

FPD 반송 System 고장 진단 알고리즘 개발

강창우, 김상우
포항공과대학교 전자전기공학과

Developing a fault diagnosis algorithm on FPD substrate transfer system

Chang Woo Kang, Sang Woo Kim
Pohang University of Sciengce and Technology

Abstract - FPD(Flat Panel Display) 반송 장치의 특성상 주기적인 Maintenance 가 어려우며 단 하나의 Unit 의 고장 발생으로도 치명적인 Loss를 유발함으로 사후 대응이 아닌 사전진단을 통한 예방 모듈을 개발하고자함.

1. 서 론

1. 설비관리의 배경

1.1 설비관리의 필요성

- 1) 생산 및 부대시설 부문
보수업무를 분사 실시한 이후 설비관리능력이 분산되고, 집중력 저하현상이 심화되어가고 있음.
- 2) 해외사업장의 설비인력 지원으로 중요설비에 대한 기본관리의 단점을 위해서 특별대책수립 필요.
- 3) 설비고장 시 공정에 치명적인 영향을 미치는 "A"급 설비를 중심으로 한 설비예방보전 및 자재관리체계 구축 필요.
- 4) 사전 설비고장을 방지하는 예지보전 체계를 구축·확대함으로써 설비의 신뢰성과 안전성을 극대화 요함.

1.2 대책

- 1) 예지보전관리 시스템 확대
 - ① 설비이상 진단시스템 확대적용을 통하여 단순점검 보다는 설비문제점 분석과 대응력 향상에 중점을 두는 전문설비관리시스템으로 구축.
 - ② 설비고장이력 분석을 Web Base의 검색엔진을 사용하여 과거고장사례를 유형별로 파악함으로써 근원적인 설비개선 방향을 선도
 - ③ 고장에지 통보된 설비의 최종상태를 진단·조치 결정할 수 있는 전문 설비 상태평가 인력을 양성, 실제적인 공정 Expert 시스템으로 발전유도.
- 2) "A"급 현장설비 점검 관리 강화
 - ① 설비 중요도별 등급 평가기준에 의거 상위 등급설비 집중 관리
 - ② 설비 TPM 활동을 중심으로 지속 추진
 - 우발 D/T 감소 T/F 활동:
 - 예방보전차원의 잠재 문제 발굴
 - 사전조치 활동

TPM이란 Total Productive Maintenance 의 머리글자로 종합적 생산 보전을 의미한다. TPM의 목적은 인간과 설비의 체질을 변화 시켜서 기업의 체질을 개선하려는 것이라고 말할 수 있다. 생산현장에서 설비의 효율화를 저해하는 커다란 요인으로서 설비고장의 발생, 작업방법, 조정시간, 설비속도의 저하, 일시정지의 발생, 불량품의 발생, 초기손실 등이 있다. 이것을 6대 손실이라 하며 이들을 어떻게 감소시키는가 하는 것이 설비 효율을 높이기 위한 최대의 요점이다. 그 중 설비 보전의 성과는 고장이 나지 않도록 하는 신뢰성과 고장이 나도 즉시 수리하는 보전성의 곱으로 표시된다. 고장을 중점적으로 관리하는 경우의 지표로서 신뢰성을 나타내는 MTBF와 보전성을 나타내는 MTTR이 많이 이용되고 있다

① MTBF(평균고장간격, Mean Time Between Failures)

신뢰성을 나타내는 지표이며 한 번 고장에서 다음 번의 고장까지의 가동시간의 평균치이다. 고장도수율과 함께 이용된다.

$$MTBF = \frac{\text{가동시간의 합계}}{\text{정지횟수}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{n}$$

$$\text{고장도수율} = \frac{\text{정지횟수}}{\text{부하시간}} \times 100$$

② MTTR(평균수리시간, Mean Time To Repair)

보전성을 나타내는 지표이며, 수리를 위한 정지시간의 평균치이다. 고장강도와 함께 이용된다.

$$MTTR = \frac{\text{정지시간의 합계}}{\text{정지횟수}} = \frac{t_a + t_b + t_c + t_d}{n}$$

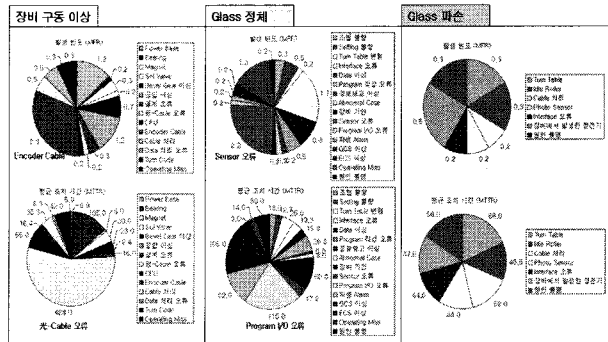
$$\text{고장강도율} = \frac{\text{정지시간의 합계}}{\text{부하시간}} \times 100$$

LGD 반송 system의 BM List ('07. 07 ~ 12)를, MFR(Mean Failure Ratio), MTTR 기준으로 분류하고, 생산 피해 정도 및 설계자 가중치를 추가하여 가장 Critical 한 BM 요소를 분석한다.

