

## F-22 Raptor의 설계진화 탐구(Part II)

이경태\*

### 목 차

- I. 서론
- II. The Lockheed Design
- III. The Boeing Design
- IV. The General Dynamics Design
- V. Amended Request
- VI. Another Delay
- VII. Show and Tell
- VIII. Defining the Team

### I. 서론

다음의 내용은 Lockheed Martin Tactical Aircraft System사의 Mr. Eric Hehs가 1998년 4월에서 10월까지 "Code One"지에 발표했던 "F-22 Design Evolution"을 번역하여 4회에 걸쳐 소개하는 시리즈 중 두 번째 편이다.

Part I에서는 1981년 미공군의 ASD(Aeronautical Systems Division)에서 ATF(Advanced Tactical Fighter)에 대한 정보제안요구서를 미국 내 항공기 제작사들에게 배포함으로써 공식적으로 출범했던 ATF 프로그램의 시작단계에서부터, 1985년 9월 동 프로그램의 시연단계 (demonstration/validation phase) 수행 2개 제작사 선정을 위한 제안요구서 배포 후 미국내 굴지의 항공기 제작사인 7개 회사가 치열한 경쟁을 개시하기 전까지의 과정을 소개했다. 이들 일곱 개 회사는 Boeing, General Dynamics, Grumman, Lockheed, McDonnell Douglas, Northrop 그리고 Rockwell이었다. Part 2에서 우리는 매우 흥미있는 프로그램의 전개과정을 보게 된다. ATF 프로그램의 개념탐색 연구단계에서 일곱 개 회사 중 제일 낮은 점수를 받았던 Lockheed사가 1986년 10월 31일 Northrop사와 함께 시연단계 개발을 수행할 두 회사 중의 하나로 당당히 선정되는 과정이다. 향후 이 두 회사를 리더로 하는 두 개의 연합팀이 구성되어 ATF 프로그램의 풀스케일 개발단계 용

\*세종대학교 항공우주공학과 교수

역수주를 위한 치열한 경쟁이 벌어지게 된다. 이 과정에서 전개되는 항공기 개발에서의 기술경쟁은 항공기 사업에 종사하는 모든 사람들에게 흥미진진한 감동과 교훈을 선사하고 있는 것이다.

Part 1에서 ATF 프로그램의 기본적인 요구조건이었던 스텔스 성능, 속도와 기동성능 그리고 STOL성능이 어떠한 연구와 배경을 통해 제시되었으며, 이들 복잡한 요구성능 조건이 어떠한 검토와 절충과정을 거쳐 최종적인 ATF의 요구조건으로 도출되었는지 살펴보았다. 아울러 이러한 ATF의 개념도출을 위한 항공기 제작사들의 개념탐색 설계안은 구체적으로 어떠한 것이었는지에 대하여도 살펴본 바 있다.

이제부터 Part 2에서 Lockheed사의 재기과정과 그것을 가능하게 했던 ATF 설계의 비결은 무엇이었는지 살펴보기로 한다.

## II. The Lockheed Design

ATF<sup>1)</sup> 프로그램의 개념탐색단계에서 좋은 성과를 거두지 못했던 Lockheed사는 다음 단계를 위한 제안서 제출 마감 전에 설계안에 대한 기본방향을 바꾸어야만 했다. 그 당시 Lockheed사는 B-2 폭격기 경쟁에도 다면체형 설계안으로 도전했으나 Northrop사의 보다 공기역학적인 형상의 플라잉 윙 설계안에게 패배를 당한 직후이기도 하였다. 더구나 해군의 Advanced Tactical Aircraft 프로그램 용역 수주전에서도 Lockheed사의 다면체 형상 설계안은 탈락의 고배를 마셨다. Lockheed사의 개념탐색연구 제안서에 대한 공군의 반응을 놓고 볼 때 스텔스성능 구현을 위한 Lockheed사의 다면체형상 설계안은 재고되어야만 했던 것이다.

Osborne<sup>2)</sup>은 다음과 같이 회상하고 있다. “우리는 우선 단순한 곡면형상을 사용한 설계로부터 다시 시작하였다. 그 당시 우리가 보유하고 있던 해석 소프트웨어 툴로는 곡선형상에 대한 스텔스 성능해석이 불가능했지만, 곡선형태의 설계안이 구체화 될수록 더 향상된 초음속 성능과 기동성능을 확인 할 수 있었다. 소프트웨어 모델에 의한 해석에 의존하는 대신 곡선형상의 시험체를 제작하여 회사소유의 레이더 시험시설에서 직접 시험한 결과 곡선형상의 설계안은 상당히 바람직한 시험결과를 제공해 주었다.”

Lockheed사의 설계형상은 다면체 형상으로부터 부드러운 곡면형상으로 급속히 변화되고 있었다. ‘Configuration 084’로 명명된 Lockheed사의 시연단계 제안서 최종형상

1) ATF : Advanced Tactical Fighter

2) Bart Osborne : 1980년대 중반 ATF프로그램의 시연단계시 Lockheed사의 수석엔지니어 역임

안 바로 직전의 안에서는 다면체형상의 노우스를 제외하고는 전체적으로 곡면형상이었다. Osborne의 회상을 다시 들어보자. “우리는 그당시 평면을 조합한 다면체형상의 레이돔(radome)에 대해서는 스텔스기능을 어떻게 구현해야 하는지에 대해 알고 있었다. 그러나 1985년 초반이 될 때까지는 스텔스기능의 곡면형상 레이돔을 설계하는 방법에 대해서는 아직 알지 못하던 상태였다. 1984년 후반, 해석방법에 대한 해결책이 없는 상태에서, 우리는 곡면형상의 레이돔에 대한 형상도면 작업에 착수하였다.”

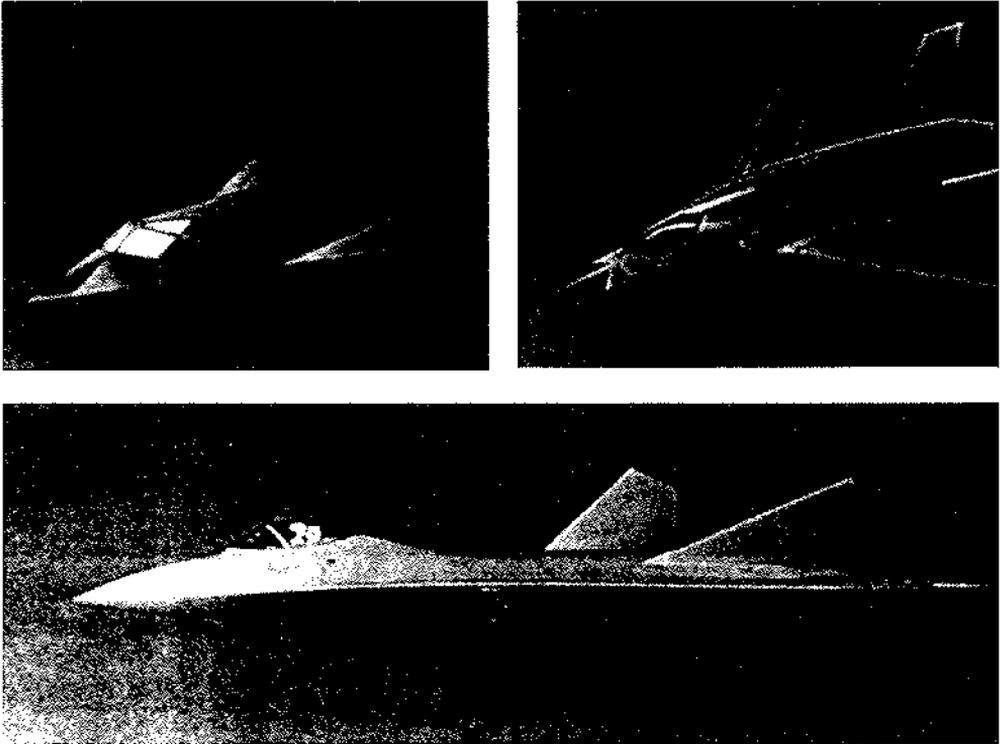
090P로 명명된 제안서용 최종 형상설계안은 유선형의 노우스 형상과 앞전과 뒷전 모두 후퇴각을 갖는 사다리꼴형의 주익과 4개의 미익 조종면(2개는 수직미익용이며 2개는 수평미익용)을 가지고 있다. 대형의 수직미익은 바깥방향으로 경사져있고 모든 조종면의 앞전 및 뒷전 후퇴각은 공통된 각도를 부여하여 방향을 일치시켰다. 이 설계안은 또 공기흡입구 바깥부분에 해당하는 주익 앞전으로부터 항공기 노우스부분까지 직선방향으로 넓은 형상의 스트레이크(strake)를 보유하고 있다.

