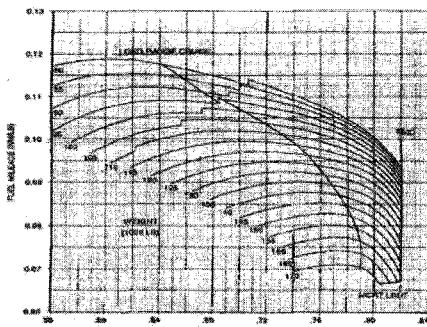
Fuel과 Time Cost)를 얻기 위해 FMS Computer는 SPD Change Schedule과 Optimum Altitude를 자체적으로 계산하는데 Cost Index는 중요한 요소이다.

4). LOWEST TOTAL COST

- 각 비행의 Total Cost는 Fixed Cost + Fuel Cost + Time Related Cost의 합이다.
- SPD를 증가시키면 Time Related Cost는 감소하는 반면, Fixed Cost는 비행하는 동안 독립적으로 일정하다. 또한 SPD를 증가시키면 Fuel Cost는 변화하는데 Minimum Fuel Cost SPD (MRC)부터 Maximum Operating SPD (MMO)의 Maximum Fuel Cost까지 변화한다.
- 즉 Cost Index는 비행에서 Minimum Total Cost를 결정하기 위한 ECON SPD를 결정하는데 사용된다.



5). LRC (Long Rang Cruise) SPEED



- 이 Graph는 어떤 일정한 고도에서, SPD 변화에 따른 Fuel Mileage(Distance per Unit of Fuel Required)의 변화를 보여준다.
- 주어진 Weight에서 Best Fuel Mileage는 Maximum Range Cruise Speed(MRC)에서 얻어

진다. Long Range Cruise(LRC) Speed는 MRC의 Best Fuel Mileage의 99%에 해당하는, MRC 보다는 높은 Speed이다. Fuel Mileage에서 1%의 Reduction은 2 - 4% Cruise Speed를 증가시킨다.

- 이 Graph에서 만약 Cost Index 0값을 FMS에 입력시키면, Computer는 Fuel Cost에 비해 Time Cost는 중요하지 않다고 판단하여, Flight Profile을 Minimize the Amount of Fuel Burn으로 계획한다. 이것은 비행시간을 증가시킨다. Best Fuel Mileage는 MRC (Max Range CRZ Speed)이므로 Computer는 이 Speed를 Select한다.

만약 매우 High Cost Index값을 입력한다면, Computer는 Fuel Cost에 비해 Time Cost가 매우 중요하다고 판단한다. 이 경우, Computer는 매우 높은 CRZ Speed MMO에 가까운 Speed를 Select한다.

- Boieng-777의 경우는 대부분의 Weight에서 LRC Speed에 가장 가까운 Cost Index값은 180이다. 하지만 실제 비행에서는 이 LRC Speed Cost Index인 180을 사용하지 아니하고, 777-200인 경우에는 Cost Index 60, 777-300인 경우에는 Cost Index 50을 사용한다.

B747-400 COST INDEX 별 FLT TIME & FUEL

	RANGE (NM)							NORMAL MACH		
	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	B744P	B744F	
C100	FLT TIME (HR)	1.27	2.21	4.37	6.43	8.47	10.50	12.50		
	FUEL (LBS)	26137	47927	90798	137919	186520	241197	303395	0.831 -	0.822 -
	Δ TIME (MIN)	1.2	1.6	2.4	3.6	4.8	6.4	8	0.847	0.833
	Δ FUEL (LBS)	+96	+70	+100	+130	+124	+114	+104		
C140	FLT TIME (HR)	1.26	2.29	4.33	6.37	8.40	10.41	12.42	0.830 -	0.828 -
	FUEL (LBS)	26273	47181	90880	137729	186152	244411	309194	0.858 -	0.856 -
	Δ TIME (MIN)	1.2	1.6	2.4	3.6	4.8	6.4	8	0.867	0.840
	Δ FUEL (LBS)	+111	+89	+119	+149	+143	+133	+123		
C150	FLT TIME (HR)	1.23	2.25	4.29	6.33	8.36	10.33	12.30	0.856 -	0.856 -
	FUEL (LBS)	26364	47293	91113	137997	186579	244978	309878	0.867	0.840
	Δ TIME (MIN)	+1.2	+1.6	+2.4	+3.6	+4.8	+6.4	+8		
	Δ FUEL (LBS)	+111	+89	+119	+149	+143	+133	+123		
C158	FLT TIME (HR)	1.21	2.22	4.27	6.30	8.31	10.30	12.28	0.856 -	0.859 -
	FUEL (LBS)	26679	47507	91417	138287	187039	245433	310296	0.862	0.846
	Δ TIME (MIN)	+1.2	+1.6	+2.4	+3.6	+4.8	+6.4	+8		
	Δ FUEL (LBS)	+111	+89	+119	+149	+143	+133	+123		
C190	FLT TIME (HR)	1.09	2.22	4.25	6.28	8.29	10.27	12.27	0.857 -	0.843 -
	FUEL (LBS)	26945	47740	91712	138773	187448	245995	310495	0.857 -	0.847
	Δ TIME (MIN)	+1	+1.5	+2.3	+3.5	+4.7	+6.3	+8		
	Δ FUEL (LBS)	+111	+89	+119	+149	+143	+133	+123		

