

## FMEA 기반 우편 기계 유지 보수 방법

박정현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국전자통신연구원 우정기술연구부

### Maintenance Method of Mail Sorting Machine Based on FMEA

Jeong-Hyun Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Postal Logistics Technology Research Department, ETRI

**요약** 본 논문에서는 FMEA (Failure Mode Effect Analysis) 기법을 적용한 우편기계 유지보수 방법 제시하였다. 제안된 방법은 우편기계 모듈 및 부품에 대해 고장 유형을 정의하고, 고장 유형별 시스템에 주는 영향과 고장 빈도 및 검출도 등을 정의하여 고장 유형에 대한 시스템 위험도를 계산하여 그 값에 기반하여 점점 항목과 점검 주기를 조정하도록 하므로 시스템의 고장을 사전에 예방하고 시스템 가동율을 높이도록 하는 효율적인 유지보수 방법이다. 실제 현장에서 운영되고 있는 소형 통상 우편 구분 기계에 대해 제안된 방법의 적용 예를 보였다. 따라서 제안된 방법은 향후 국내 우편기계 유지보수에 적용시 유지보수 용이성과 효율성을 높일 것으로 기대한다.

**Abstract** This paper presents FMEA (Failure Mode Effect Analysis) for maintenance of mail sorting machine which is for automatic sorting of mail. We suggest the update method of regular diagnosis item and period for maintenance of mail sorting machine using the risk priority number which is calculated by severity, occurrence, and detection of failure mode of mail sorting machine, and shows FMEA adoption example of letter sorting machine. This paper also describes the current maintenance system and status of mail sorting machine in the domestic postal logistics environment, and FMEA adoption step. The proposed maintenance using FMEA will be adapted for more easy and efficiency maintenance of mail sorting machine.

**Key Words** : Risk Priority Number, Severity, Occurrence, and Detection

### 1. 서론

우편기계 유지보수 효율화는 점검 및 고장수리 절차와 및 부품 수급 관리 체계의 표준화와 더불어 우편기계 유지보수 이력 관리의 공유 환경 구축과 유지보수 이력 정보의 지속적인 활용 유도와 개선을 통해 가능하다. 또 효율적 우편기계 유지보수 체계 구축을 위해서는 먼저 우편집중국간 우편기계 유지보수 기술 수준의 격차를 해소하고 보다 안정적이고 신뢰성있는 우편기계 유지보수가 되도록 기술 지원이 되어야 하며, 우편기계 핵심부문에 대한 고장 수리와 PLC (Phase Lock Controller) 혹은 소프트웨어 부분에 대한 고장수리를 자체적으로 처리할 수 있도록 우편기계 유지보수 자체 인력 수준이 전문화되도

록 기술 교육이 되어야 한다. 현재 국내 우편물은 연간 50억 통이 넘게 처리되고 있으며 이중 소포 물량은 연간 20 % 이상의 증가율을 보이고 있는 실정이다[1-5]. 또 전국 우편집중국에는 소형 통상 우편물 자동 구분처리를 위한 OVIS/LSM (Optical character recognition, Video coding system Interface System/Letter Sorting Machine) 구분기 59대, 소포구분기 30대, 얇은 대형 통상 우편물 자동 구분을 위한 플랫폼구분기 22대, 소형 소포를 포함한 두꺼운 대형 통상 우편물 자동 구분을 위한 패킷구분기 20대, 대형 복합구분기 8대, 그리고 소형 등기우편물 자동 구분기 3대, 집배 자동 순로구분기 4대가 설치되어 운영 중에 있다[1-5]. 이 중 대부분의 장비는 외국에서 도입된 시설로 사용 기간 경과에 따라 노후도가 증가하고 있

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 우정기술연구개발사업의 일환으로 수행하였음.[2006-X-001-02, 실시간 우편 물류 운영기술 개발]

\*교신저자 : 박정현 (jh-park@etri.re.kr)

접수일 09년 12월 22일

수정일 (1차 10년 03월 11일, 2차 10년 05월 11일)

게재확정일 10년 05월 13일

으며, 유지보수도 외부 위탁과 내부 유지보수 인력으로 수행하고 있다. 따라서 이기종 분산 운영 환경에서 우편 기계 유지보수는 표준 절차도 없이 수행되어 안정적인 시설 운영에 미흡한 상황이다.