ATF의 모든 설계항위를 지배하는 한가지 요구조건이 있었는데 그것은 센서류가 요구하는 넓은 감지범위였다. 요구조건 중에는 노우스 양방향에 대해 각각 120도의 레이더 피일드를 유지해야 한다는 것이 있다. 전방향 적외선 탐지(forward-looking infrared search)와 추적기능도 요구되었다. Lockheed는 레이더에 대한 탐사범위 요구조건 충족을 위해 항공기 노우스부분에 3개의 레이더 배열(radar arrays : 하나는 전방향, 나머지는 측면)을 위치시켰다. 주익의 루트(root)부분에는 적외선 탐지 및 추적시스템을 장착하였고 이들 시스템은 다면체 형상의 창속에서 작동되었다.

6기의 공대공 미사일이 회전형의 미사일 발사장치에 탑재된다. 미사일 발사장치는 항공기로부터 멀리 떨어진 지점에서 미사일을 장진할 수 있게 되어 있다. (Lockheed사는 이 미사일 발사장치를 비행장 방어용 미사일 발사장치 버전으로 별도로 설계하기도 하였다.) 이 미사일 발사장치의 아래 바닥면을 달을 경우에는 항공기 아래 바닥면의 스킨역할도 담당하게 된다.

Lockheed는 곡면형상의 설계안을 회사소유 레이더 레인지에서 시험하기 위해 대형의 스케일 모델을 제작하였다. 이 시험에서 취득한 데이터는 시연단계용 Lockheed사 제안서에 포함되었다. 다시 Osborne의 회상을 들어보자. “미공군이 가지고 있었던 의문은 과연 Lockheed가 곡면형상의 스텔스 항공기 설계를 할 수 있는가 하는 것이었다. 우리는 공군 관계자들에게 우리가 제작한 레인지 모델과 아울러 Lockheed가 곡면 스텔스 곡예도 할 수 있음을 보여준 셈이었다.” 시연단계 제안서 경쟁에서 Lockheed가 보유한 가장 큰 강점은 바로 이와같이 과감하고도 혁신적인 시도와 스텔스 분야에 대한 폭넓은 경험이었다. 아울러 Lockheed사는 여러 프로그램을 통해(가장 최근의 것으로 치자면 Have Blue<sup>3)</sup> 프로그램을 들 수 있다.) 래피드 프로토타이핑(rapid-prototyping) 부문에서 훌륭한 평판을 얻고 있었다.

〈그림 1〉 The Lockheed ATF final configuration for its dem/val proposal(bottom) was derived from faceted designs reminiscent of the F-117(top). The final submittal, called 090P, contained a large rotary missile launcher.



### Ⅲ . The Boeing Design

Boeing의 설계안은 Lockheed나 General Dynamics에 의하여 제안된 것보다는 더욱 대형의 항공기였다. 예전 단계의 Boeing 설계안과 마찬가지로 항공기 운용속도는 고속으로 유지되었다. 설계안에서 가장 주목할 만한 것은 사다리꼴형의 주익 후방 동체 부분의 상당히 뒤쪽으로 쌍둥이형의 수직미익이 위치하고 있는 것이었다. 이 수직미

3) Have Blue는 Lockheed F-117의 prototype 항공기임.

익의 면적은 4개의 수평 및 수직미익에서 발생하는 콘트를 파워와 동일한 능력을 제공할 수 있도록 결정되었다. Hardy<sup>4)</sup>의 설명을 들어 보기로 하자. “우리측 엔지니어들은 2개의 미익안과 4개의 미익안을 놓고 상당한 논쟁을 벌였다. 나중에는 회사 전체가 이 논쟁에 휘말릴 지경이었다. 이 문제에 대한 해결을 위해 특수팀을 구성하였고 결국 2개의 미익안이 채택되었다. 우리 설계안의 항공기는 고속 운용 개념이었고 이는 항공기의 형상을 길게 만들었다. 다시말해서 미익까지는 좀더 긴 모멘트 암을 제공하게 되는 것이다. 따라서 여러개의 미익 조종면이 필요하지 않다는 결론인 것이다. 2개의 미익으로도 모든 요구조건을 충족시킬 수 있다고 우린 믿었다. 더구나 미익의 갯수를 줄임으로써 중량이 줄어들고 적에게 탐지될 가능성도 그만큼 줄어드는 것이다.”

〈그림 2〉 The Boeing final configuration used semi-submerged carriage for air-to-ground weapons.



Boeing사 설계자들은 항공기의 무장영역에 초점을 맞추었다. 실질적으로 무장영역을 중심으로 그 주변을 확장해 나가면서 항공기를 설계했다고 볼 수도 있는 것이다. 높은 받음각 상태에서의 풍동시험 결과는 항공기의 전반적인 배치, 사이즈, 경사각 그리고 미익의 위치 결정에 영향을 미쳤다. 두 개의 엔진에 흡기를 제공하기위해 한 개의

4) Dick Hardy: F-22프로그램 시 Boeing사의 프로그램 매니저

턱형상(chin) 타입 공기흡입구를 채택하되 내부에 가름판(splitter)을 설치하였다. 흡입구의 내부는 통로방향으로의 경사변화를 가름판 설치를 고려하여 최적화 함으로써 고속의 설계운용속도 도달에 지장이 없도록 하였다. Boeing 설계자들은 최근의 설계변경안 중 하나에서 노우스 랜딩기어의 위치를 공기흡입구 뒤로 이동시켰었다. Boeing은 미공군 소속의 한 연구실 과제와 1970년대 및 1980년대의 몇몇 기밀연구과제에서 신형 복합소재와 관련된 연구작업을 진행 중이었다. 결과적으로 Boeing의 설계안은 주익의 재료와 제작공정(thermoplastic 제작공정 채택함)상에 고유한 특성을 가지고 있었다.

Boeing사 설계안에서 공대공 무장은 항공기 내부에 탑재하되, 크기가 큰 공대지 무장은 부분적으로 항공기 밖으로 노출이 되는 형상이었다. 열추적 미사일들은 동체의 앞부분에 있는 별도의 공간에 나뉘어 탑재되었다. 무장영역의 설계개념은 신속한 턴어라운드 요구조건을 충족시킬 수 있도록 탄환을 재빨리 장전 할 수 있는 신속한 탄환이송 시스템에 초점을 맞추었다. 노우스부분에는 3개의 레이더가 설치되는데, 크기가 큰 한 개의 전방향 배열과 2개의 작은 측방향 배열이며 이는 레이더의 120도 시야각 요구조건을 충족시켰다. 노우스부분에는 아울러 2개의 적외선 탐색 및 추적센서가 위치하고 있다.

Boeing사는 프로그램의 이전 단계에서 일곱 개 회사 중 상당히 좋은 성적을 기록하였다. 또 Boeing사의 설계는 상당히 잘 다듬어졌으며 풍동시험 역시 잘 수행되었다. 게다가 항공전자분야 시스템 종합에서는 막강한 경험을 보유하고 있었다. 이러한 경험은 예전의 AWACS 프로그램과 최근의 B-2 폭격기 프로그램 등을 통해 얻어진 것이었다. 그리고 Boeing사는 상업용 항공기 사업으로부터 획득한 아주 인상적인 항공기 생산능력도 보유하고 있었다.

#### IV. The General Dynamics Design

ATF 프로그램의 시연단계를 위한 General Dynamics사의 설계안은 여러 종류의 개념 설계안으로부터 변천되었다. 프로그램의 이전 단계인 개념탐색연구에서 General Dynamics사는 세 종류의 항공기 설계안에 대하여 탐색했었다. 이들은 '형상 C'로 지칭한 conventional 타입과 '형상 W'인 all-wing 타입 그리고 '형상 T'인 semi-tailless 타입이다. C군의 설계안은 이전의 탐색연구 단계에서의 Model 21 설계에서 유래되었다. 윙 타입의 W군은 Sneaky Pete의 저피탐 특성을 초음속 영역에서도 유지할 수 있도록 시도한 설계안이었다. T군은 한 개의 수직미익을 보유한 설계안으로서 C군과 W군으로 대별되는 양 극단의 중간형상 이라고 할 수 있다. 회사 내에서의 수차례에 걸친 설

계안 경쟁과 트레이드 스터디를 통해 General Dynamics사는 semi-tailless 방안 추진을 결정하였다.

