

스마트 워크를 이용한 항공기 부품 관리 방안 연구

-항공기 타이어를 중심으로-

이두용* · 송영근* · 장정환* · 이창호*

*인하대학교 산업공학과

A Study on Aircraft Part Management using Smart Work

Doo-Yong Lee* · Young-Keun Song* · Jung-Hwan Jang* · Chang-Ho Lee*

*Department of Industrial Engineering, INHA University

Abstract

Currently, 10% of the domestic aircraft accidents and 9% of delays and cancellations were generated due to poor maintenance. Aircraft maintenance work is divided into works in material warehouse and in hangar. In material warehouse, the problem in aircraft maintenance work is occurred when the serial number of parts are identified and entered. In hangar, work order are duplicatively written. In addition, the maintenance information is not shared and then work order is wrong delivered. In this study, we analyzed the maintenance process and the informations that occurs in the material warehouse and hangar for large airline company to solve the problems. And serial numbers are replaced by QR code. And documented work order and manual are handled using the tablet PC. In conclusion, this paper studied smart work of maintenance process about tire parts. We expect to improve the inefficiency of identification of serial number and total maintenance time is reduced by real-time information sharing.

Keywords : Smart Work, QR code, Aircraft Maintenance Process

1. 서론

최근 항공기 결함에 따른 운항 지연사고가 빈발하고 있다. 2010년 9월 이후 4개월 동안 부품 고장과 엔진 결함 등으로 장시간 지연 운항한 사례는 드러난 것만 모두 10건에 이르고 항공 당국의 특별점검을 받았지만 상황은 나아지지 않고 있다. 09년까지 항공기 사고의 15%, 지연 및 결항의 9%가 정비 불량으로 인해 발생하는 사고이며, 정비 불량으로 인한 운항의 지연은 비용손실 및 항공사의 신뢰성에 영향을 미치고 있다 [2][3][7].

이러한 정비 불량 발생의 원인은 비인가 부품의 사용, 규정된 작업방법 외 임의작업, 무자격자의 정비 활동 등 다양한 원인이 존재한다.

항공기 정비 활동을 분석해보면 크게 자재보관창고와 격납고에서의 작업으로 구분할 수 있는데 자재보관창고에서는 부품의 일련번호를 육안으로 확인하여 수작업으로 입력하는 과정에서 오인식/오입력의 문제가 발생하며, 격납고의 작업은 실질적인 정비 작업 외에 Work Order를 작성하고 시스템에 등록하는 작업이 이 중으로 이루어지고, 모든 작업을 현장 사무실을 통해 전달받음으로 실시간 정비 작업에 대한 정보가 공유되

* 본 연구는 국토해양부 지원에 의하여 연구되었음.

* 교신저자: 이창호, 인천시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

M · P: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

2011년 7월 20일 접수; 2011년 9월 19일 수정본 접수; 2011년 9월 20일 게재확정

지 않는 문제와 동일 문서가 여러 명의 작업자 승인을 요구하고 최신 매뉴얼 업데이트 문제 등이 발생하고 있다[4]. 최근 미국의 알래스카 항공은 기존의 종이로 된 항공 매뉴얼 대신 아이패드를 조종사 전원에게 지급하여 약 11kg의 무거운 무게를 지닌 기존의 종이 항공 매뉴얼을 대체하였다. 파일럿들이 비행기 조종시 아이패드를 사용하기 위해서는 항공사가 FAA로부터 허가를 받아야 하지만, 조종 매뉴얼 확인을 포함한 여러 업무를 처리할 경우 아이패드를 사용할 수 있는데, 아이패드로의 항공기 매뉴얼 교체는 앞으로 약 240만 장의 종이를 절약할 수 있고, 종이문서를 찾기 위해 시간을 지체하지 않고 빠르게 정보를 찾을 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 종이 문서를 이용한 항공기 정비 작업 중 항공기 정비 부품의 관리와 작업 확인 등의 정비 프로세스에서 Smart Work 적용 방안을 제시하였다.

