

Flight Simulator (模擬飛行訓練裝備)

魏 祥 奎

(서울大航空工學科교수)
工學博士

概 要

Flight Simulator를 우리 말로 模擬飛行訓練裝置라 하는 것이 좋을것 같다. 美國 사람들도 Flight Simulator의 運用에서 基本飛行訓練용으로 만든것을 Trainer Flight Simulator이라 하고 Weapon System 訓練까지도 할수 있을때는 Weapon System Trainer 또는 Weapon System Simulator이라고 한다. 따라서 이 글에서는 Flight Simulator이라 하면 操縱訓練에서부터 심지어는 航空機設計過程에서 사용하는 Simulator까지를 뜻하고 간단하게 Simulator(시뮬레이터)라고 한다.

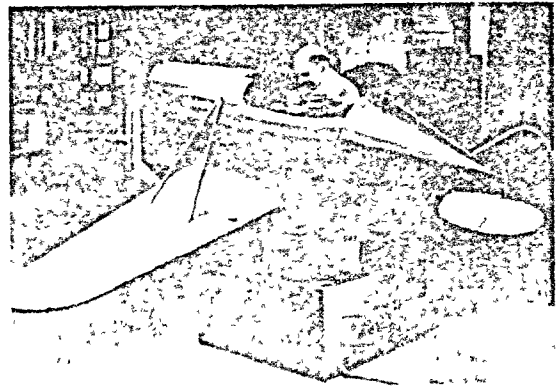
Simulator는 航空機, 로켓, 宇宙船 등의 主要操作部分을 實際의 것과 동일하게 제작하여 飛行運動을 地上에서 模擬再現하여 操縱訓練, 研究, 개발에 사용하는 模擬訓練裝備이다. 무엇을 模擬(Simulation)했느냐에 따라서 Flight, Submarine, Ship, Space, Power Plant 등의 Simulator로 區分될 수 있으며, 최근에는 自動車の 운전연습용 Simulator까지 등장했다.

Simulator는 當初 航空機の 조종을 地上에서 習得하는 訓練裝置로서, 操縱桿의 위치나 計器의 標識方法 등을 習得하고, 飛行機의 운동에 익숙해지도록 操縱室(Cockpit)의 Mock-up을 만들어서 訓練에 사용했다. 이런 초기의 訓練裝置로 製作한 것이 Link Trainer이다.

Link란 美國 사람이 1929년에 飛行機의 운동을 모의하기 위해서, 조종석을 三次元 角運動(Pitch, Roll, Yaw)을 할수 있도록 支持臺 위에

없어서 操縱桿을 움직이면 그에 對應한 信號가 Servo 모오터나 油壓裝置를 작용시켜 操縱席에 운동을 發生시키도록 했다. 이것이 世界最初의 Trainer인데 Link會社에서 제작했기 때문에 Link Trainer이라고 했다.

Link會社는 오늘날 Simulator會社로서는 世界 제일의 技術과 經歷을 가진 會社로까지 발전했다. 당시에는 Blue Box라는 愛稱까지 붙일 정도로 널리 이용되었다.



〈그림 1〉 최초의 Simulator—Link Trainer

Flight Simulator의 區分

Flight Simulator를 用途에 따라 分類하면 다음과 같다.

가) 航空機 Simulator :

- Pilot訓練用——(機體에 대한 慣熟飛行)
- 研究開發用——
 - 設計用——(空氣力學的 機體의 形狀, 操縱特性의 檢討)
 - 研究用——(飛行基準의 檢討)

訓練用과 研究開發用에는 큰 차이는 없지만 訓練用은 어느 特定機專用인 반면에 研究開發用은 자유로히 任意의 機種을 模擬할 수 있다.

나) 로케트의 Simulator

數學的 Simulation만을 하는 것인데, 實時間 演算을 할 필요는 없고, 일반적으로 Digital Simulation을 使用한다. 로케트의 誘導制御系統의 Simulation을 할때는 高速演算部分은 Analog 計算機에 의한 Simulation을 한다.

高精度를 필요로 하는 誘導系統에서는 Digital Computer를 使用한다. 즉 Hybrid 計算에 의한 Simulation方式을 使用한다.

다) 미사일 Simulator

미사일의 Simulator는 研究用, 訓練用, 實機의 試驗用등이 있다.