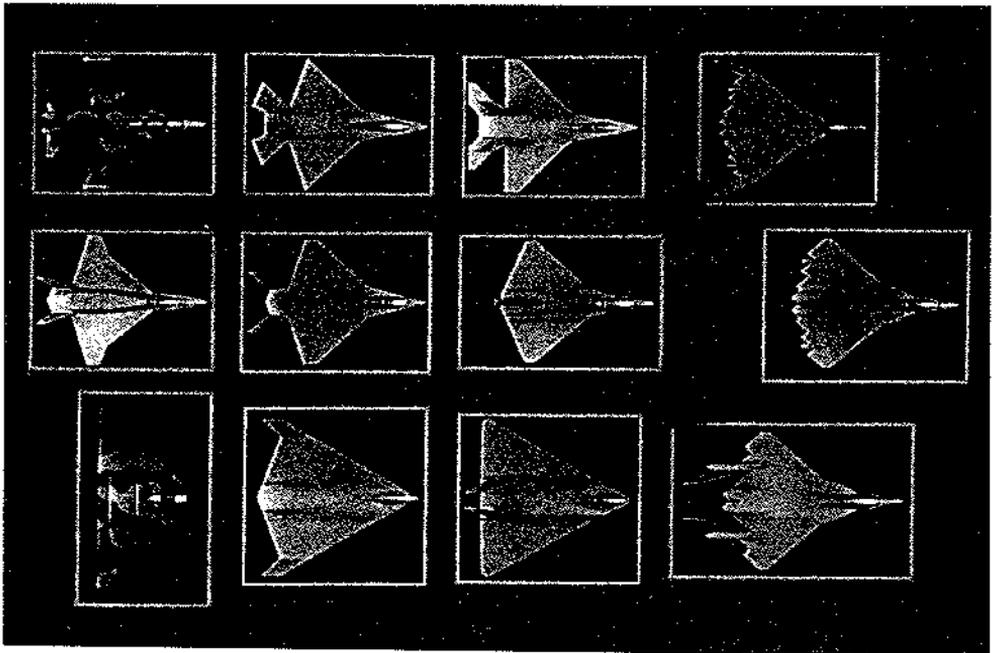
주익의 플랜폼 형상과 에어포일 설계는 중량을 최소화하면서 최대의 선회성능과 초음속 순항성능을 제공할 수 있도록 값을 선정하였다. 그러나 한 개의 수직미익을 보유한 형상은 완벽한 스텔스 설계를 달성하는데 있어서 문제를 발생시켰다. General Dynamics사는 T형상을 기본으로 2개의 경사를 이룬 쌍둥이형 수직미익의 적절한 위치와 형태를 찾기위해 수많은 풍동시험을 수행하였다. 동체 최전방 부분과 델타형 주익에서 떨어져 나온 와류(vortex flow)가 쌍둥이형 수직미익과의 상호작용으로 불안정한 피칭 모멘트를 발생시키는 현상이 관찰되었다. 수평미익이 없이는 항공기가 이러한 불안정한 피칭모멘트를 충분히 억제할 수 없었다. 결론적으로 측면방향에서의 레이더 신호 단면 성능이 좀 떨어지는 단점은 있으나, 한 개의 수직미익 만을 설치하고 수평미익을 제거하는 형상안이 전반적인 면에서 최상의 방안이라는 결론에 도달하게 되었다. 시연단계 제안서의 설계안은 T-330으로 명명되었다.

General Dynamics사는 센서 요구조건 충족을 위해 독특한 접근을 시도하였다. 2개의 레이더 배열과 한 개의 적외선 탐색 및 추적 센서를 사용하는 것이다. (Boeing과 Lockheed는 모두 3개의 레이더 배열과 2개의IRST 센서를 채택하였다.) 한 개의IRST<sup>5)</sup> 센서는 항공기 노우즈 부분에 설치하고 두 개의 레이더 배열은 조종석 뒤쪽에 설치하였다. 각 배열은 정면으로부터 60도에 걸친 영역에 대하여 레이더 빔을 발사할 수 있게 함으로써, 두 개의 배열을 조합하여 각 레이더로 하여금 정면으로부터 120도 뒤쪽까지의 레이더 시야각 요구조건을 만족시킬 수 있도록 하였다. 레이더 배열은 엔진 흡입구 바로 위쪽에 위치하였다. General Dynamics사의 형상은 상당 수준의 상세설계안까지를 완성한 상태였다. General Dynamics사는 풀스케일의 목업과 1/2 스케일의 레이더 단면 측정시험 모델을 제작하였다. 예비 구조설계 계획안도 제시되었는 바 여기에서는 항공기의 부분을 분할하여 예상되는 잠재파트너 들과 공동으로 항공기를 제작하는 방안을 제시하고 있었다. General Dynamics사는 개념탐색연구 단계에 참여했던 일곱 개의 제작사 중에서 상당히 우수한 평가를 받은 바 있었다. General Dynamics사의 강점은 F-16 프로그램을 통하여 획득한 심도있는 전투기 설계 및 제작 경험이다. 아울러 래피드 프로토타이핑<sup>6)</sup> 면에서도 상당한 경험을 보유하고 있었다. YF-16 프로그램은 래피드 프로토타이핑 면에서 여타의 프로그램이 비교될 수 없을 정도로 우수한 사례였다.

5) IRST sensor: infrared search and track sensor

6) rapid prototyping

〈그림 3〉 The General Dynamics ATF final configuration evolved from three families of design studies: conventional(top row), tailless(middle row), and all-wing(bottom row). The tailless family won out, though various attempts at twin canted tails were studied after stealth requirements were increased just before the dem/val proposal deadline.



## V. Amended Request

시연단계를 위한 제안서 제출 마감시한을 수개월 남겨둔 상태에서 공군은 제안서 요청사항에 대한 수정을 단행하였다. 변경사항은 스텔스 성능에 대한 중요성이 대폭적으로 강화된 것이었다. Lockheed사의 경우 F-117의 파생형으로부터 출발한 스텔스 형상에 대하여 설계를 진행하고 있는 상태였으므로 공군의 수정안에 대하여 설계안을 변경할 필요가 없었다. Boeing사의 경우 강화된 스텔스 요구조건을 반영하기 위하여 공기흡입구 설계를 다소간 수정할 필요가 있었으나, 2개의 미익을 보유하는 형상안은 스텔스 요구조건을 충족시키고 있는 것으로 판명되어 매우 만족스러운 상태였다.

그러나 강화된 스텔스 요구조건은 General Dynamics사의 엔지니어들을 매우 난처하게 만들었다. 그들은 두 개의 미익을 보유하는 형상안에 대한 재검토는 물론이고 주익 윗면에 설치된 포드(pod)의 바깥 부분을 포함하여 적절한 미익의 설치위치를 잡기 위해 공지가 빠질 지경이었다. 주익의 뒷전과 조종면 들은 앞전과 방향을 맞춘 상태에서 셰브론(chevron) 형상으로 잘게 잘라야했으며 이로 인하여 주익의 형상은 박쥐날개를 연상시키는 모양이 되었다. 그러나 결국 2개의 미익을 설치할 적당한 위치를 잡는데 실패하였고, 제출할 설계안에서는 중앙선에 위치한 한 개의 미익과 톱니모양의 뒷전 형상을 채택하였다. 최종 제출안은 형상 T-330으로 명명하였다.

## VI. Another Delay

프로그램의 이전 단계에서도 그랬듯이 공군은 시연단계의 제안서 제출마감일을 다시 연기하였다. 이번에는 프로토타이핑을 추가하기위해 마감시한이 연기되었다. 수정안에서는 제안서 제출 예정인 제작사들로 하여금 두 개의 프로토타입을 제작하는 것을 요구하였다. 하나는 F119엔진을 다른 하나는 F120엔진을 사용하여 프로토타입을 제작해야 하는 것이었다. 이렇게 마지막 순간에 공군측에서 수정안을 제시한 것은 1980년대 초반 전자산업체의 선구자인 David Packard가 대표를 맡았던 의회의 한 위원회에서 배포한 보고서에서 기인된 것이었다. David Packard는 그당시 국방성의 무기체계 획득 시행방안 전반에 대한 개혁을 어떻게 수행할 수 있을 것인지에 대하여 방안을 강구해 달라는 요청을 정부로부터 받고있었다. David Packard가 이끄는 위원회의 보고서는 최근의 F-16 프로그램 성공에 따른 영향으로 새로운 군용항공기의 조달과정에서의 프로토타이핑 필요성을 강조하고 있었다.

Piccirillo<sup>7)</sup>의 설명을 들어보자. "애초의 공군측 제안요구서 상에는 프로토타입이 포함되지 않았었다. ATF는 프로토타입을 요구하지 않았던 F-15프로그램의 형태를 따라간 셈이었다. 미공군은 지난 50년간 프로토타이핑의 효용성에 대한 논쟁과정에서 계속 입장을 바꿔 왔었다. 1960년대의 F-15 프로그램에서 우리 공군은 제작사로부터 프로토타입을 요구하지 않았다. 설계에 대한 연구와 해석, 지상시험, 풍동시험을 거치고 나서 바로 폴스케일 개발과정으로 진입했던 것이다. 그대신 수대의 시험용 항공기를 제작하는데 이들은 양산용 형상과 매우 가까운 것이었다. 제안요구서의 수정안 통보

7) Albert Piccirillo : 1983년 미공군 라이트패더슨 공군기지 내에 ATF System Program Office가 설치되었을 당시 초대 공군책임자

후, 프로그램의 시연단계에서 최선의 노력을 경주한 개념 시연기(concept demonstrator)를 요구하게 된 것이다. 우리는 제작사들이 ATF설계개념 구현에 요구되는 결정적인 기술을 어떠한 방법으로 시연할 것인지에 대해서는 제작사들이 각자 결정하도록 그들 몫으로 남겨두었다. 가장 결정적인 것중의 하나는 초음속 비행성능과 저피탐성능(low-observables)을 구현하기 위한 형상안이었다.”