이를 위해 일련번호를 RFID와 QR Code로 대체하며, 문서화된 Work Order와 매뉴얼을 Tablet PC를 이용하여 처리하도록 정의하였다.

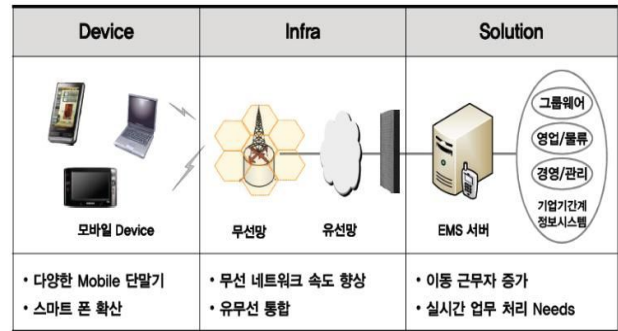
Smart Work 효과를 검증하기 위해 수많은 항공기 정비 부품 중 타이어 부품을 선택하여 정비 프로세스에서 스마트 워크 적용 가능성을 검증하고, 현행 프로세스 적용 시 비효율적인 부품 정보 확인 방법 개선 및 실시간 정보공유를 통한 전체 정비시간 감소 등의 효과를 분석하였다.

2. 이론적 배경

2.1 Smart Work

Smart Work는 모바일 단말기 또는 일반 컴퓨터와 Cloud Computing, Virtual PC와 같은 기술을 이용한 원격지에서도 사무실에 있는 것과 동일하게 자사 시스템을 활용하는 근무 방법을 말한다. 이를 통해 직원들의 작업 효율성·편리성이 증대되고, 특정 지역의 출퇴근 집중현상을 줄여 탄소배출의 감소와 같은 환경적인 이득을 창출할 수 있을 것으로 예상되고 있다[4].

Smart Work의 유형으로는 재택근무, Smart Work 센터 근무, 이동근무가 있으며, 이 중 이동근무는 스마트폰, Tablet PC 등을 이용한 모바일 오피스로 현장에서 업무를 수행하는 방식을 말한다. 주로 이메일, 그룹웨어, 전자결재는 물론 ERP, CRM 등과도 연계되어 외부에서도 사내 시스템 및 데이터에 접속이 가능하고 실시간 업무처리와 정보공유가 가능하다.



[그림 1] 모바일 오피스 구성요소

2.2 QR(Quick Response) Code

QR Code는 인식하기 쉬운 코드를 목적으로 Denso Wave가 1994년 발표한 2차원 바코드이다. 숫자는 최대 7,089자, 문자(ASCII)는 최대 4,296자, 이진 8비트는 최대 2,953바이트, 한자 등 아시아 문자는 최대 1,728자를 하나의 코드로 표현할 수 있다. 또한 동일한 양의 데이터를 1차원 바코드의 1/10의 크기로 나타낼 수 있으며, 더 작은 공간에서는 데이터의 수를 제한한 Micro QR Code로 표현할 수 있다.

QR Code의 가장 큰 장점으로는 오염과 손상에 강한 것이다. 자체 오류보정 알고리즘으로 코드의 일부가 더러워지거나 손실되어도 최대 30%의 데이터를 복원할 수 있으며, 21x21부터 177x177 셀의 범위로 표현할 수 있다. QR Code 안에 위치한 모서리의 3곳에 위치 검출 패턴이 위치하고, 타이밍 패턴과 위치 맞춤 패턴을 통해 360° 어느 방향으로든 빠른 인식이 가능하다.

초기 자동차 부품의 생산관리 등 상품관리에 바코드를 대체하여 사용되었으나 카메라폰을 이용하여 QR Code에 연결된 인터넷 정보를 손쉽게 검색하기 위한 수단으로 발전하였다.