◆대일라인 BM 분석

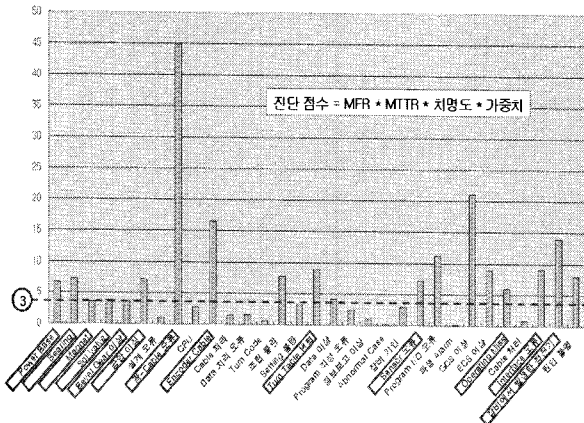
부 명	부 명	부 명	평균 고장 시간(MTTR)						평균 고장 횟수(MFR)						생산 피해 정도	설계자 가중치		
			가	나	다	라	마	바	가	나	다	라	마	바				
Glass 제조	CC-Line Card	1	1	0.2	0.0	1	400											
	Frame	1																
	Encoder Cable	12	2	3	17	2.0	16.0	3	121	24	196							
	Encoder Cable	12	2	3	2	0.5	0.7	1	32	64	96							
	Program Mirror	1	1	3	0.5	2.7	1	25										
	Operating Mirr	1	1	2	0.0	1.0	1	49	23									
	Frame Cable	1	1	2	0.0	1.0	1	49	23									
	Operating Mirr	1	1	2	0.0	1.0	1	49	23									
	Frame Cable	1	1	2	0.0	1.0	1	49	23									
	Operating Mirr	1	1	2	0.0	1.0	1	49	23									
Sensor 부품	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
	Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7
Frame Sensor	4	1	2	1	1.0	1.7	0.0	0.7	0.2	0.4	6	12	18	18.0	0.4	1	0.7	

<표1> BM List 분석



<표2> BM 요소 분석

분석한 BM List를 원인별로 분류하여 <표2>의 3가지 경우 나누었다.



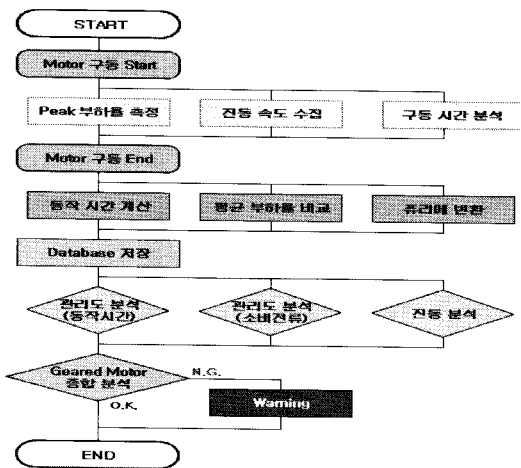
<표3> BM 요소 진단

Alarm List를 유형별로 분류하여, 발생 빈도별(MFR), 조치 시간별(MTTR)에 따른 각 요소들의 정도를 비교 정리 한다. MFR, MTTR, 치명도, 설계자 가중치를 활용하여, 진단 점수 목록을 만들어, 생산 System에 큰 영향을 미치는 요소를 선별한 12개 항목 중 구동과 관련된 항목에 대해 진단을 실시한다.

2. 본 론

2.1 진단 Algorithm

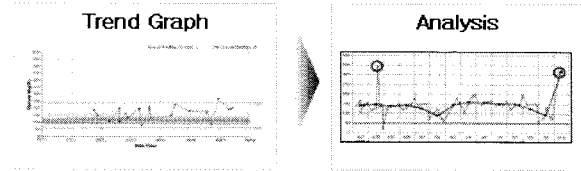
FPD 반송 System은 주로 구동Motor에 기계적인 결합요소와의 복합적인 체결로 이루어져 있다. 주 체결요소에는 Ball Baring, Shaft, Geared Motor, Magnet Roller, Free Roller 등으로 이루어져 있고 여기에 전기적인 요소인 Inverter의 결합으로 Substrate를 반송 또는 이송하고 있다. 보통 24 Hr full 가동하는 생산라인에서 Error 소소를 찾기가 쉽지 않으며 실제 Error 발생하여 Maintenance 하는데 소요되는 시간은 생산의 Loss를 가져오게 되므로 사전에 구동 Unit의 결함을 찾기 위해서는 한 가지 방법이 아닌 복합적인 방법으로 앞으로 앞으로 발생할지 모르는 고장진단에 대한 확률을 높이기 위하여 본 실험을 실시하였다. 다음의 세 가지 방법에 의한 진단을 실시함으로써 진단오류에 대한 오차를 줄이고 사전진단에 대한 신뢰성을 확보하기 위함이다. 최종 Database 에 저장된 Data와 현재의 Data를 비교 분석하여 판단하는 것은 6D 기법 중 관리도 분석을 이용하였다 진단에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 다음의 Algorithm 을 적용 하였다.