이번에는 Moran의 회상을 들어보기로 하자. “제안요구서의 수정안인 Modification Request MR-006을 공군 측으로부터 통보받을 당시 우리는 실질적으로 제안서 작성을 완료하고 수일 후에 제출하려던 상황이었다. 4개의 제작사를 선정하여 각각 1억불씩의 계약을 체결하려했던 원래의 계획을 수정하여 공군은 프로그램에 2기의 비행가능한 프로토타입 납품을 추가하면서 두군데의 제작사를 선정하여 각각 7억불씩의 계약을 체결하기로 한 것이다. 전체 제안서에 또하나의 제안서 책자가 추가되는 셈인데 여기에는 P&W사의 F119엔진과 GE사의 F120엔진을 장착한 2대의 비행가능 프로토타입을 어떻게 설계하고, 제작하며, 시험할 것인지에 대하여 기술하게되는 것이다. 아울러 제작사들은 항공전자 시스템에 대한 지상시험시설을 건조해야 했다. 항공전자 시스템 시험을 위해 비행시험 테스트베드가 바람직하다고 판단될 경우 제작사측은 이를 공군에 제안할 수 있었다.” 경쟁에 참여한 제작사들에게 제안서를 수정보완 하기 위한 60일의 시간이 추가로 주어졌다.

시연단계를 위한 제안요구서의 수정발표가 있었던 1985년 말경에 미공군은 경쟁에 참여한 제작사들에게 제작사끼리의 연합(teaming)을 권장하는 서신을 보냈다. 다시 Piccirillo의 회상을 들어보자. “수정 제안요구서 상에는 연합을 권장하는 내용의 표지서신이 포함되어 있었다. 공군에서는 경쟁자 간의 연합을 권장했다. 왜냐하면 이는 프로그램의 목표달성을 위해 각 제작사로부터 가장 우세한 자원을 프로그램에 투입시킬 수 있는 방법이기 때문이다. ATF 프로그램은 점점 더 방대해지면서 비용이 증가하고 있었다. 우리가 제작사 들로부터 더 많은 약속을 얻어 낼수록, 프로그램은 더욱 더 성공할 확률이 높아지는 것이다.” 경쟁에 참여한 제작사들 사이에서 즉각적으로 파트너를 잡기위한 복잡한 양상의 댄스파티가 시작되었다. 1986년 6월 Boeing, General Dynamics와 Lockheed사 대표 들은 연합 동의서에 서명하였다. 두달 후에 Northrop사와 McDonnell Douglas사 역시 연합을 공표하였다. 남은 두 개의 제작사는 연합을 구성하지 않았다.

Boeing, General Dynamics, Lockheed사 간의 연합 동의서에는 시연단계 제안서 경쟁에서의 승자가 팀의 리더역할을 수행한다는 조건이 들어 있었다. 아울러 “눈가리개” 규칙이란 것이 있었는데 내용인즉 시연단계 수행계약을 수주하기 전에는 어떠한 참가자도 연합 내의 타 경쟁상대가 구상중인 항공기나 프로그램 계획안에 접근할 수 없다는 것이었다. Boeing, General Dynamics 그리고 Lockheed사는 각각 20명의 고급 매니저

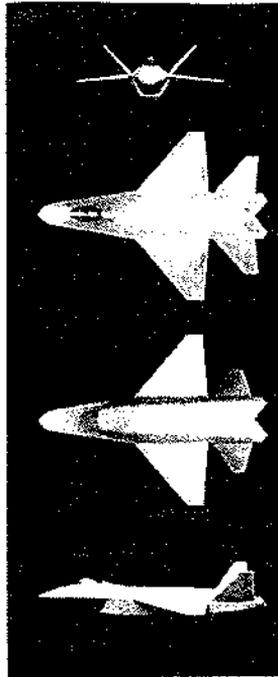
그룹을 선발하였는데, 이들은 공군의 계약대상자 발표 바로 다음날 출발하여 선정된 제작사 시설에 집합한 후 회합을 가지도록 예정되어 있었다.

1986년 10월 31일, 7억불에 상당하는 계약 대상자 선정 발표가 있었다. 일곱 개 회사 중 선정된 Top Two는 Lockheed사와 Northrop사였다. 11월 2일 일요일 캘리포니아의 Burbank에 소재한 Lockheed사 Skunk Works에서 Boeing사, General Dynamics사를 각각 대표하는 매니저 그룹은 Lockheed사소속 상대방을 파트너의 자격으로 처음 만나게 되었다.

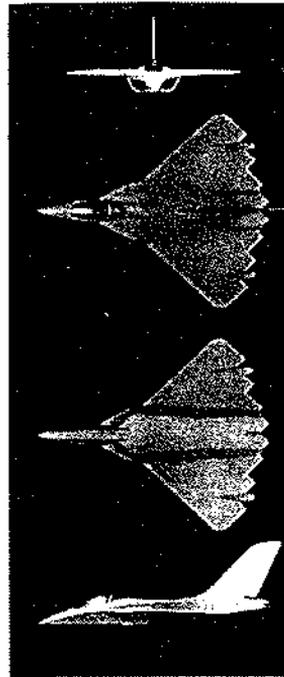
〈그림 4〉 ATF 실연단계(Dem/Val Phase)용 제안서 상의 Lockheed사/Boeing사/General Dynamics사 설계안



Lockheed Dem/Val Design



Boeing Dem/Val Design



General Dynamics Dem/Val Design

미공군의 차세대 전투기 사업에서 이 팀은 Northrop사 및 McDonnell Douglas사 연합 팀과 한판 승부를 벌이게 된 것이다.

ATF 프로그램의 시연단계 수행을 위한 계약대상 회사 공표 후, ATF 프로그램은 다

시 침묵상태로 접어들었다. 4년이 경과한 후인 1990년 8월, 제작사들의 프로토타입이 베일을 벗을때까지 일반에게는 프로젝트와 관련된 어떠한 정보도 거의 알려지지 않았다. 일반에게는 비밀 속에서 은밀하고 고요하게 프로젝트가 진행되는 것으로만 비쳐졌으나, 이 과업에 직접 참여했던 사람들에게는 4년의 시간이 절대로 고요한 것이 아니었다. 4년전 ATF 프로젝트의 수주경쟁이 극도로 치열했던 것처럼 말이다.

## VII. Show and Tell

1986년 10월 31일 금요일 오후 시연단계 계약대상 항공기 제작사로 Lockheed와 Northrop이 선정되었다. 월요일 아침 Lockheed사, Boeing사 그리고 General Dynamics사의 대표들은 캘리포니아 Burbank에 소재한 Lockheed사 시설에서 한 팀의 자격으로 최초로 만났다. 빌딩360 내 고도의 보안장치가 완비되어 있는 회의실에 약 100명의 엔지니어와 매니저들이 모였다. 세 회사의 대표는 그들이 제안했던 ATF개념에 대하여 각각 두시간 씩 발표하도록 예정되어 있었다. Lockheed사가 최초의 발표를 하고, 점심식사 후 Boeing사의 발표에 이어 오후 늦게 General Dynamics사의 발표가 있었다.

하루종일 계속된 회합(세회사 간의 show-and-tell 회의임)은 참석했던 모든 사람들에게 전례가 없는 것이었다. 바로 일주일 전에는 경쟁상대였던 청중들에게 자신의 회사가 프로그램에 대하여 알고있는 모든 것을 발표하는 이러한 모임은 전례가 없었다. 세회사는 연합 동의서에 서명은 하였으나 서로 정보를 교환한 적은 결코 없었다. 연합 동의서 서명시점에서 계약대상자 선정발표까지의 짧은 시간을 놓고 볼 때, 그리고 프로그램과 관련된 보안허가(security clearance) 수준을 놓고 볼 때 이러한 회합을 갖는다는 것은 가능한 일이 아니었다. 모두가 모여 모든 것을 한번에 보여주고 말하고 또 보고 들은 것이다.

1985년부터 1991년까지 General Dynamics사의 ATF 프로그램 책임자를 담당했던 Randy Kent는 다음과 같이 말하고 있다. “그 월요일은 내가 항공기 비즈니스에 종사해온 이래 가장 환상적인 날이었다. 일반적으로 다른 팀이 수개월 동안 진행해온 일에 대해 알 수 있는 경우는 결코 없다. 만약 있다해도 그것은 계약자가 정해진 다음에나 가능한 것이다. 그러나 ATF 프로그램의 경우 Burbank에서 세회사가 모여 각 회사별로 공군을 대상으로 했던 설계안의 발표와 똑같은 내용을 다른 회사소속의 청중을 대상으로 행한 것이다. 우리는 각자의 항공기 모델과 레이아웃과 설계도면을 탁자 위에 펼쳐 놓았다. 모임에 참석한 모든 사람들이 경쟁상대였던 팀에서 수행한 설계안의 세부사항에 대하여 들여다 볼 수 있었던 것이다. 그 경험은 정말로 굉장한 것이었다.”