이에 본 연구에서는 FMEA (Failure Mode Effect Analysis) 기반 우편기계 유지보수 방안을 제안하였다. FMEA는 1950년대 초 프로펠라 추진 항공기가 제트엔진 항공기로 전환될 때 유압장치, 전기장치 등으로 구성되는 복잡한 조정시스템을 가진 제트기의 신뢰성설계를 위하여 허용된 것이 효시이다. 이어 1960년대 중반에는 NASA에서 아폴로 인공위성 개발시 각 부품의 오동작을 브레인 스토밍 방법으로 예측하려는 활동에 FMEA가 활용되어 신뢰성 보증과 안정성 확보 면에서 큰 성과를 거두었다. 이후 많은 일본 기업이 TQC의 한 기법으로 FMEA를 적용하였으며, 1990년 대 들어 ISO 9000과 TL 9000 등의 품질보증시스템과 6시그마 품질활동 등에 있어서 품질 및 신뢰성 개선활동의 필수적인 기법으로 자리잡게 되었다. 또한 FMEA는 신뢰성을 중시하는 설비 보전 (Reliability Centered Maintenance: RCM)의 핵심적 방법론이기도 하다 [6-8].

본 논문 1장에서 우편기계 유지보수 체계 개선 필요성을 기술하고, 2장에서는 전국적으로 분산 운용 중인 150 여대의 이기종 우편기계에 대한 유지보수 실태 분석과 문제점을 기술하며, 3장에서는 보다 효율적인 우편기계 유지보수 개선 방향으로 FMEA 기반 우편기계 유지보수 방안과 적용 예를 보이고 마지막 4장에서 결론을 기술한다.

## 2. 우편기계 유지보수 실태와 문제점

현행 우편기계 유지보수는 고장 수리와 예방 점검 차원에서 5 가지 고장 단계와 7가지 고장 원인, 그리고 5가지 우편기계 시스템 계통으로 분류되어 수행되고 있다. 이 장에서는 현행 우편기계 유지보수 실태와 문제점을 기술한다.

### 2.1 우편기계 유지보수 실태

#### 2.1.1 점검주기 및 항목

우편기계 유지보수를 위해 시행하는 정기점검은 일일, 주간, 월간, 분기, 반기 그리고 년간으로 수행되며, 점검 항목은 점검 주기별로 분류되어 있다. 그림 1은 소형 통상 우편기계에 대한 점검주기와 점검항목을 보인 것이다. 점검주기 측면에서 보면 지나치게 많은 점검주기로 우편

기계 가동률 떨어트리고 있으며, 점검항목 또한 서브 시스템 및 모듈별 구체화되어 목록화 할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

	일일점검	주간점검	월간점검
OVS	기본 동작상태 정동-센서 동작 상태	벨트 장력 조정 스캐너 및 판독 상태 PCB 점검 기타 장치, 센서 점검	전원-모터 점검 각종 센서 및 필터 청소 벨트, 고무롤 마모 점검 기계 작동 테스트 및 점검 구동 테스트
	3개월 점검	6개월 점검	연간점검
	구동 모터 점검 기계 청소 기계 점검(전원투입 전-후) 구동 테스트	전원공급 점검 구동 모터 점검 공급부 및 경로부분 청소 스캐너, 각종 센서-필터 청소 기계 점검(전원 투입 전-후)	6개월과 대부분 동일 (+추가사항)
LSM	일일점검	주간점검	월간점검
	공급부의 공급 상태 WABCR, BCR 점검 정렬 장치 점검 플러 및 벨트 구동 상태 UPS 상태 만재, Jam 알람 상태	(월간점검 + PCB 점검)	기계동력 점검 기계청소 기계 점검(전원투입 전-후) BCR 및 스캐너 점검 구동 테스트 정지 스위치
	3개월 점검	6개월 점검	연간점검
월간점검과 유사항목 많음 (+추가사항)	3개월과 유사항목 많음 (기계점검, BCR 및 스캐너 점검, 구동테스트 등 다소 다름)	3개월 + 6개월 항목 대부분 검사 (세부사항 추가)	