라) 人工衛星 Simulator

人工衛星의 姿勢制御系의 研究개발용으로 만든 것으로서 姿勢運動을 物理的으로 再現하는 空氣베어링으로 支持된 人工衛星의 姿勢制御장치를 탑재하여 Simulation한다. 衛星의 姿勢 Sensor로서는 太陽 Sensor, 水平線 Sensor를 組合하여 太陽 Simulator와 地平線 Simulator가 併用된다.

마) 宇宙船 Simulator

宇宙船의 宇宙飛行, 랑데뷰, 독킹, 月着陸船 등의 宇宙飛行士의 훈련용의 Simulator가 있다. 宇宙飛行 Simulator는 航空機訓練用 Simulator와 비슷하다.

구조와 模擬內容이 差異가 날뿐, 航空機의 경우는 模擬視界가 地上의 飛行場인데 비해 月着陸船의 경우는 模擬月面이다.

이 글에서는 航空機用 Simulator를 說明하기 때문에 模擬操縱席의 運動自由度에 따라

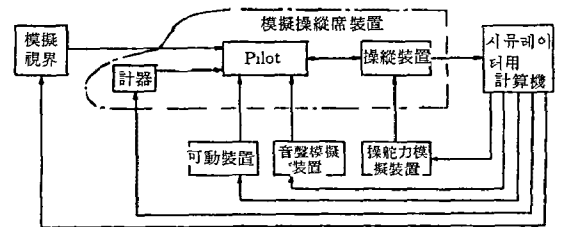
가) Fixed Base.....操縱席이 固定된 것.

나) Moving Base...操縱席이 3軸周圍의 회전 이 가능하고, 3軸方向으로 移動도 가능한 것으로서 회전과 移動이 가능한 數에 따라 3自由度 또 6自由度 라고 한다.

Flight Simulator의 基本構成

Simulator는 航空機의 飛行狀態를 地上에서 模擬再現하는 장치이며, 비행운동을 實時間에서 模擬演算을 실행하는 計算機와 模擬操縱席등으로 구성된다. 계산기는 비행운동의 計算, 엔진, 操縱裝置의 特性, 計器指示, 外部視界장치등을 위한 計算을 해야한다. 模擬操縱席은 操縱裝置, 計器들을 實機와 같이 제작하여 體感(Kinesthetic Information)을 주기위해서 機體姿勢와 併進運動을 주는 可動裝置(Motion System)와 外部視界情報(Visual Information)를 만들어 주기위한 模擬視界裝置(Visual Display) 등을 갖추게 된다.

그림 2에 Simulator의 構成線圖를 그려서 基本構成을 說明하고 그림 3에는 大型旅客機의 Simulator의 構成을 主體的으로 說明하고 있다 (英國 Redifon Simulation會社製).



<그림 2> Flight Simulator의 基本構成圖

그림 3을 이용하여 Simulator의 基本構成을 說明하자.

가) 操縱室(Cockpit)

各種計器 및 制御장치 등이 特定航空機의 操縱室內部와 동일하게 제작된 것으로 대부분의 航空機部품이 그대로 使用된다. 따라서 航空機의 操縱室構造와 성능이 변경되면 이 또한 동일하게 개조시켜야 한다.

航空機가 定常水平飛行을 하고 있으면 操縱席에서 느끼는 상태는 地上에서와 같지만 航空機가 角運動을 하거나 加速飛行을 하게될 때에는 판이하게 달라진다. 이런 상태를 模擬하기 위하여 操縱室全體를 自由度가 6인 空間運動을 할 수 있도록 한 點에서 支持하고 Servo Motor나

油壓裝置로 움직여 준다.

그러나 이렇게 하더라도 計算機에서의 計算된 操縱室의 자세에 油壓裝置의 過渡應答特性이 포함되어 나타나고, 計算機에서의 遲延時間(Time Lag) 때문에 實際感은 현저하게 줄어든다.

計算機에서의 Time Lga는 많은 改善이 이루어져 별문제되지 않으나, 油壓장치 自體의 慣性を 없앨 수 없기 때문에 상당한 어려움에 부딪혀 있다.

또 하나의 문제는 航空機가 旋回飛行을 할 때에 Pilot에 작용하는 힘은 地球重力(航空機重量方向)과 遠心力의 和로 작용하여 그 合成된 힘이 작용하는 방향은 操縱席의 下向이 되지만 地上 Simulator에서는 遠心力이 작용되지 않기 때문에 Bank 角만큼 操縱室을 기울여 주면 Pilot는 座席에서 옆으로 미끄러지려는 느낌을 받게 된다.