기본적으로 흑백의 네모 모양의 모자이크식으로 사용하도록 되어있으나 최근 다양한 색상과 디자인을 포함하여 사용되고 있다. 최근에는 스마트폰에서 손쉽게 인식할 수 있는 장점으로 QR Code를 잡지 광고에 삽입하여 스마트폰 어플리케이션으로 인식하면 해당 웹사이트로 연결하여 더 자세한 이미지나 동영상 정보를 제공하거나 명함에 QR Code를 인쇄하여 개인정보 입력을 손쉽게 하는 등 다양한 방법으로 활용되고 있다.

2.3 기존 문헌 연구

항공 여객 및 화물 운송에 대한 수요가 증가함에 따라 각 항공사는 효율적인 항공 운항 서비스를 제공하

기 위해 정비 프로세스와 운항관리 시스템, 정비 이력 추적에 대한 자체적인 시스템을 구성하여 사용하고 있다. 항공기에 사용되는 부품의 수가 매우 많고, 관리상의 어려움으로 인해 자동인식과 같은 방법을 사용하지 못하는 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 부품관리와 항공기 정비 시스템의 효율화에 대한 연구가 여러 분야에서 수행되고 있다.

박동수[3]는 항공사와 부품 공급업체의 전체적인 공급사슬에서 궁극적인 목표는 개별 활동에 대한 비용 최적화가 아닌 전체 비용의 최적화를 목표로 수리순환 품목에 대한 전략을 제시하였다. 조달에 소요되는 시간을 줄임으로써 풀 방식에서의 전환에 대한 중요성과 RFID 등의 신기술을 도입하여 물류장비의 효율성을 높이고, 공급자와 구매자 상호간의 협력을 통해 전체 비용의 최적화 방안을 달성할 수 있게 하였다.

이길호[5]는 항공기 부품산업의 발전을 위해 주요 항공 산업국의 현황과 지원정책, 사례를 분석하여 국내 항공기 부품 산업의 발전 전략을 제시하였다. 국내 항공 부품 산업 시장은 산업 인프라 구축이 미흡하고, 중소기업 규모의 단순 하청 생산이 이루어지는 점을 문제로 지적하였고, 해결 방안으로 정부 차원의 지원 정책과 핵심 부품 제조기술의 개발, 항공 산업 인프라의 구축 필요성 등을 주장하였다.

이상원[6]은 항공사의 수익 극대화와 비용절감, 시장 지배력 강화를 통한 경쟁력 확보 방안으로 RFID를 항공기 부품에 도입하여 부품의 이력관리를 통해 안전성을 향상시키고 부품의 조달속도와 지원율을 높여 자재 관리비용을 절감하는 방안을 제시하였다.

이와 같이 기존 연구자들은 다양한 방면으로 항공기 부품에 대한 관리 방안을 연구하였지만 Smart Work를

이용한 관리 방안이나 상세한 항공기 정비 부품에 대한 프로세스 분석 및 문제 해결 방안 등은 아직까지 연구된 사례가 없는 것으로 조사되었다.