6). VARIABLE COST INDEX 비행

- 회사는 운영비용에 근거하여, 항공기 종류별로 Optimum Cost Index와 Standard Cost Index를 산출하여 운영한다. Optimum Cost Index는 비교적 명확한 Time Cost 만을 고려하여 산출된다. Standard Cost Index는 추가로

기재효율성, 승객만족, ATC 관련사항들을 고려하여, Optimum Cost Index보다 다소 높게 설정된다. 특정 노선이나 특별한 사항을 제외하고 Flight Plan에는 Standard Cost Index가 적용된다.

그러나, 발간된 SKD 도착시간 대비 조착이 예상될 경우, 기장 판단 하에 연료절감을 위하여 Flight Plan에 명시된 Optimum Cost Index 까지 변경하여 적용하는 것이 가능하다.

7). GUIDELINES for VARIABLE COST INDEX

- 비행 전 FMS에는 당해 Flight Plan에 사용된 Cost Index를 입력한다. 단 Flight Plan에 Cost Index가 사용되지 않는 기종의 경우에는 POM에 명시된 Cost Index를 입력한다.

- 이륙 후 Flight Plan의 Trip Time과 예상 Taxi-in Time을 고려하여 예상도착시간을 결정한다. 만일 발간된 SKD 도착 시간보다 조착이 예상될 시 Cost Index를 낮출 수 있다. 단, Fuel Shortage 등의 경우 외 예는 Optimum Cost Index 이하로는 낮추지 않는다.

- 원칙적으로 Cost Index를 Flight Plan에 사용된 값 이상으로 증가시키지는 않는다.

2. 승무원 편조 및 근무교대 형태

1).. GENERAL

대한항공 B777 항공기 보유 현황: TTL 17 (B772: 13대, B773: 4대)

	기장			부기장	총계
	내국인	외국인	소계	내국인	
기성	105	64	169	159	328
훈련	7	3	10	6	16
계	170			165	344

- 자격별 월 비행시간

월	내국인 기장	외국인 기장	항로 기장	부기장
4월 실시	68:13:00	66:14:00	69:20:00	75:49:00
5월 실시	70:41:00	76:26:00	79:43:00	82:49:00

2). 승무 및 근무시간 제한

- 승무시간(비행시간: Flight Time)

항공기가 이륙을 위하여 처음으로 움직이기 시작한 시각부터 비행완료 후 정지한 시각까지의 총 경과시간(Block to Block Time, Chock to Chock Time).

- 근무시간(Duty Time)

비행근무시간(Flight Duty Time)은 브리핑실 또는 이에 대체되는 장소에 법정 출두한 시각부터 시작하여 1개 또는 연속되는 2개 구간 이상의 비행을 완료한(Ramp In) 30분 후에 끝난다.

- 출두 시각

운항승무원은 비행에 필요한 모든 휴대 서류 및 품목을 지참하고 지정된 Briefing실이나 이에 대체되는 장소에 출두하여야 한다. Computer Show-up System이 준비되어있는 김포 및 인천에서는 Computer System을 통해 출두 보고를 하여야한다.