General Dynamics사의 수석엔지니어였던 Gerry Murff의 경우를 보자. “제안서 상의

설계안이 보여주는 다양성은 놀라운 것이었다. 설계안의 깊이와 각 회사의 역량은 정말로 인상적이었다. 계약을 수주한 Lockheed사의 강점이 표출되기 시작하였다. Lockheed 엔지니어들은 주어진 몇가지 지침을 사용하여 어떻게 항공기를 설계해야 하는지 알고 있었다. 그리고 이를 뒷받침하는 상세설계 기술에 대해 모든 것을 이해하고 있었다. Lockheed의 항공기운용 해석 결과는 왜 스텔스기능이 적절한 선택인지를 분명히 보여주고 있었다. 이러한 요소가 바로 Lockheed사의 승리에 결정적 요인이 된 것이다. 그들은 ATF에 요구되는 조종특성(handling qualities)에 대하여 충분한 이해를 하고 있었고 이는 Lockheed 설계안을 네 개의 미익을 가진 항공기 형상으로 유도했던 것이다. 게다가 그들의 전반적인 계획안은 매우 훌륭했다.”

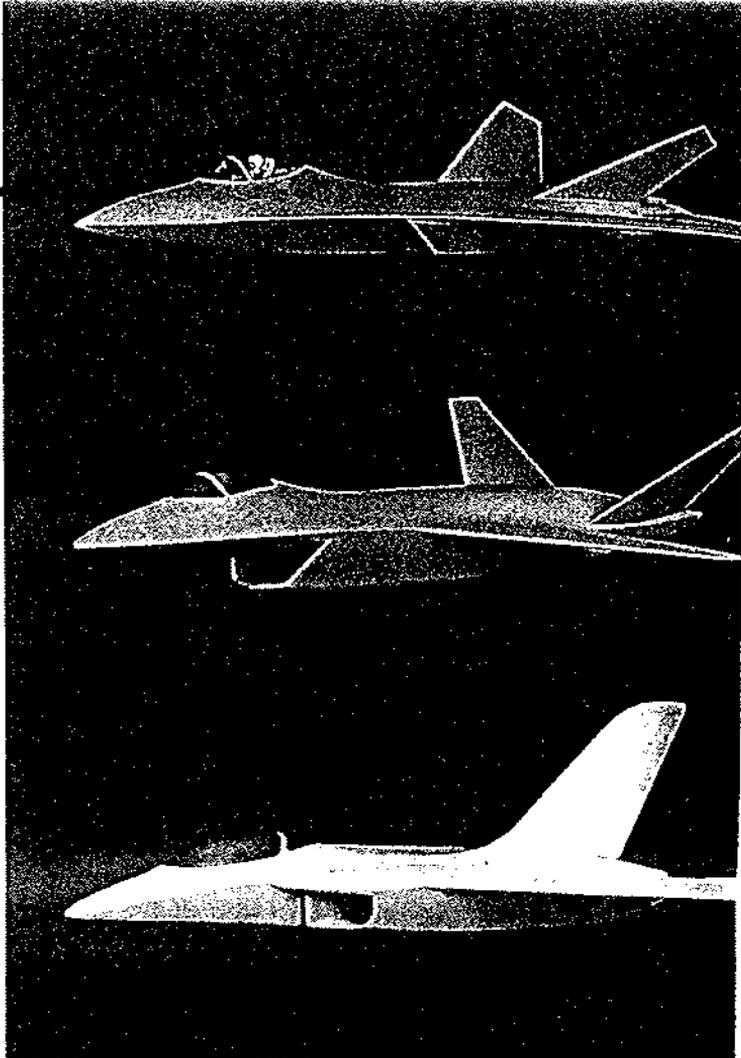
위에서 언급한 계획안의 중요성은 Burbank 회합만큼이나 놀라왔던 또 하나의 다른 회의석 상에서 다시 부각되었다. 다른 또하나의 회합은 공군 수석기술평가위원인 Rick Abell이 세회사에게 그들의 시연단계 제안서가 어떻게 평가되었는지에 대하여 발표하는 자리였다. Abell은 공군 F-22 System Program Office에서 두 계약자를 선정하기 위해 사용했던 평가서 양식과 동일한 양식을 사용하여 발표했다. 그는 세회사의 제안서에 대하여 각각 약 70항목 정도의 강점과 30항목 정도의 약점에 대하여 짚어 나갔다.

Lockheed사의 프로그램 디렉터이며 연합팀의 총책임자였던 Sherm Mullin의 회고를 들어보자. “이것은 내 경험상 최초로 우리가 제출했던 제안서와 가장 강력한 경쟁자였던 두 상대방이 제출한 제안서에 대해 공식적인 정부측의 평가서를 볼 수 있었던 자리였다. 더구나 이 평가는 떠도는 소문이 아니라 평가당국 소속 인사에 의한 공식적인 발표였다. 선정과정에서 제안서의 체계종합(system engineering)편에 대한 평가가중치는 대단히 높은 것이었다. 한가지 조건에만 초점을 맞춘 설계안(point design)은 제안서 전체의 평가에 좋지않은 영향을 미쳤다. 1986년 말경 공군당국은 트레이드 스터디 결과에 주목하겠다는 점을 분명하게 표명하였다. 공군은 모든 요구조건을 충족시키기 위한 도전을 원했으며 어떠한 문제해결에서도 여러 가지의 접근방법을 염두에 두고 있었다.”

사실 Lockheed사의 계획안이 승리의 열쇠였다. Abell의 설명을 다시 들어보자. 그는 이후에 ATF 프로그램에서 공군의 수석엔지니어를 담당하였다. “시연단계를 위한 제안서 평가에서 모든 제안서가 요구조건을 충족시켰다. 공군의 평가에서 가장 중요한 요소는 항공기의 양산용 형상에 대해 위험요소(risk)를 얼마나 감소시켰는가 하는 점이었다. 소위 시스템개념(system concept)이란 용어로 표현되는 요소이다. 우리는 프로토타입이나 항공전자 시스템이 세부적으로 어떠한 기능을 수행할 것이라던가 또는 어떻게 작동할 것인지에 대해서는 별로 주목하지 않았다. 우리는 위험요소를 감소시키고 결정적인 기술을 충분히 개발함으로써 프로그램의 다음단계로 진입할 때 훨씬 낮은 위험부담을 안고 출발할 수 있는 그런 프로그램을 원했다. 다시말해서 제안서 상의 프로

토타입 항공기가 어떤 성능을 갖는가에 대한 부분을 파악하기 위해 많은 시간을 할애하지는 않았던 것이다.”

〈그림 5〉 The final F-22 design traces its roots to the three ATF concepts submitted by Lockheed, Boeing, and General Dynamics (top to bottom)



## VIII. Defining the Team

캘리포니아에서의 팀회합 직후 작업자들은 두 개의 기본그룹으로 나뉘었다. 한 그룹은 프로토타입에 대한 인터페이스, 비용 그리고 팀잉(teaming)과 관련된 사안을 담당하고 아울러 향후의 시연단계 수행시에는 시스템개념(system concept)에 대한 탐색을 맡았다. 전체 작업을 분담한 후, 세회사는 각각 자신이 담당한 작업의 분량과 이에 연루된 비용산출에 타당성을 부여하기위한 대단히 어렵고 복잡한 작업에 착수하였다. 이러한 계산은 회사별로 다른 임율(labor rates)이나 각자의 독특한 계산절차를 포함한 여러 가지 요인들로 인해 매우 복잡해진다.

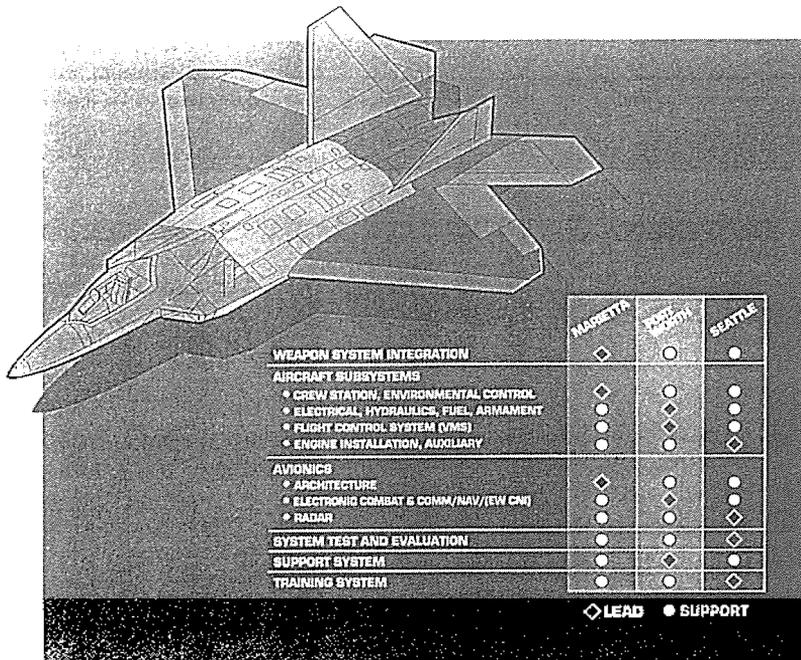
다른 한 그룹의 역할은 연합동의서 상에 분류되어있는 7개 영역의 과제(task assignments)에 초점을 맞추었다. 연합동의서는 세회사 간의 기본적인 관계를 제정하였다. 50페이지에 달하는 이 문서는 팀리더의 역할과 책임, 팀멤버별 담당작업에 대한 과제와 담당부서, 향후의 제안서 준비와 관련된 사항, 회사소유의 정보 및 특허 취급과 관련된 사항, 분쟁을 해결하기위한 절차, 비용분담, 발생비용의 보고, 대외홍보의 통합 조정, 연합동의서의 종료절차 등에 대하여 기술하고 있다. 시연단계 제안서 경쟁에서 선정될 경우 각 회사는 자신이 팀리더로서 담당할 과업목록을 작성하여 제출한 바 있었다. 이러한 과업은 여섯가지 영역으로 분류되는데 무장시스템 종합(weapon system integration), 기체설계/계통 (airframe design/systems), 항공전자(avionics), 계통시험(system test), 제작(manufacturing), 그리고 지원(supportability)이었다. 일곱 번째 영역인 체계종합(systems engineering)은 시연단계에 대한 계약자 선정 이후에 추가되었다.