이런 現象때문에 Simulator의 操縱室을 自由度가 6인 空間運動을 시켜주어도 實際感을 별로 느끼지 못하게 되며, 도리어 實際飛行보다 生理的으로 어지러움만을 더해 주어 訓練效果面에서 否定的인 결과를 보이고 있기도 한다.

특히 戰鬥機의 비행에서 급격한 操舵로 機體가 운동을 할 때는 Pilot가 받는 자극은 身體의 骨骼과 筋肉이 받는 G가 중요한데, G는 機動飛行의 再現에서 상당히 중요성을 띠고 있다.

G를 느끼도록 만들기 위해서, Simulator의 조종석의 아래와 등받이에 壓力 Cushion을 설치하여 갑자기 壓力을 높이거나 낮추어 Pilot 몸에게 G와 같은 感覺을 일으켜 實際飛行의 氣분이 나도록 해주는 方法도 쓰고 있다. 勿論 이런 장치로는 계속되는 G를 만들 수 없고, 反應自體도 축소되어 일어난다.

이와 같은 模擬 G發生裝置와 더불어 戰鬥機 Pilot들이 착용하는 G슈트도 Simulator 내에서 그대로 작동시켜, 壓力 Cushion장치의 壓力을 갑자기 올림과 동시에 G슈트의 壓力도 높여 허벅지를 졸라주어 實感을 증진시킨다.

따라서 自由度가 6인 완전한 空間運動을 시키는 Moving Base Simulator 보다는 Fixed Base Simulator에 模擬G를 발생시키는 壓力 Cushion 장치와 G슈트를 사용하는 것이 더 효과적이라

는 結論을 내리는 사람도 있다.

나) 教官室(Instructor Station)

Cockpit 뒷쪽에 航空機와는 달리 Pilot와 航空機關士(Flight Engineer, FE)의 教官席이 설치되어 있어, 教官은 CRT를 통해 Simulator의 작동을 통제하고 航空機의 各 System, 氣象條件, 滑走路狀態등 訓練條件을 다양하게 操作할 수 있어 어떠한 종류의 飛行訓練도 할 수 있다.

다) 運動裝置(Motion System)

操縱室, 教官室, 電子裝備室(Electornics Equipment) 등을 구성하는 Simulator Fuselage (시뮬레이터 胴體)全體를 地上으로부터 支持해 주고 油壓裝置를 이용하여 Pitch, Roll, Heave (上下運動), Sway(左右運動), Surge(前後로 波動타기 運動), Yaw運動 등 6가지 運動自由度를 만들어 주는 시스템이다. 航空機의 여러가지 飛行姿勢運動과 速度變化, 振動등을 실감있게 再現시키도록 한다.

라) 油壓動力裝置(Hydraulic Power Unit)

Motion System의 作動에 필요한 動力을 공급해 주는 부분과 Simulator의 冷却裝置에 驅動시키는 動力을 공급한다.

마) Computer

Simulator의 心臓役割을 하는 것으로서 事前에 入力된 프로그램 데이터에 따라 Simulator와 映像裝置(Visual System)가 作動되고 각종 飛行狀況이 再現되게 한다. Simulator用 컴퓨터는 航空機와 똑같은 飛行狀態를 만들어 주기 위해서 容量이 크고 高速作動이 가능해야 하는데 오늘날에는 SEL 32/77과 VAX 11/780이 사용되고 있다.

바) 映像裝置(Visual System)

操縱席의 前面과 側面의 Window에 설치된 CRT영상장치로서 航空機의 飛行姿勢에 따라 나타나는 特定空港의 滑走路와 地形, 施設物을 視野의 實物과 똑같이 나타나게 한다.

또 안개, 雷雨, 惡天候氣象條件을 그대로 再現시켜 준다. 이 장치는 Simulator의 實感度를 크게 높여주며 주로 離着陸飛行訓練에 많이 사용된다.

影像 또는 映像方法은 特定空港에 대한 프로그램을 專用 Mini-Computer에 의해 大型 CRT

의 屈折反射鏡을 통해 Pilot의 視野에 投影하게 된다.

初期에는 夜間 또는 땅거미場面(Night/Dusk Scene)만 나타낼 수 있었으나, 최근에는 色彩를 띤 晝間場面に 구름, 안개, 비, 번개 등의 氣象條件까지도 影像할 수 있게 되었다. 따라서 Simulator의 訓練效果가 크게 向上되게 되었다. 이런 장치를 CGI(Computer Generated Image)라고 한다.