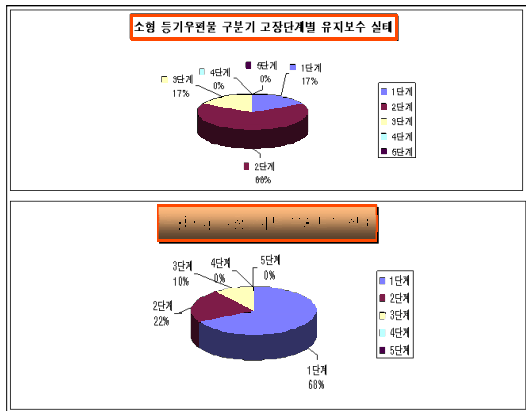
[그림 1] 우편기계 점검주기와 항목

#### 2.1.2 고장단계

우편기계 고장은 그 심각도에 따라 5개 단계로 나누어져 있고 각각의 고장 단계는 그림 2와 같은 기준에 의해 분류된다. 1단계는 소모품 교체 등의 수준이고, 2단계는 부품 결함 수준, 3단계는 유닛 단위 결함, 4단계는 기계전반의 결함, 5단계는 수리 난이도가 매우 높은 수준을 의미한다. 고장단계 기준에 따라 2007년 전국 우편기계 고장 통계를 보면 그림 3과 같으며, 많은 고장이 1단계에서 3단계 수준이며 4단계와 5단계 고장은 거의 발생하지 않은 것으로 확인되었다[1-5].

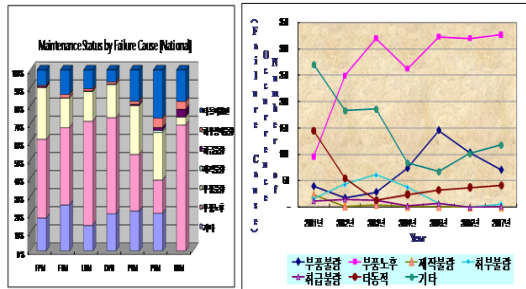
고장 단계	고장 내용
1 단계	기기의 손상 없이 운용상의 이상으로 인한 장애가 발생된 상태로써 소모품교체, 먼지제거, 청소 등으로 원상복구 가능한 상태 ⇒ 운용상의 이상
2 단계	부품의 교체 없이 나사조일, 릴레이 점접 불량 교체 등 일정한 정비공구와 간단한 정비기술로 복구 가능한 상태 ⇒ 부품 결함 상태 조정
3 단계	유닛 분해, 불량부품 교체 및 조정 후 측정기로서 시험을 해야하는 상태 ⇒ 유닛-부품 단위의 결함
4 단계	기계전반의 완전분해, 회선부품의 교체 등 완전조정 정비해야 하는 상태 ⇒ 기계 전반의 결함
5 단계	국내기술진으로 수리가 불가능하거나 부품의 품질 또는 수리의 시급성 등으로 인하여 외주정비 하는 것이 경제적으로 유리할 경우나 특수품에 대하여 기계제 직역사로 하여금 조정의 정비를 의뢰하여야 하는 상태 ⇒ 수리 불가

[그림 2] 우편기계 고장단계



[그림 3] 우편기계 고장 단계별 통계

### 2.1.3 고장원인



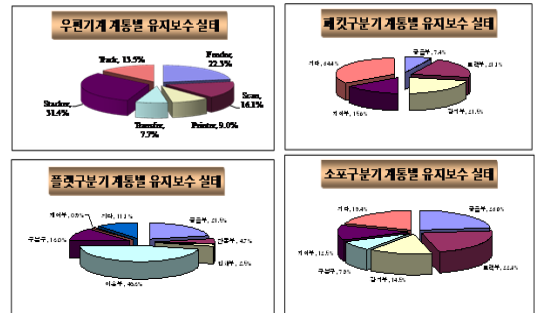
[그림 4] 우편기계 고장 원인별 통계

우편기계 고장원인은 부품노후, 부품불량, 제작불량, 취부불량, 취급불량, 타동적 원인 등 그 내용에 따라 7가지로 나누어져 있으며 위 고장원인 분류 기준에 따라 2007년 전국 우편기계 고장원인 통계 [1-3]를 보면 그림 4와 같다. 그림에 보는 바와 같이 부품노후에 의한 고장이 전체 고장의 48%를 차지하고 있으며 가동기간의 경과에 따라 꾸준히 증가하고 있는 상태이다.