3. 항공기 정비의 Smart Work 적용 방안

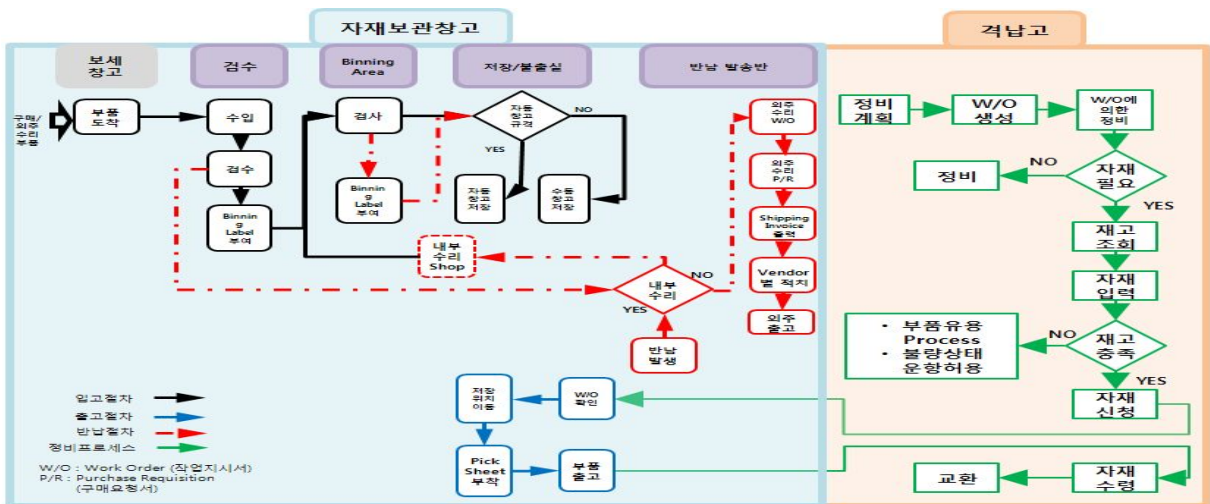
3.1 항공기 정비 프로세스의 문제점

항공기 정비 프로세스는 크게 자재보관창고와 격납고에서 수행되는 정비 작업으로 나눌 수 있다.

전체적으로 항공기 정비 프로세스를 분석해보면 정비 부품의 인식과 관련하여 20자리의 Serial Number를 육안으로 확인함으로써 인해 인적, 시간적 비효율 및 인식 오류의 문제점 등이 발생한다. 또한 정비 현장과 관련하여 부품의 수리내역, 사용일수, 비행횟수와 같은 이력정보를 확인하기 위해 현장 사무실로 이동해서 현장에서 직접 확인하고 작업된 내용에 대한 확인을 종이로 서명함으로써 인해 작업 점검 중 오류가 발생할 가능성 및 정비 이력 문서를 전산화함에 따른 업무량 증가 등의 문제점이 발생한다.

부품에 대한 교체작업은 제조사의 매뉴얼을 참조하여 작업이 이루어지는데 각 작업시마다 Work Order 및 매뉴얼을 출력하여 작업장에 지참하기 때문에 출력종이가 낭비되고 매뉴얼 업데이트 시 버전 관리 등의 문제점이 발생한다.

따라서 본 연구에서는 현행 정비부품 및 정비 프로세스에서의 문제점을 파악하고, 현장 작업자들의 요구사항을 조사하여 분석된 내용을 기반으로 항공기 정비 부문에서 Smart Work 적용 방안을 도출하고자 한다.



[그림 2] 자재보관창고 및 격납고 process



[그림 3] 시스템 개요

3.2 항공기 정비의 Smart Work 적용 방안

항공기 정비 프로세스에서 Smart Work는 크게 자재 보관창고와 격납고로 나누어 적용하였다.

자재보관창고 및 격납고의 작업자들은 각 프로세스에서 이동하는 문서에 QR Code를 적용하고 RFID Tag를 부착하여 부품의 Serial Number를 자동으로 인식하고 사내 데이터베이스에서 해당 Serial Number에 예정된 검수문서, 저장문서, 불출문서를 작업자의 Tablet PC로 전송하며, 작업자는 전송된 문서에 작업 내용을 등록한다.

이때 작업자의 Tablet PC에 로그인한 사용자 정보가 자동으로 문서에 연결되어 작업내역을 추적하는데 이용된다.

자재보관창고에서 데이터베이스로 이동하는 데이터는 부품의 Serial Number, 사용자 정보, 작업 내용의 데이터이고, 작업자에게 검수문서, 저장문서, 불출문서, 해당 날짜에 작업이 예정된 부품 목록에 대한 정보를 전달한다.

격납고에서는 데이터베이스로 이동하는 데이터는 부품의 Serial Number, 사용자 정보, 작성된 Work Order의 데이터가 전송되며, 데이터베이스에서 사용자에게 할당된 Work Order, 매뉴얼을 사용자의 Tablet PC로 전달한다.

Work Order는 정비 작업자에 의해 전자 문서 형태로 작성되고, 데이터베이스를 통해 검수자, 정비 마스터, 기장에게 전달되고 각각의 확인 작업을 거쳐 인증 및 서명 내역을 추가하여 저장된다.