팀의 리더로서 Lockheed사 계획안에서는 전체 작업을 어떻게 분담하는가에 가장 큰 비중을 두었다. 이에 의거하여 Lockheed사는 전방동체와 노우스 랜딩기어, 특수처리를 해야하는 모든 단(edge)부위와 저피탐용 안테나 시스템 종합, 조종석, 조종 및 계기관련 장치류, 항공전자 시스템의 핵심 프로세싱, 항공기의 최종조립과 검사 그리고 비행시험에서의 주도권과 같은 역할수행을 주장하였다. Boeing사는 후방동체와 주익, 방화시스템(fire protection system), 생명유지 시스템(life support system), 보조동력 시스템(auxiliary power system), 어레스팅 기어(arresting gear), 레이더, 적외선 탐지 및 추적 시스템, 임무 소프트웨어(mission software), 항공전자 비행시험 장치(flying avionics laboratory) 그리고 훈련체계(training system) 분야 개발에서의 최대 작업할당과 주도권 행사를 담당하는 것으로 하였다. General Dynamics사는 중앙동체의 기체 및 장착되는 모든 계통류, 주 랜딩기어, 수평 및 수직미익, 비행제어 계통, 통신-항법-식별 계통(communication - navigation -identification system), 전자전 무장계통(electronic warfare system), 관성 기준계통(inertial reference system), 무장관리계통(stores management system), 저피탐성 장치류 중 적외선 관련 분야 그리고 지원계통(support system) 개발

에서의 최대 작업할당과 주도권 행사를 담당하게 되었다. 이와같은 기본적인 과업 분담 구도는 약간의 변경사항이 발생하기는 하였으나 F-22 프로그램의 현시점까지도 그대로 유지되고 있다.

연합 동의서는 시연단계에서 설계안의 출발점으로 승자가 된 회사의 설계안을 채택하는 것으로 규정하고 있다. 즉, 동의서에는 다음과 같이 기술하고 있는 것이다. "시연 단계에서의 설계안은 3자의 건의를 수용하기 위해 변경할 수 있다. 설계안 건의에 대한 수용은 이것이 공군측에 의해 요구되거나 또는 3자가 모두 합의하고 공군으로부터의 동의를 얻었을 때 할 수 있도록 한다." 간단히 말하자면, 세 회사는 각자 보유한 강점을 최대한 발휘하여 최종적인 승리를 안겨줄 수 있는 ATF 설계안을 협동하여 완성하자는 것이다.

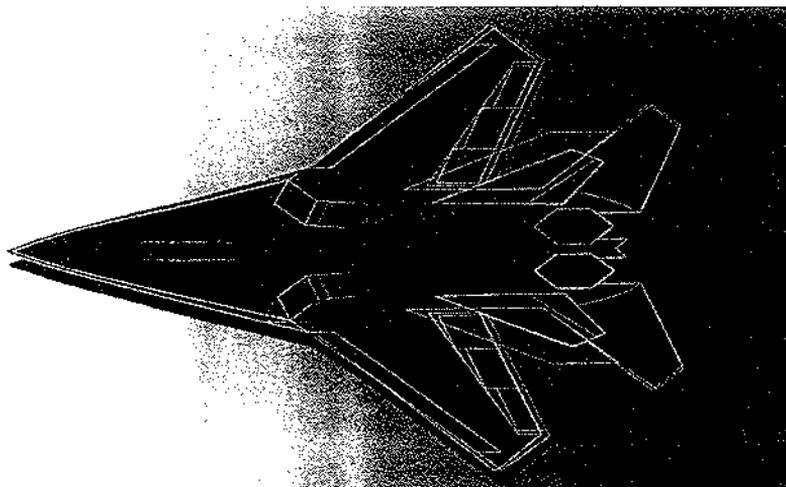
〈그림 6〉 The basic geographic division of work for the F-22 program was established by the original teaming agreement among Lockheed, Boeing, and General Dynamics. Lockheed Martin Aeronautical Systems in Marietta, Georgia, picked up all of Burbank's task in the next program phase.



Boeing사의 ATF 프로그램 디렉터를 담당했던 Dick Hardy의 설명을 들어보자. “계약자 선정 후, 우리는 설계를 이해하는데 2년의 시간이 걸렸다. 양산형상(production configuration)의 항공기가 어떠한 모양을 가질 것인지에 대해 소신이 생길때까지는 시연용 항공기(demonstrator)를 건조하지 않기로 결정한 것이다. Northrop팀은 잭싸게 시연용 항공기를 건조함으로써 양산용 항공기의 형상에 대해 탐구하는 방안을 선택하였다. 프로그램의 다음단계에 대한 계약자를 선정할 시기가 다가왔을 때, Northrop팀은 무장영역의 위치를 바꾸어야만 했고 그외에도 전반적으로 다른 여러 가지에 대하여 설계변경을 해야만 하는 처지에 놓이게 되었다. 우리는 시연용 항공기의 건조와 시험에서 얻은 데이터를 그대로 양산용 항공기에도 적용할 수 있기를 원한 것이다. 이것이 바로 시연용 항공기를 제작하여 비행하는 목적인 것이다. 즉, 최종 설계안에 사용할 수 있는 데이터를 생성하기 위한 것이다.”

Burbank에서 Lockheed팀이 처음 만났을 당시, 승자인 Lockheed사 설계안은 ‘형상 090P’로 명명된 내부배치 및 외부형상 설계안과 ‘형상 090P/092’로 명명된 3면도였다. ‘형상 090P’는 시연단계를 위한 Lockheed사 제안서의 설계안을 표시하는 호칭이었다. ‘형상 090P/092’는 공군이 제안서를 평가하는데 소요된 수개월동안 발생한 몇가지 변경사항을 반영한 설계형상안이다. 차이점은 개선된 공기흡입구와 주익 및 미익의 후퇴각이 다소 변경된 것이었다. 수직미익의 위치도 약간 바깥방향으로 이동하였고, 기체의 등뼈부분도 다소 폭이 줄어들었다.

<그림 7> Lockheed Configuration 090P (solid) evolved to Configuration 092(white lines) in the months between the submittal of the proposal and the announcement of the dem/val awards.



‘형상 090P’에서 변천하여 F-22의 프로토타입 또는 YF-22로 알려진 항공기의 형상 안인 ‘형상 1132’에는 항공기 설계 역사상 가장 전심전력을 기울였던 몇가지 작업결과가 포함되어 있다. 팀멤버들은 각자가 보유한 상대적인 강점과 약점을 평가하면서 다양한 설계안을 놓고 격렬한 논쟁을 벌이기 시작했기에 설계안 변경은 매우 긴장된 분위기에서 시작되었다. 이기간 동안에 Lockheed측 기술 및 설계담당 차석 엔지니어였던 Paul Martin의 말을 인용하여 보자. “이시기는 격렬한 분위기였다. 우리 모두는 상대에게 우리가 대단한 능력의 엔지니어라는 사실을 확신시키기 위해 엄청난 시간을 투자하였다.”

세회사가 각자 그들의 설계안을 테이블 위에 펼쳐 놓음으로써, 각각의 설계안이 가지고 있는 문제점들이 세회사의 엔지니어들에게 통째로 노출되게 되는 상황을 연출하였는데, 이로인해 서로 품잡는 일은 극에 달했다. 세회사의 설계안은 각각의 장점과 문제점을 가지고 있는 것이다. 그러나 공식적인 출발점으로서 Lockheed사의 설계안이 먼저 도마에 오름으로 인하여 가장 치열한 비판과 조사분석 대상이 되었다.

Murff의 회상을 인용하여 보자. “형상 090P를 면밀히 검토한 후에 우리는 이 항공기는 비행이 곤란하다는 것을 인식하게 되었다. 이 형상에서의 거대한 전방 글러브(glove)는 피치축 기동을 조종불능 상태로 만들고 있었다. 내부 계통배치는 서로 맞지 않는 상태였고, 커다란 크기의 회전형 무장공간은 엔진을 밀치면서 공기흡입구도 바깥쪽으로 밀어내어 과도한 조파항력(wave drag)을 유발시키는 요인이 되었다. 그리고 후방의 탈착식 랜딩기어는 전투기에는 적합하지 않은 것이었다.”