### 2.1.4 고장계통

우편기계 고장계통은 공급부, 트랙부, 감지부, 구분부, 그리고 제어부 등으로 나눌 수 있으나 해외 여러 제조사를 통해 각종 구분기를 도입하다 보니 구분기 별 계통이 일관되지는 않은 상태이다. 고장 계통별 고장 통계는 그림 5에서 보는 바와 같이 소포구분기의 경우공급부와 트랙부에서 고장 발생이 많은 편이고 플랫폼구분기의 경우는 이송부에서 많은 고장이 발생함을 알 수 있다. 특히 최근 들어 소포, 택배물량이 증가하면서 소포구분기의 공급부와 트랙에 대한 고장처리가 45.8%를 차지하고 있는데 이

는 비규격, 과중량 소포에 의한 기계의 피로누적 및 부품 노후가 원인으로 판단된다[1-5].



[그림 5] 우편기계 고장 계통별 통계

## 2.2 우편기계 유지보수 문제점

국내 우편기계는 전국적으로 30개의 우편집중국에 150대의 우편기계가 분산 설치되어 운영 중에 있다. 많은 우편기계가 해외에서 수입해 오다 보니 이기종 분산 환경에서 운영 중인 우편기계 유지보수 비용도 연간 수십억 이상이 소요되고 있는 실정이며 유지보수 체계와 표준 절차가 준비되지 않은 관계로 유지보수 효율성이 미흡한 실정이다. 나아가 유지보수에 대한 기술 축적이나 공유 체계가 되어 있지 않아 지역적으로도 우편집중국간 유지보수 기술 수준 차이가 발생되며 고장 수준이 높은 경우는 장기간 우편기계가 운영되지 않아 우편기계 가동율을 떨어 트린다.

### 2.2.1 우편기계 고장 분류와 점검주기 측면

현행 우편기계 유지보수 체계에서 우편기계 고장원인은 부품노후, 부품불량, 제작불량, 취부불량, 취급불량, 타동적 원인 등 그 내용에 따라 7가지로 나누어져 있으며 고장단계도 5가지로 분류되어 있고, 고장계통도 5가지 형태로 분류되어 있다. 그러나 고장 단계 분류는 우편기계 유지보수 이력 관리와 활용 및 시스템 가동 영향에 따라 모듈 단위로 보다 세분화하여 고장 유형을 정의할 필요가 있으며, 이를 토대로 FMEA 기반 [6-8] 우편기계 유지보수 수행 방안이 고려된다. 또 우편기계 고장원인의 많은 부분이 부품노후와 부품불량으로 부품관리에 대한 종합적이고 효율적인 대책이 필요함을 알 수 있으며 예방 점검 주기는 보다 간결하고 불필요한 점검과 장기적인 점검은 조정될 필요가 있다. 우편기계 시스템 및 모듈에 대한 점검 항목은 세분화하고 목록화하여 정확한 정기 점검이 수행될 수 있도록 하여야 한다.

### 2.2.2 유지보수 표준 절차

현행 우편기계 유지보수 체계에서는 우편기계에 대한 정기점검과 고장수리에 대한 표준 절차가 부재 상태다. 이렇다 보니 우편기계 유지보수 효율성이 떨어지고 있다. 보다 효율적인 유지보수가 되기 위해서는 우편기계 각 부분별 예방 점검과 고장 수리 그리고 부품 교체에 대한 표준 매뉴얼이 필요한 실정이다.