<표 1> 인식기술 적용 전/후의 Process

AS-IS	TO-BE
① Serial Number 찾기	① Serial Number 찾기
② Serial Number 입력	② Serial Number 선택
③ Serial Number 선택	③ Inspection
④ Inspection	④ Binning
⑤ Binning	⑤ Rack 호출
⑥ 출고 대상 선택	⑥ Rack 이동
⑦ Rack 호출	⑦ 하역
⑧ Rack 이동	⑧ 적재
⑨ 하역	⑨ 포장
⑩ 포장	⑩ W/O와 비교
⑪ 적재	⑪ 부품 수령
⑫ W/O와 비교	⑫ 정비 작업
⑬ 부품 수령	⑬ W/O 작성 및 서명
⑭ Packaging	⑭ 부품 위치
⑮ 정비작업	
⑯ W/O 작성 및 서명	
⑰ System에 W/O 입력	
⑱ 부품 위치	

3.3 적용 방안의 시뮬레이션 검증

3.3.1 시뮬레이션 시나리오

항공기 정비 부품의 입·출고 프로세스를 분석하고 각 프로세스의 작업을 부품인식, 검수, 검사, 저장, 수령, 정비 프로세스로 구분하여 각 프로세스의 처리시간과 오류율을 가정하여 시뮬레이션을 수행하고 개선 전·후를 비교하였다.

항공기 정비 부품 프로세스의 각 단계별 작업 내용과 Tablet PC를 적용한 개선 방안을 적용하고 Arena 10.0을 이용하여 구현하였다.

우선 각 프로세스에 투입되는 인원은 현재 A 항공사에서 사용하는 인원대로 검수 Area 3명, Binning Area 2명, 저장 Area 4명, 격납고 3~6명의 스케줄로 구성하였으며, 일일 작업시간은 식사 및 휴식시간을 제외하고 540분으로 가정하였다.

세부 작업요소별로 Inspection, Binning, Stock, Package, Hangar Receipt, Maintenance, Write Work Order를 구분하여 작업시간 할당하였다. 작업시간의 현장측정이 어렵기 때문에 현장 작업자의 인터뷰 및 견학 등으로 조사한 부품 당 평균 작업시간인 5분~3시간을 고려하여 연구실에서 보유한 실습실 장비를 이용하여 측정하였다.

<표 2> 작업별 세부 작업 조합

작업구분		세부 작업 조합
Inspection	Aware Inspection	부품위치 + Serial Number 찾기 + Serial Number 선택
	Inspection	검수작업
Binning	Aware Binning	부품위치 + S/N 찾기 + S/N 선택
	Binning	Binning 작업
Stock	Allocation Stock	부품확인 + S/N 찾기 + S/N 선택 + Rack 호출
	Stock	Rack 이동 + 적재 작업
Package	Prepare Warehouse	Serial Number 선택 + Rack 호출
	Package	하역 + 포장
	Hangar Receipt	Serial Number 찾기 + W/O와 비교
Maintenance	Hangar receipt	부품 수령
	Maintenance	정비 작업
	Write W/O	W/O 작성 및 서명 + System에 W/O 입력

<표 3> 작업요소별 작업시간

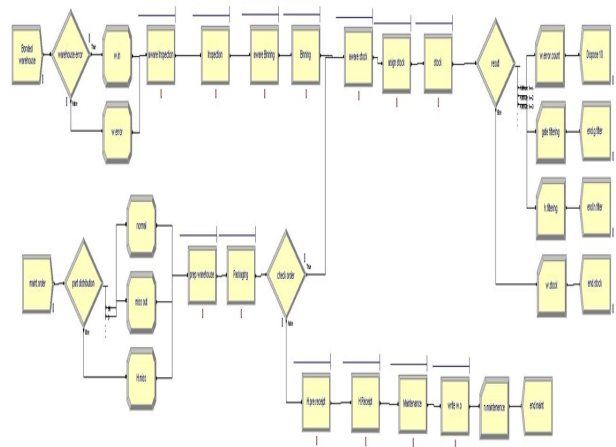
작업요소	작업시간
부품 위치	0.17
Serial Number 찾기	0.2
Serial Number 선택	0.08
Serial Number 입력	0.05
Rack 호출	0.05
Rack 이동	0.15
적재 작업	2.77
하역	3.16
포장	3.16
W/O와 비교	0.3
부품 수령	2
W/O 작성 및 서명	4.3
System에 W/O 입력	5
검수	19
Binning	19
정비 작업	20