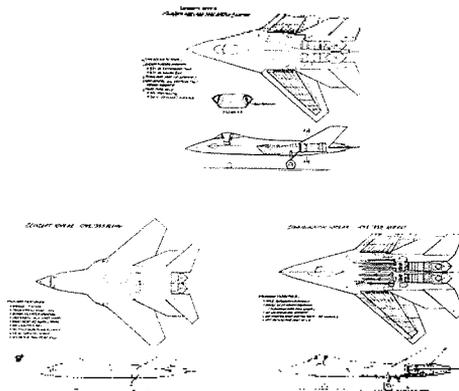
General Dynamics사의 형상설계 책임자였던 Kevin Renshaw는 다음과 같이 회상하고 있다. “General Dynamics사의 엔지니어들이 Burbank에 머물기 시작한지 약 2주정도 경과하였을 때, 우리는 Lockheed사의 설계도면 세트를 우리 회사로 보냈다. Fort Worth에 있는 General Dynamics사 엔지니어 들이 첫 번째 시도한 작업은 설계안 해석을 위한 기본적 준비를 위해 항공기 설계도면을 컴퓨터에 입력하는 것이었다. 세부적으로 성숙되지 않은 Lockheed사의 설계안에서 여러가지 문제점이 즉각적으로 표출되기 시작했다. 평면도, 측면도 그리고 항공기 여러지점의 단면도 들은 서로 적당히 들어 맞는 척 하는 조악한 상태였다. 설계안을 분석한 후에 얻은 결론은 Lockheed사 제안서 상의 공기역학 및 중량 데이터는 단순히 목표를 제시하는 수준으로, 실제 도면과는 별 상관관계가 없다는 것이었다. 게다가 항공기 세부계통 주변을 묘사한 단면도들은 서로 연결이 되지 않은채 끊어진 부분이 많다는 것도 판명되었다. Lockheed사는 point설계보다는 항공기 전체에 대한 개념을 제안했던 것이었고 바로 이러한 접근방법이 경쟁에서 Lockheed를 승리로 이끌었던 것이다.”

Boeing사와 General Dynamics사가 제출한 설계안과 대비하여 볼 때 형상 090P는 세부적인 측면에서 덜 성숙된 것일 수 있다. Lockheed사는 이에대해 다음과 같은 이유를

달고 있다. Lockheed사는 ATF 프로그램 제안서 준비 막바지 단계에서 회사가 추진하던 설계안의 기본방향을 변경함으로써 상대적으로 다른 회사들 보다 시간적인 여유가 모자랐던 것이다. 바로 이러한 방향의 변경이 시연단계 제안서 평가에서 Lockheed사를 꼴찌로부터 첫째 위치로 끌어 올린 셈이었다. 역으로 Boeing사와 General Dynamics사는 공군의 평가위원들이 시연단계에서의 위험요소를 줄일 수 있는 명확한 계획안 수립에 비중을 두고 있었음에도 불구하고, 항공기의 세부적인 point설계안 구체화 작업에 역점을 두고 상당량의 시간을 투입했던 것이다.

Kent의 말을 들어보자. “역사적으로 General Dynamics사는 형상설계에 초점을 둔다. 우리는 공군을 대상으로 한 설계안 발표시 우리가 말로서 설명한 내용이 실제 항공기에서도 그대로 구현될 수 있는 신뢰성을 부여하기 위해 구조설계, 공기역학 그리고 풍동시험 등의 분야에서 상당히 세부적인 사항까지도 작업을 진행하였다. 선정결과를 통해 우리는 공군의 평가위원들이 형상설계안과 마찬가지로 시연단계 수행을 위한 세부적인 계획안에 대해서도 상당한 비중을 두고 있었다는 사실을 알게 되었다. 그러나 General Dynamics의 견해는 출발점이 될 설계안이 확고한 형상으로서의 모습을 갖추어야 비로서 타당성있는 트레이드 스터디가 가능하다는 것이다. 이러한 견해는 아마도 공군측이 강조하는 측면을 우리로 하여금 잘못 해석하게 만들었는지도 모른다. 공군은 트레이드 스터디를 위한 기본형상안의 타당성보다는 시연단계 수행을 위한 세부적인 계획안에 더 관심을 두고 있었던 것이다.”

〈그림 8〉 Early design analyses led to these three Configuration 1092 alternatives for improving the Lockheed ATF design. Two of the alternatives included the flat weapon bay derived from the General Dynamics ATF proposal.



Mullin의 설명을 인용하여 보자. “다분히 의도적으로 ‘형상 090P’는 point설계안 성격이 아니었다. 우리의 제안서가 고객이 원하는 바를 충족시키면서 우리가 경쟁에서 승리할 수 있도록 만들어 준 것은 결코 우연이 아니었다. 고객이 원하는 바가 여러개의 point설계안이 아니라 총4년의 기간중 절반에 달하는 2년동안 훌륭한 체계종합 작업을 수행하는 것 이라면 바로 그것을 고객에게 제안하는 것이 그렇게 나쁜 생각은 아닌 것이다.”

Mullin의 설명을 계속 들어보자. “우리팀은 체계종합 작업의 초기단계에 상당한 문제점에 직면하게 되었다. 많은 수의 엔지니어들이 트레이드 스테디나, 요구조건의 변경을 통해 긍정적인 효과를 얻을 수 있음을 공군에게 설득하여 요구조건을 조정하게끔 만드는 그러한 일보다는, 규정된 요구조건에 의거하여 항공기를 직접 설계하는 작업진행을 원했던 것이다. 1987년에 모든 참여자들에게 인지시키고자 했던 중요한 명제는 그 어떠한 요구조건도 최종적인 것으로서 절대 변경할 수 없는 것이 아니라는 사실이었다. 트레이드 스테디와 위험부담 감소방안이 더 중요한 요소인 것이다.”

이번에는 Hardy의 설명을 인용하여 보자. “처음에는 모두가 각자의 설계안에 대하여 어느정도 방어적이었다. 되돌아보건데 결론적으로 팀은 상호간의 합의에 도달하여 훌륭한 작업결과를 얻을 수 있었다. 이 과정에서 Mullin의 역할은 지대한 것이었다. 그는 팀내의 모든 참여자들로 하여금 설계안과 프로그램에 초점을 맞추도록 유도하였다. 그 어떠한 논의도 개별적으로 진행되는 것은 원치 않았다. 그는 항상 무엇이 프로그램을 위한 최선의 방안인지에 대하여서만 관심이 있었다.”

Mullin은 ATF 프로그램의 시연단계 전기간 동안 Lockheed-Boeing-General Dynamics 팀을 이끌었다. 그가 맡았던 과업은 서로 다른 회사문화에 익숙한 다양한 팀구성원들을 하나의 팀으로 엮어 내야만 하는 별로 부럽지않은 역할인 것이다. Mullin의 설명을 다시 들어보자. “나는 팀구성원 모두에게 상당히 공평했다고 생각한다. 평상적인 일주일동안에 일어나는 일은 Lockheed소속의 많은 엔지니어들이 나로인해 열받게 되는 것이었다. Boeing과 General Dynamics 소속의 다른 여러 엔지니어 들처럼 말이다. 모든 엔지니어 들은 설계에 관한 그들의 접근방법이 실질적으로 성경말씀과 같이 절대적으로 옳고 또 바꿀 수 없는 것이라 믿는다. 나는 Boeing과 General Dynamics 소속 관계자들에게 내가 Lockheed편으로 기울어져 행동하는 것이 아니라 공명정대하게 모든 사안을 처리하고 있다는 것을 확신시켜야 했다. 그것은 결코 쉽지 않은 일이었다. 그럼에도 불구하고 나는 Hardy, Kent와 그외의 다른 여러 사람들과도 매우 생산적인 관계를 구축할 수 있었다. 우리는 점차 단결력이 강한 팀의 모습을 갖추어 나갔고 이것이 바로 향후의 경쟁에서 승리하는데 결정적인 열쇠로 작용하게 되는 것이다. 우리는 팀내의 각 회사가 가지고 있는 조직문화를 바꾸고자 하는 시도는 하지 않았다. 우리는 그저 서로 같이 모여서 생활하고 또 같이 일하는 방법을 배우려고 노력한 것이다. 체계종합팀

의 책임자였던 Al Pruden이 이러한 체계종합 작업을 지휘하는 어려운 역할을 맡았었다.”