Simulator 訓練의 利點과 應用

實際 航空機를 운항시켜서 乘務員 또는 Pilot의 訓練을 위해 長時間 飛行한다는 것은 매우 非經濟的이다. 또 事故도 날 수 있기 때문에 危險하기도 하다. Simulator를 利用하면 다음과 같은 利點이 있다.

- 가) 經濟的이다.
- 나) 安全하다.
- 다) 效果的이다.
- 라) 訓練實施가 容易하다.

軍用機의 飛行訓練은 여객기의 훈련에 비해 機動訓練, 空中戰, Weapon System 操作, 航空電子裝備의 操作訓練 등에서 보다 精밀하고 高度의 熟達이 필요하기 때문에, 美空軍에서는 다음 그림 4와 같은 Air-to Air Combat(空中戰) Simulator들이 사용되고 있다.

美國空軍은 Link會社가 제작한 F-4의 空中戰

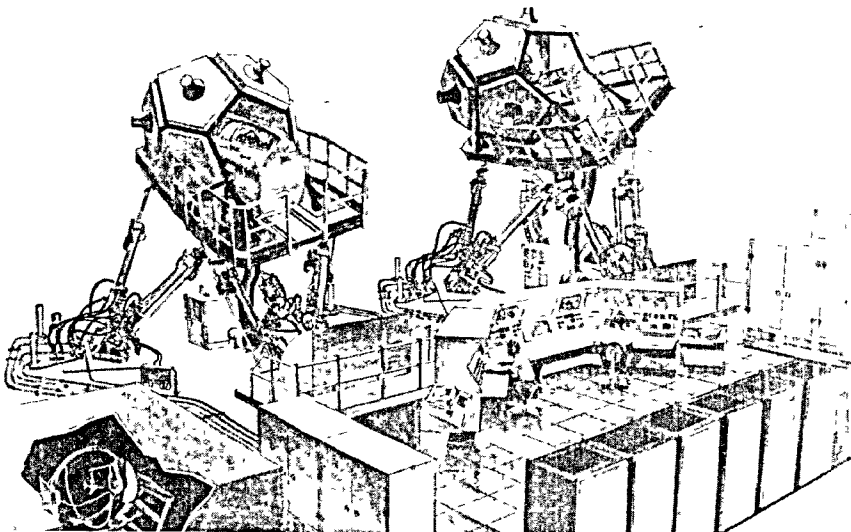
訓練目的으로 Simulator內에서 訓練하는 Pilot들은 實機를 비행하면서, 서로 追跡하고 미사일을 발사하는 操作을 할 수 있고, 상대방의 F-4 Pilot가 Speed-Brake를 操作하거나 Afterburner를 사용하는 것까지도 볼 수 있도록 되었기 때문에 두 飛行士들의 技能判斷 등을 결정하기도 한다.

美海軍은 航空母艦에서 離着陸하는 海軍操縱士들의 훈련을 위해, 파도 때문에 요동하는 母艦의 모습을 影像시켜서 實際飛行을 모의한 Aviation Wide-Angle Visual System(AWAVS)을 Link會社와 공동개발하고 있다(그림 5 參照).