### 2.2.3 유지보수 기술 격차 및 정보 공유 체계

현행 우편기계 유지보수 체계에서는 우편기계 유지보수에 대한 고장 이력 관리 및 정보 공유 활용 체계가 미약한 상태이다. 이렇다 보니 우편집중국간 혹은 유지보수 요원간 유지보수 기술 격차가 발생되고 유지보수 효율성 또한 떨어지고 있는 실정이다. 나아가 우편기계 유지보수 기술력 향상이 어려운 환경으로 이를 위해 우편기계 유지보수 기술 공유 환경 구축이 필요하다. 또 우편기계 부품 수급 관리 체계가 미약하여 불필요한 부품 비용이 소요되고 있는 실정으로 우편기계 부품 관리 체계 개선 또한 필요한 상황이다.

## 3. FMEA 기반 우편기계 유지보수

본 절에서는 FMEA 기반 우편기계 유지보수 방안을 기술한다. 이를 위해 FMEA 정의 및 우편기계 유지보수를 위한 FMEA 도입 절차, 그리고 FMEA 기반 우편기계 유지보수 점검 항목 및 주기 조정 방안과 실례를 기술한다.

### 3.1 FMEA (Failure Mode Effect Analysis)

FMEA는 유지보수 대상 장비에 대한 시스템, 서브시스템 그리고 모듈 혹은 부품 단위의 명세 테이블과 FMEA 테이블 정의를 통해 유지보수 장비의 부품 혹은 모듈에 대한 잠재적 고장 요인과 영향을 분석하여 시스템 사용 중에 존재할 수 있는 잠재적 고장 모드를 판정하고, 고장 모드별 고장 요인을 사전에 파악하여 대처하므로 시스템 가동율을 높이고 고장율을 줄일 수 있도록 하는 것이다. 따라서 FMEA 기반 효과적인 우편기계 유지보수가 되기 위해서는 시스템이나 장비에서 발생할 수 있는 고장모드와 원인을 부품 수준으로 파악하고 그 영향을 알아내어 개선사항이 피드백(feed-back)될 수 있도록 지속적으로 반복하여 수정 및 보완되어 수행되어야 한다.

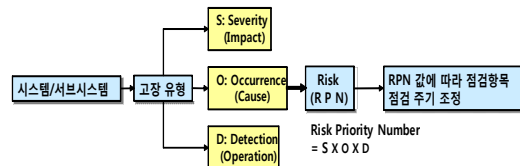
① Sub System : _____		④ Goal : _____		⑥ FMEA Number : _____				
② Model : _____		⑤ Design Responsibility : _____		⑦ Review Date : _____				
③ Machine Name : _____		⑧ FMEA Date : _____		⑨ Review Date : _____				
④ Core Team : _____								
시스템/서브시스템	기능 및 성능 요구 사항	잠재적 고장 유형	잠재적 고장 효과	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION	RPN	처리 및 권고 사항

[그림 6] FMEA 테이블

이를 위해서 문서화된 이력관리가 필요하고 그림 6과 같은 FMEA 테이블 정의가 요구된다.

그림 6에서 FMEA 테이블 각 필드 정의는 다음과 같다.

- 구성품 및 기능 : 우편기계 시스템의 기능 및 구조를 파악하여 부품의 이름과 기능을 기입하고 부품이 속한 계통 또는 모듈을 명시하고 타 부품과의 연관 관계 기술
  - 잠재적 고장 모드 : 시스템 구성요소의 잠재적 고장모드를 결정하여 기록하는 곳
  - 잠재적 고장영향 : 모듈 및 부품 고장모드가 시스템 운영에 주는 영향을 말하는 것
  - 심각도 : 고장모드의 심각성을 평가한 것
  - 추정 고장 원인 : 각 부품 특성과 관련하여 가장 근본적인 고장 원인 기술
  - 발생도 : 우편기계 시스템 운영 동안 발생할 수 있는 부품 고장들에 대한 추정 누적치를 등급으로 나타낸 것
  - 감지도 : 우편기계 시스템의 고장이 발생하였을 때 그 원인을 탐지하는데 사용되는 등급
  - RPN : 심각도와 발생도, 그리고 감지도를 곱한 척도
  - 대책 및 조치사항 : RPN이 높은 고장모드에 대해 설계, 제조, 생산, 검사, 판매, 운용 측면에서 고장을 예방하거나 고장 모드를 탐지할 수 있도록 조치를 기입한 것
- 이렇게 정의된 FMEA 테이블 자료를 통해 그림 7과 같은 과정을 거쳐 우편기계 시스템의 각 점검 항목에 대해 RPN 값을 계산하여 이 값을 기준으로 점검 항목에 대한 점검주기를 조정한다.