2010년 1월 1일부터 12월 31일 기간 동안 인천공항의 A항공사의 항공기 이착륙횟수는 56,174회이며, 타이어 교체주기는 200회 착륙시마다 교체하도록 설정하여 1년 동안 총 270회의 교체작업이 발생한다. 1, 4, 11월의 A항공사가 보유한 기종의 이착륙 스케줄을 조사하여 기종별로 이착륙 횟수를 산출하고 흑한기/흑서기에 추가적인 교체가 70회 발생하는 것으로 가정하여 총 340회의 교체작업이 발생하도록 구성하여 이를 10회 반복하여 평균치를 사용하였다.

<표 4> 기종별 착륙횟수와 비율

기종(바퀴수)	횟수	착륙비율
B737(6)	4	0.2895
A320(6)	968	
A321(6)	2238	
A330(10)	1888	0.3988
B767(10)	2534	
B777(14)	1517	0.1368
B747(18)	1939	0.1749

Arena를 이용하여 구현된 시뮬레이션의 전체 프로세스는 다음과 같다.



[그림 4] 구현된 시뮬레이션

3.3.2 시뮬레이션 결과 분석

2010년 1월 1일부터 12월 31일 기간 동안 340건의 교체작업이 이루어지며 1,990개의 바퀴 교체를 대상으로 작업시간을 비교하였다. 프로세스 개선 전/후를 비교한 결과에 대한 전체 작업시간의 차이는 다음과 같다.

<표 5> 전체 작업시간

(단위: 분/unit)

Process	전체 작업시간		직접 작업 제외시간	
	AS-IS	TO-BE	AS-IS	TO-BE
Inspection	38.13	37.44	3.67	0.11
Binning	32.92	32.36	7.05	5.23
Stock	4.55	4.23	1.74	1.40
Pac/Receipt	120.55	127.49	22.84	19.77
Maintenance	63.11	29.06	31.53	5.01
Total	259.27	230.58	66.82	31.51

<표 6> 참여 작업자 수

	AS-IS	TO-BE
작업인원(전체)	9918.6	7960.8
작업인원(man/day)	27.2	21.8
작업인원(man/hour)	3.0	2.4

개선 전/후 모델을 비교한 결과 바퀴 한 개를 처리하는데 소요되는 시간이 259.27분에서 230.58분으로 28.69분이 감소되었으며, 검수, 정비와 같은 직접적인 작업을 제외한 Tablet PC가 적용되는 세부 프로세스는 66.82분에서 31.51분으로 35.31분 감소하였다.

1,990개 바퀴를 정비하기 위해 필요한 전체 작업자 수는 9,918.6명에서 7,960.8명, 하루에 소요되는 작업자 수는 27.2명에서 21.8명, 시간당 요구되는 작업자 수는 3.0명에서 2.4명으로 20% 감소하였다.

이에 따라 20%의 유휴인원을 다른 정비에 투입하여 정비시간을 단축하거나 인원 감축을 통해 20%의 인건비 절감 효과가 발생한다.

항공기 정비 프로세스에 QR Code와 Tablet PC를 적용하여 정비에 사용되는 문서를 전자문서로 변환하고, 작업자가 작업하는 기기에 사원 정보를 이용한 로그인 기능을 적용할 경우 정비 작업자가 작업시마다 출력하는 Work order와 매뉴얼의 Paperless 효과와 최신 버전을 사용함으로써 정비 작업의 정확성이 향상되고 정비 시간이 감소될 것으로 기대된다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 항공기 정비 프로세스에서 발생하는 인적오류 및 현장 작업자의 작업 효율을 고려한 QR Code와 Tablet PC를 적용한 Smart Work 적용 방안 관련 연구를 수행하였다.