航空機設計開發에의 Simulator 應用

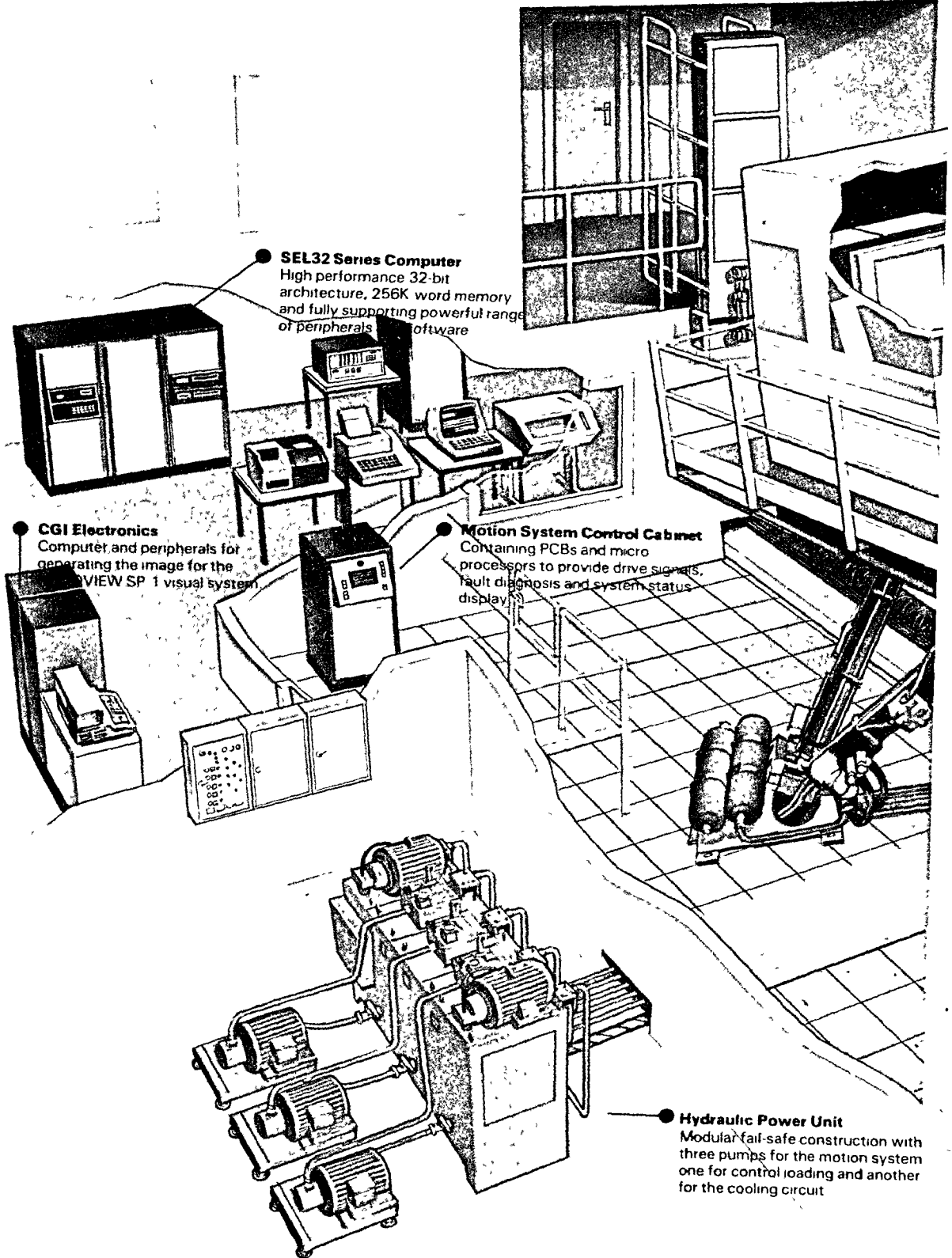
世界各國에서는 근래에 와서 航空機의 設計開發에서도 Simulator를 많이 利用하고 있다. 航空機를 설계한다는 것은 性能이 向上된 우수한 航空機, 즉 飛行性(Flying Quality)이 좋은 航空機를 요구하는 設計諸元에 따라 설계하여, 航空機自體의 性能과 그것을 操縱하는 Pilot까지 組合된 System으로서의 우수성을 나타내야 한다. 즉 Handling Quality(操縱特性이라고 하자)까지도 Mil. Spec.에서 광범위하게 요구되고 있는 실정이다. 操縱特性에 큰영향을 주는 Pilot—航空機系의 制御系를 地上에서 설계요구에 符合되는 特性을 만족하는 Flight Simulator를 제작해 나간다.

航空機의 設計開發過程에서 Simulator를 利用



〈그림 3〉 空中戰訓練用 Flight Simulator

Flight Simulator Complex



SEL32 Series Computer
High performance 32-bit architecture, 256K word memory and fully supporting powerful range of peripherals and software

CGI Electronics
Computer and peripherals for generating the image for the VIEW SP 1 visual system

Motion System Control Cabinet
Containing PCBs and micro processors to provide drive signals, fault diagnosis and system status display

Hydraulic Power Unit
Modular fail-safe construction with three pumps for the motion system one for control loading and another for the cooling circuit



Electronics Equipment

Accessible and with built-in fault diagnosis, the electronics equipment is located mainly on the flight deck

Instructor Station

The Modular Advanced Graphics Generation System (MAGGS), combining immense power with flexibility and ease of operation