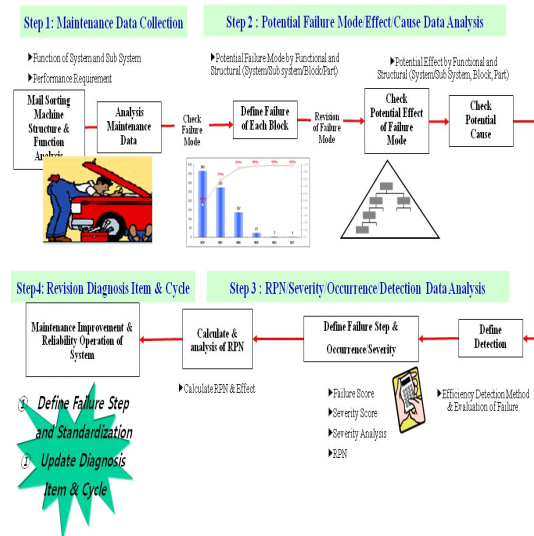


[그림 7] 고장 유형별 RPN 계산 과정

### 3.2 우편기계 유지보수를 위한 FMEA 적용

우편기계 유지보수를 FMEA 적용은 크게 4 단계로 고

려할 수 있다. 첫째 유지보수 대상 우편기계 모듈 및 부품에 대한 명세 자료 수집 및 분석 단계로 우편기계에 대해 모듈 명세 준비와 더불어 우편기계 모듈 및 부품별 고장 모드를 정하는 단계이고, 두 번째는 각 고장모드 별 고장 영향과 고장 원인을 파악하는 단계, 그리고 세 번째는 우편기계 고장 모드에 대한에 대한 감지도와 고장 등급을 정하는 단계, 마지막으로 우편기계 각 고장 모드에 대해 치명도를 계산하여 우편기계 점검 항목과 주기를 조정하고 고장단계를 표준화하여 우편기계 고장율을 줄이고 가동율을 높이는 것으로 그림 8이 그 과정을 보인 것이다.



[그림 8] 우편기계 유지보수를 위한 FMEA 적용 단계

그림 9는 FMEA 기반 우편기계 유지보수 방법을 통해 우편기계 모듈과 부품에 대해 RPN 값을 계산한 예를 보여준다. 여기서 우편기계 모듈과 부품 점검 항목에 대한 고장 발생도는 고장 발생 건수, 심각도는 고장 단계와 수리 시간으로 계산했고, 그리고 감지도는 위험을 감지할 수 있는 용이성에 따라 1~10점 척도로 변환하는데 원인이나 인식이 쉬운 에러나 완전 파손으로 기능 정지의 경우는 (2~3점), 소음 및 작동불량 그리고 부분 파손의 경우는 (3~5점), 정상 작동이 이루어지지 않으나 비교적 감지가 늦어질 수 있는 잔 고장의 경우는 (5~6점), 그리고 점검을 통해서만이 발견할 수 있는 고장의 경우는 (7점)으로 정하여 적용하였다.

System: OVIS Machine Name: \_\_\_\_\_ FMEA Number: 000  
 Model: Toshiba 2002 Design: 000  
 Prepared By: \_\_\_\_\_ Responsibility: 000  
 Core Team: \_\_\_\_\_ FMEA Date: 2008.06.25