항공기 정비 분야에서 QR Code와 Tablet PC를 적용할 수 있는 프로세스를 분석하고 시뮬레이션을 통한 검증으로 바퀴 한 개의 교체 작업 시간은 28.69분 감소하였고, 바퀴에 대한 정비 작업의 시간당 소요 작업자 수도 3.0명에서 2.4명으로 20% 감소하여 유휴 작업인원에 대한 다른 정비에 투입함으로써 전체 정비시간을 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

최근 발생하는 항공기 사고의 가장 큰 문제점 중 하나가 정비 인력의 감축으로 인한 작업시간의 증가가 대두되고 있는 현실에서 Tablet PC를 이용한 Smart Work를 적용할 경우 신규 작업자를 투입하지 않고 현재 작업을 수행함으로써 비용 절감 및 작업 업무 효율 증가 효과가 기대된다.

향후 연구로는 본 논문에서 분석한 Work Order 및 시스템에 입력하는 정보에 대해 Smart Work를 위한 표준화 작업이 필요하고, 수많은 항공기 정비 부품 중 시뮬레이션의 구성을 단순화하기 위해 타이어만을 대상으로 효과를 분석하였기 때문에 타이어 이외의 다양한 부품 중 중요한 부품에 대한 연구가 필요하다. 마지막으로 Smart Work를 위한 시스템 구축 작업 시 경제적 효과 분석 및 작업 시 효율적인 인터페이스 설계에 대한 연구가 필요하다.

5. 참고 문헌

- [1] 국토해양부, “정비조직절차매뉴얼 및 품질관리매뉴얼 작성기준”, 국토해양부, 2008.04.
- [2] 권영중, “항공기 정비체제 개선에 관한 연구”, 인하대학교 석사학위논문, 2003.08.
- [3] 박동수, 이현후, “항공기 부품관리의 전략적 협력방안에 관한 연구”, 한국로지스틱스학회, 로지스틱스 연구 Vol.14, No.2, 2006.
- [4] 송영근, 이두용, 장정환, 이창호, “QR 코드 기반 항공기 정비 부품 관리 방안 연구”, 대한안전경영과학회지, Vol.13, No.1, 2011.3.
- [5] 이길호, “대한민국 항공기 부품산업 발전전략에 관한 연구” 경상대학교 석사학위논문, 2008.
- [6] 이상원, “RFID를 활용한 효율적 자재관리 방안-K 항공사의 항공기부품 중심으로”, 인하대학교 석사학위논문, 2005.12.
- [7] 이태석, 윤문길, “우리나라 항공기 정비사업 시장분석 및 발전방안”, 항공진흥, Vol.48, 2008.08.
- [8] 미국연방항공청 <http://www.faa.gov/>
- [9] 아시아나항공 항공화물 <http://www.asianacargo.co.kr/>
- [10] 인천국제공항공사 <http://www.airport.kr/>

저 자 소 개

이 두 용



인하대학교 대학원 산업공학과 석사 취득. 현재 인하대학교 대학원 산업공학과 박사과정 중.
관심분야 : RFID 기반 물류 관리 시스템, SCM, LBS 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

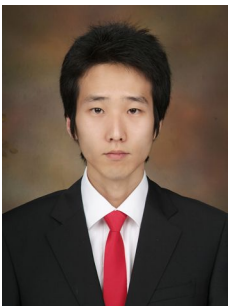
장 정 환



한라대학교 산업경영공학과 공학사 취득. 현재 인하대학교 대학원 산업공학과 석사과정 중.
관심분야 : RFID 관련 물류 관리 시스템 개발, 항공물류 RFID 시스템 개발 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

송 영 근



인하대학교 산업공학과 공학사 취득. 현재 인하대학교 대학원 산업공학과 석사과정 중.
관심분야 : SCM, RFID 관련 물류 관리 시스템 개발, EPCglobal Network 시뮬레이션 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이 창 호



인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.
관심분야 : 물류, RFID, SCM 등.

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과