- 김포공항 출발편

노선	기종	출두 시각
국내선	B747-400	출발시간 1시간 20분전
	A330, B777, A330-600, B737	출발시간 1시간 10분전
국제선	전 항공기	출발시간 1시간 30분전

- 인천공항 출발편

노선	기종	출두 시각
국내선	B747-400	출발시간 1시간 20분전
	A330, B777, A330-600, B737	출발시간 1시간 전
국제선	전 항공기	출발시간 1시간 30분전

- Scheduled Time

Scheduled Time은 회사에 의해 발간된 기종별 계절 비행계획시간표상의 Block Time을 의미한다. 회사는 비행계획시간표를 만들 때 계절풍, 기상 및 Traffic 상황을 고려한다.

- 비행시간 및 비행근무시간 제한

연속 24시간 동안 최대승무시간, 비행근무시간 기준

항공기 승무원 편성	승무 시간 (Hrs)	비행근무시간 (Hrs)
기장 1명	8	13
기장 1명 부조종사 1명	8	13
기장 1명 부조종사 2명	12	16
기장 2명 부조종사 1명	13	17
기장 2명 부조종사 2명	16	20

NOTE) 운항상 지연(Operational Delay)이 발생할 경우 승무 시간 및 비행근무시간을 2시간 연장할 수 있다. 운항상 지연이란 승무원이 회사가 지정된 장소에 출두한 시각으로부터 지연되는 것으로 약기상, 항공기 고장 및 항공교통관제에 의한 지연 등을 말한다. 승객의 지연도착, 객실 서비스 품목 등의 지연도착 또는 승객의 위탁수하물 및 화물, 우편물 등으로 인한 지연은 포함되지 아니한다.

- 최대 승무시간 기준

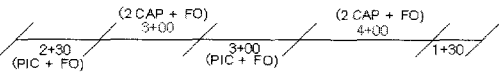
항공기 승무원 편성	연속 30일 (Hrs)	연속 90일 (Hrs)	1년 (Hrs)
기장 1명 부조종사 1명	100	280	1000
기장 1명 부조종사 2명	120	300	1000
기장 2명 부조종사 1명	120	300	1000
기장 2명 부조종사 2명	120	350	1000

- 근무교대 형태

예) JFK - ICN,
Flight Time: 14+00, 2SET(2 CAP + 2 FO)

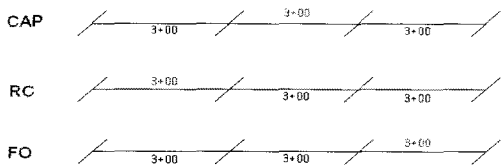


1번 교대 시

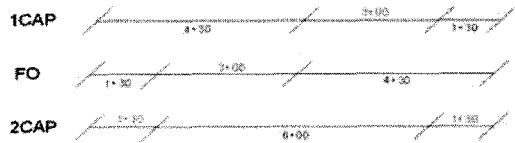


2번 교대 시

예) ICN - AKL,
Flight Time: 09+00, 3 PILOT(CAP+RC+FO)



예) ICN - AKL,
Flight Time: 09+00, 3 PILOT(2 CAP + FO)



예) JFK - ICN,
Flight Time: 14+00, 2 SET(CAP + RC + 2 FO)



3. 결 론

이상 장거리 운항에 따른 Fuel Management와 Crew Management에 대해 알아보았다. Fuel Management에 있어서 Cost Index의 개념은 Operation Cost를 최소화하기 위함이었다고 좀 더 효율적인 Fuel Management를 실현하기 위해서는 기장 판단 하에 연료절감을 위하여 Flight Plan에 명시된 Optimum Cost Index까지 변경하는 Variable Cost Index를 비행에 적용시켜야 할 것이다. 또한 적절한 승무원 편조 및 근무시간의 분배는 승무원의 피로도를 절감시켜 줄 것이다. 특히 3 Pilot 비행에 있어서 2 Captain + 1 First Officer와 같은 피로도를 증가시키는 패턴은 조정되어야 한다.

결론적으로, 효율을 극대화한 Fuel Management와 Crew Management는 결국 안전 운항으로 직결된다.

참 고 문 헌

- Boeing 777 Operations Manual.
- Boeing 777 Operations Enroute Performance.
- KAL Flight Operations Manual.
- KAL Pilot Operating Manual.
- 항공법 이론과 실무
- 항공관계법규집