1986년의 최초 팀회합에 참석했었고 현재도 이 프로그램을 위해 계속 일하고 있는 Bill Moran의 이야기를 들어보자. “세 회사의 프로그램 매니저인 Mullin, Hardy 그리고 Kent 세 사람은 서로 상호보완적이었다. Mullin은 원기왕성하고 쉽게 흥분하며 기술과 관련된 것에 매료되는 성향을 가졌다. Hardy는 비용 및 숫자감각이 뛰어나고 빈틈이 없으며 간결한 말로 좌중을 즐겁게 해주는 유머를 즐길줄 알았다. 그는 Mullin의 다혈 질적인 성향에 적절히 대응할 수 있는 완벽한 상대였던 것이다. Kent는 겸손하고 지적이며, 비행시험 및 실제 운용단계에서 뛰어난 성능을 보여줄 수 있는 실제의 항공기를 만들기 위한 일에 헌신적인 그런 타입이었다. Kent는 다른 두 사람의 파트너로 하여금 궁극적인 프로그램의 목표(즉 운용할 수 있는 무기체계의 생산)를 망각하지 않고 항상 그것의 달성을 위해 정진하도록 만들었다. 이들 리더들의 상호활동을 지켜보는 것은 항상 유쾌하면서도 매우 교훈적이었다. 비록 서로의 견해에 이견이 있는 경우 일지라도 그들이 잘 어울려 호흡을 맞추고 있는 광경은 팀전체에게 매우 긍정적인 영향을 미쳤다. 수천명의 사람들이 모인 집단에서 몇몇이 모인 어떤 그룹은 성과를 내기도 하고 또 그렇지 않은 경우도 종종 있다. 그러나 이경우 세 사람의 매니지먼트 리드는 성공을 향한 분위기 조성에 크게 기여하였다. 나는 다른 팀에서 일해본 경험은 아직 없으나 다른 팀의 이야기를 들은 적은 많다. 팀 최고 관리자 그룹의 강력한 리더십없이 팀이 보조를 맞추어 나갈 수 없다는 것은 자명한 것이다.”

Moran은 계속해서 다음과 같이 이야기하고 있다. “ATF 프로그램의 시연단계에서 공군 System Program Office의 책임자였던 Jim Fain 역시 이 프로그램을 만들고 또 훌륭한 팀워크를 구축하는데 있어 크게 기여한 인물이다. 그는 우리 대부분이 처음에 생각했던 것보다 훨씬 영리한 사람이었던 것이다. 그리고 그는 두려움 없는 혁신가이기도 했다. 시연단계 출범 시에 대령으로서 이 프로그램에 합류하였던 그는 말하기를 자신은 결코 장군으로 진급할 가망이 없기 때문에 모든 사안을 프로그램의 성공을 위한 관점에서만 판단하고 또 그런 방향으로 소신껏 밀어붙이겠다고 했었다. 그는 전체팀이 공군의 편에 서서 또 계약자의 편에서 일 할 수 있도록 만들었다. 그는 프로그램의 방향을 그가 원하는 쪽으로 억지로 유도하기보다는 두 팀간의 경쟁을 유발시킴으로써 조종하고자 했다. Rick Abell과 Tom Bucher대령의 도움으로 수년 후에 국방성에서의 여러 획득절차에 대한 개혁작업에서 주도적인 역할을 하게 된다.”

〈그림 9〉 Sherm Mullin, pictured with an ATF concept model, is widely credited with making the Lockheed-led team work.



## IX. The Design Process

Mullin, Hardy 그리고 Kent 세 사람은 설계과정에서 궁극적인 중재자 역할을 수행하게 되는데 여기에는 Lockheed-Boeing-General Dynamics팀을 위한 중재절차과 새로운 차원의 요령 및 효율성이 요구되었다. Kent의 설명을 들어 보기로 한다. “설계작업자들은 설계상의 합의가 도출되지 못한 문제가 발생할 경우 우선 자신의 소속사 수석엔지니어를 통해 이 문제를 협의하게 된다. 각 사의 수석엔지니어 들은 세 회사의 프로그램 디렉터 지시를 받는다. 수석엔지니어 선에서 해결책을 찾기 힘든 경우 이문제와 관련된 상대방 소속사의 수석엔지니어와 재협의를 시도하게 된다. 그래도 해결책이 나오지 않을 경우 이 문제는 Mullin-Hardy-Kent 레벨로 상정되는 것이다. 아무리 훌륭한 엔지니어라 할 지라도 제자리에 앉아 최소한의 존경심을 가지면서 다른 사람의 의견을 경청하고 그의 의견을 조롱하지 않는 자세를 배워야한다. 우리는 다른 엔지니어들과 같이 어울리지 못하는 사람들은 작업에서 제외시켰다. 기술적인 기여도가 가장 큰 몇몇의 엔지니어들도 상대방과 같이 일하는 방법을 배우기 위해 상당히 힘든 시기를 보내야만 했다. 각자 다른 배경과 다른 항공기 설계안을 가지고 전통적으로 그래왔던 것처럼 우리 모두는 협의를 위한 테이블에 함께 모였다. 세회사의 공기역학 엔지니어 들

이 상대회사의 구조설계 엔지니어 들의 안에 대해 손을 들어주기 시작하는 모습을 보면서 나는 우리가 점점 더 하나의 단결된 팀으로 발전하고 있다는 것을 느낄 수 있었다.”

설계과정은 미공군측 대표자들과의 정기적인 접촉과 보다 공식적인 설계안검토 회의 결과로부터 많은 영향을 받았다. Abell의 설명을 들어보자. “미공군은 항공기의 최초 요구조건을 기술한 항공기 사양서(specifications)를 통해 ATF의 설계 진화과정을 통제하였다. 우리는 시연단계 동안 탐색결과와 대안에 대한 평가결과를 토대로 시스템 사양(system specifications)을 1년에 한차례 씩 수정보완 하였다. 공군의 시스템 요구조건 검토에서는 운용분석(operations analyses)과 시험결과 그리고 다른 여러종류의 정보 등을 종합하여 공군의 시스템 요구조건이 너무 과도하거나 또는 느슨할 경우 이를 수정보완하였다. 사양서 역시 이러한 방법으로 수정보완을 해 나갔다. 요구조건을 충족시키는데 있어 한팀의 설계안이 문제가 있으나 공군측에서 이를 변경하지 않는 경우는 다른 팀의 설계안에서는 이 문제가 해결되었다는 의미였으며, 공군이 요구조건을 변경하는 경우는 두팀 모두 이 문제의 해결에 곤란을 겪고 있으며 따라서 그 어느 누구에게도 이 문제의 해결은 여의치 않다는 것을 의미하는 것이었다.”

예를들어, 처음에 미공군은 주 무장공간의 내부에 8기의 미사일이 적재될 수 있을 것을 요구하였다. Abell의 말을 인용해보자. “한팀에서는 확신할 수는 없으나 이것이 가능할 것으로 생각했다. 결론적으로 두팀 모두 8기의 미사일을 효과적으로 적재하기는 곤란하다는 결론을 도출할 때까지는 6기의 미사일 적재 요구조건을 바꾸지 않았다. 다른 예를 들어보자. 단거리 활주 요구조건은 추력반전장치(thrust reverser)를 제거하기 위해 변경되었다. 이 요구조건의 유지로 인하여 얻을 수 있는 성능상의 장점과 투입해야 하는 비용으로 판단할 때 해당 요구조건은 유지시킬 가치가 없었기 때문이다.”

Moran의 설명을 들어보자. “양산 형상에 대한 설계안이 진전되면 ATF System Program Office와 Tactical Air Command로부터의 시스템 요구조건도 뒤따라 변하게 되는데 이는 일종의 연례행사이다. 매년마다 설계작업을 통하여 보다 정제된 중량, 비용, 성능 및 효율성 평가치 들이 도출되고 이는 요구조건의 변경을 수반하게 되며 이는 다시 새로운 설계작업을 진행시키게 되고 이는 다시 요구조건 상에 새로운 변경사항을 만들어 내는 것이다.”

시연단계 설계과정에서 공군의 참여는 전적으로 간접적인 것이었다. Abell의 말을 들어보자. “프로그램에 대한 공군의 가장 중요한 영향력 행사방안은 제작사 들로 하여금 그들의 독특한 시스템 설계안에 대해 근거와 타당성을 탐색하면서 스스로의 방안을 탐구할 수 있도록 여건을 조성하는 것이다. 기술적인 측면에서의 공군의 참여란 설계개념과 세부적인 수행방안에 대하여 기술적으로 이해하려고 시도하는 것이다. 우리는 항상 왜 그런 방안을 선택하는지에 대하여 물었다. 구체적인 방안에 대한 기술적 제

안은 하지 않았다. 즉, 세부적인 사항보다는 설계절차와 설계안에 내포된 개념에 대해 관심이 있었던 것이다. 만약 공군팀 소속의 어느 담당자가 설계자에게 구체적으로 어떤 방안을 수행할 것을 지시했다면 나는 그를 쫓아버렸을 것이다. 우리는 설계팀에게 설계방안에 대한 구체적인 지시를 할 수 없는 것이다.”

"This has been one of the most intense and fierce competitions the Air Force has ever sponsored. All of the major airframe contractors bid. We believe the two best design concepts have now emerged."

-Edward C. Aldridge Jr., then-Secretary of the Air Force,  
announcing the award of the demonstration/validation  
phase of the ATF program on 31 October 1986

Secretary Aldridge's Halloween announcement meant that Lockheed and Northrop had each won \$691 million contracts to proceed to the demonstration/validation phase of the Advanced Tactical Fighter program. The newly formed teams now led by the two winning companies would build two flying prototypes each-one with Pratt & Whitney engines and the other with General Electric engines. Each team would also build ground-based avionics prototypes and a flying laboratory to demonstrate the avionics. The dem/val phase would determine which team would enter the next phase of the program and, ultimately, which team would build production versions of the ATF.