Sub System	Function & Performance Requirement	Potential Failure Mode	Failure Effect	Severity	Potential Cause	Occurrence	Detection	RPN	Actions Taken
001	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
002	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
003	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
004	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
005	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
006	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
007	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
008	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
009	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
010	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
011	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
012	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
013	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
014	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
015	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
016	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
017	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
018	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
019	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
020	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
021	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
022	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
023	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
024	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
025	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
026	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
027	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
028	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
029	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
030	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
031	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
032	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
033	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
034	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
035	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
036	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
037	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
038	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
039	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
040	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
041	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
042	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
043	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
044	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
045	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
046	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
047	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
048	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
049	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
050	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
051	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
052	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
053	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
054	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
055	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
056	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
057	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
058	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
059	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
060	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
061	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
062	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
063	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
064	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
065	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
066	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
067	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
068	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
069	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
070	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
071	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
072	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
073	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
074	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
075	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
076	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
077	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
078	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
079	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정
080	우편물 투입 가능	우편물 투입 불량	우편물 투입 지연	6	우편물 투입 불량	6	100%	144	점검 주기 조정

[그림 9] 현행 우편기계 유지보수 필드의 FMEA 적용 예

따라서 그림 9에서 보인 것 처럼 RPN 값이 큰 우편기계 점검 항목은 점검 주기를 짧게하여 우편기계 고장을 사전에 예방할 수 있도록 하고 RPN 값이 낮은 점검 항목은 점검주기를 길게 하므로 불필요한 점검을 하지 않으므로 우편기계 유지보수 효율성을 높이는 동시에 우편기계 가동율을 높일 수 있게 한다.

또 그림 10은 우편기계 유지보수에 대해 FMEA 평가 항목을 적용한 후 현 5가지 우편기계 고장단계와 RPN 및 심각도, 검출도, 그리고 발생도간의 회귀 분석 결과 값이다. 그림 10에서 보는 바와 같이 현행 우편기계 유지보수 체계에서 정의한 고장단계는 FMEA 평가 항목인 심각도와는 어느 정도 관련 있으나 RPN에 대해서는 상관 관계가 없음을 보이므로 향후 우편기계 고장단계와 고장모드가 FMEA 기반하에 재 정의가 필요하다. 또 우편기계 모듈 및 부품에 대한 각 고장모드의 RPN 계산값과 기대치와의 차이를 해소하기 위해서는 우편기계 유지보수 요원과 우편기계 제조업체 의견을 통한 보완된 RPN 기준 범위 설정이 필요하다.

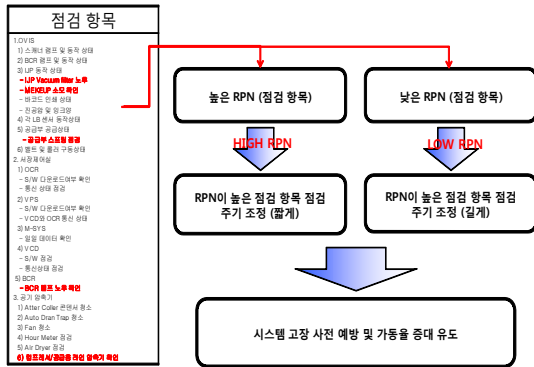
종속변수	독립변수	Significance Level(Pr<F)	Expectation(R <sup>2</sup> )
심각도	고장단계	< .0001	0.2311
발생도	고장단계	0.2793	0.0169
검출도	고장단계	0.7018	0.0021
RPN	고장단계	0.0183	0.0781

[그림 10] 현행 우편기계 고장단계와 FMEA 상관 관계



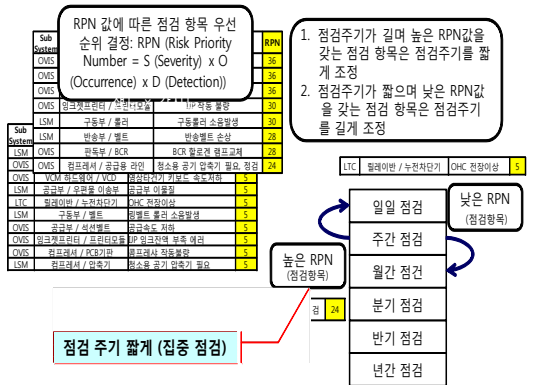
### 3.3 FMEA 기반 점검항목 및 점검주기 조정

그림 11은 본 연구에서 제안한 MFEA 기반 우편기계 유지보수 방법으로 RPN 값을 기준으로 우편기계 유지보수 점검 항목 설정 및 점검 주기 조정을 가능하도록 하는 것이다. 즉, 우편기계 모듈 혹은 부품 명세 테이블과 FMEA 테이블을 통해 수행하는 FMEA 기반 우편기계 유지보수는 우편기계의 잠재적 고장 요인과 영향을 분석하여 우편기계 사용 중에 존재할 수 있는 잠재적 고장 모드를 판정하여 고장 모드별 고장 요인에 대해 사전 점검하고 대처할 수 있도록하여 궁극적으로 우편기계 유지보수 효율성을 높이고 동시에 우편기계 고장율을 줄이며 가동율을 높일 수 있도록 하는 것이다.