Visual Display Units

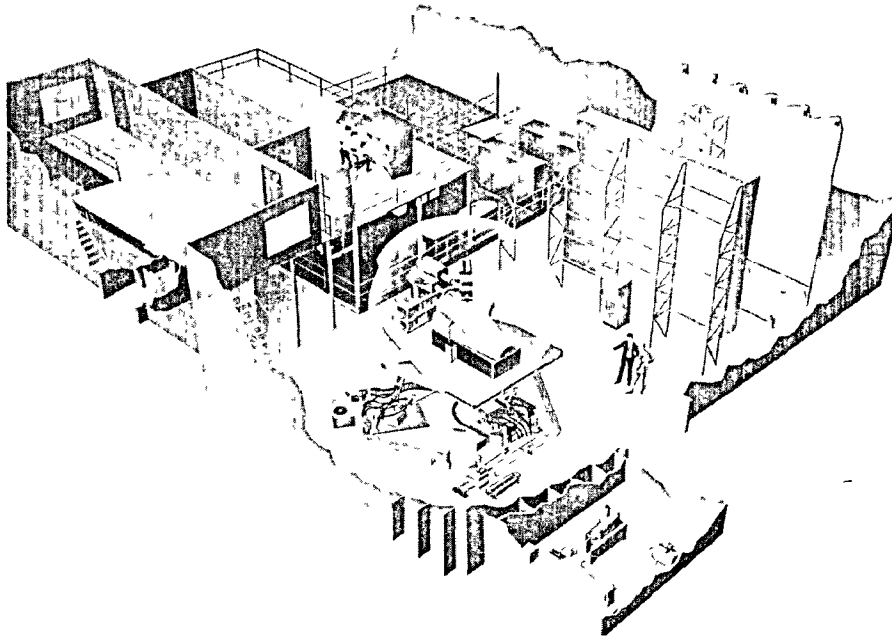
NOVOVIEW SP 1 Computer Generated Image visual system with selectable airport models and multi-window capability

Flight Simulator Fuselage

Faithful replica of flight deck and crew stations with environmental sound simulation

Six-Degrees of Freedom Motion System

Pitch, roll, heave, sway, surge and yaw excursions on low friction actuators of latest design with ultrasonic feedback and improved maintainability



〈그림 5〉 美國海軍操縱訓練
用 Simulator

하면 다음과 같은 많은利點이 있다.

가) 航空機의 設計段階에서 航空機를 人間—機械系(Man-Machine System)로서의 適合性을 발견할 수 있으며, Simulator를 이용하지 않은 종래의 設計段階보다 設計技師들이 自信을 갖고 설계를 進行시킬 수 있다. 따라서 User인 Pilot 으로부터 信賴받는 航空機를 設計할 수 있다.

나) Simulator를 利用하지 않을때 곤란했던 航空機의 機體形狀 등의 최종적 결정을 設計段階에서 실시할 수 있다.

다) 設計開始부터 量産까지의 기간이 短縮된다. 특히 飛行試驗期間이 단축되고 飛行試驗 때에 發生하는 문제점이 감소한다.

라) 開發期間의 단축때문에 개발된 航空機의 商品價値의 변동이 적고 商品으로서의 航空機의 수명이 길다.

마) Simulator試驗을 충분히 이용함으로써 開發費가 적게 든다.

바) 飛行試驗때에 機體와 人命의 안전성을 개선할 수 있다.

結 論

우리나라의 民間航空會社는 Simulator訓練에 많은 外貨를 支出하고 있고, 外國에 가서 Simu-

lator訓練을 받을때에 言語의 지장때문에 상세한 訓練을 받지 못할 경우도 없지는 않을 것이다. 다행히 82年度에 Boeing 747 Simulator를 導入하여 Jumbo 旅客機의 조종사에 再訓練과, B-727같은 機種을 조종한 Pilot들의 轉換訓練에도 財政的支出을 감소시켜 經營合理化뿐만 아니라 Pilot들의 技術向上을 도모하여 안전한 運航을 해야한다.

우리 空軍에는 아직까지 最新銳機의 Simulator를 직접 保有하지 못한 실정인데 早速한 時日內에 최신의 技術로 제작된 Simulator를 도입해야 한다고 본다.

다행히도 美國空軍이 사용한 50年代末에 제작한 F-86D型의 Simulator를 서울大學校의 航空工學科 飛行運動研究室에서 引受하여 Simulator의 構成, 運用, 改善등의 분야에서 有効하게 사용하고 있다는 것은 우리나라의 航空技術發展에 크게 寄與할 것으로 본다.

參考文獻

- 1) Link Training Systems, Link會社 發刊, 1980.
- 2) Redifon Simulation Ltd. 發刊物.
- 3) 日本航空宇宙學會誌, 第24卷, 第271號(1976年 6月)