[그림 11] FMEA 기반 우편기계 점검주기 및 점검 항목 조정 방안

그림 12는 본 연구에서 제안한 FMEA 기반 우편기계 유지보수 방법을 적용해 우편기계 점검항목에 대해 RPN 값을 계산하여 기준 RPN 값에 따라 우편기계 모듈 및 부품에 대한 점검 주기를 조정할 예를 보인 것이다.



[그림 12] RPN값에 기초한 우편기계 점검주기 및 점검 항목 조정 예

그림에서 보는 바와 같이 OVIS 부품 점검 항목의 RPN 값이 기준값보다 높은 경우 주간 점검에서 일일 점검 항목으로 점검 주기를 조정했고, RPN 값이 기준값보다 낮은 경우는 주간 점검에서 월간 점검으로 점검 주기를 바꾸었다. 이렇게 하므로 우편기계 유지보수 효율성 증대뿐 아니라 잠재적 고장이 높은 부분에 대해 고장을 사전에 예방하므로 우편기계 가동율을 높일 수 있게 된다.

## 4. 결론

본 논문에서는 FMEA 기반 우편기계 유지보수 방안을 기술하였다. 제안한 방법은 우편기계 시스템이나 부품에 대한 고장 유형을 정하고, 고장 유형별 심각도, 빈번도, 검출도 등을 정의하여 이를 통해 고장 유형에 대한 위험도를 계산하여 부품이나 시스템에 대한 점검항목 및 점검주기 조정하여 우편기계 고장을 사전에 예방하므로 우편기계 가동율을 높이고 고장율을 줄일 수 있도록 하는 것이다. 이는 향후 국내 우편집중국에 설치 및 운영중인 우편기계 장비 유지보수에 실제 도입 및 적용하므로 우편기계 유지보수 효율성 증대와 더불어 우편기계 고장의 사전 예방을 통해 우편기계 가동율 증대를 기대할 수 있을 것이다. 다만 FMEA 기반 우편기계 유지보수 수행 체계를 도입 및 정착하기 위해선 현행 5가지 고장단계와 7가지 고장원인을 우편기계 모듈 및 부품에 대한 고장 내용과 영향 및 심각도에 따라 보다 세분화할 필요가 있다.

## 참고문헌

- [1] 우편통계자료, "PSM Operation and Maintenance Data [2005.1-2007.12]", 우정사업본부, 12월, 2008.
- [2] 우편통계자료, "OVIS/LSM Operation and Maintenance Data [2005.1- 2007.12]", 우정사업본부, 12월, 2008.
- [3] 우편통계자료, "Registered Mail Sorting Machine Operation and Maintenance Data [2006.8-2007.12]", 우정사업본부, 12월, 2008.
- [4] 홍정완 외, "이기종 구분기의 분산체계 운영 하에서 효율적인 유지보수 체계 분석" 한성대학교, 11월, 2008.
- [5] 박정현 외, "우편기계 유지보수 실태 및 개선 방향", ETRI, 12월, 2008.
- [6] BS EN 50126, "Railway Applications - The Specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability, and Safety (RAMS)",

British Standard, 1999.

- [7] MIL-STD-1629A, "Procedures for performing a Failure Mode, Effects, Criticality Analysis", USA, 2000.
- [8] William A. Nelson, "Designing an Effective Maintenance Organization", ICPA 2006 Proceeding, USPS, 2006.

---

**박 정 현**(Jeong-Hyun Park)

[정회원]



- 1982년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원, 책임연구원

<관심분야>

우편주소, 우편 RFID, 우편물류 기술, 감리 및 거버넌스