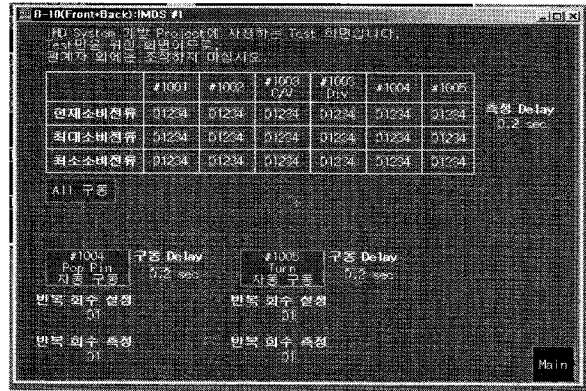
<그림 1> 진단 분석 Algorithm

2.2 Peak 부하율 분석

Motor 구동 중의 Peak 부하율을 수집/저장하여, 안정 상태의 Peak 부하율과 비교/분석하여 경보 여부를 판단 한다.



<그림1> 부하율 분석 Graph



<그림2> 소비 전력 분석 화면

소비 전력량 계산

$$P = V \times \frac{1}{n} \int_0^n i(t) dt \quad (Ws)$$

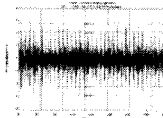
$$P = V \times \sum_{i=1}^n I_i \times \frac{1}{n} \quad (Ws)$$

Motor 구동 중의 소비전력량도 수집/저장하여, 안정 상태의 소비전력량과 비교/분석하여 경보 여부를 판단 한다.

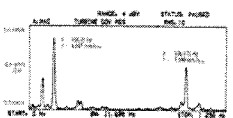
2.3 진동 분석

Actuator 구동 중에 수집된 진동 Data(속도 Data)를 푸리에 변환을 이용하여 주파수 Data로 변환한 후, 각 주파수 대역별 Peak 값을 기준으로, 요소 별 경보 여부를 판단 함.

진동 속도 측정



Frequency Graph

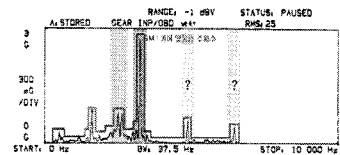
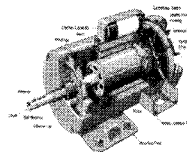


Fourier transform

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

<그림3> 진동,주파수 변환



D Motor 안정 상태에서의 주파수 Data를 바탕으로, 주파수 대역 별, 허용 진동 값(mm/s) 범위를 설정 함.(Band Pass)

<그림4> Band Pass Filter

안정 상태에서의 주파수 분석을 기준으로, 해당 범위를 벗어남을 Check 함.(Band Pass Filter)

변위를 미분하면 속도가 되고, 속도를 미분하면 가속도가 되며 역으로 가속도를 적분하면 속도가 되고 속도를 적분하면 변위가 되기 때문에 진동 값의 변환은 가능하다. 단 변환 시 sin은 미분하면 cos이 되고 cos은 미분 하면 -sin 이 되기 때문에 90도씩 위상차이가 발생된다. 미분하면

$$\frac{d}{dt} A \sin(\phi + \omega t) = A \omega \cos(\phi + \omega t)$$

가 되고 이때

$$\omega = 2\pi f$$

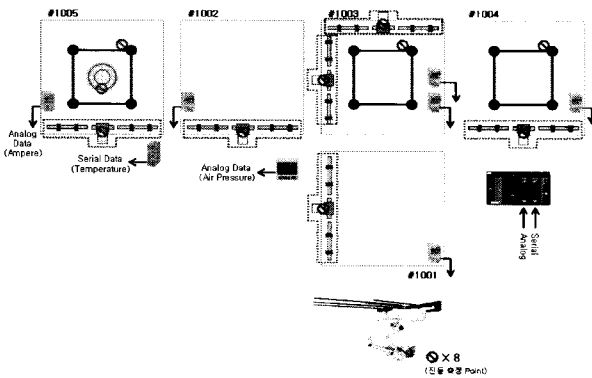
이므로 다음과 같이 변환이 가능하다.

$$V = 2\pi f \cdot A$$

$$G = 2\pi f \cdot V = (2\pi f)^2 \cdot A$$

다만 적분하였을 때는 부정적분에서 발생하는 상수 C 때문에 저주파 Noise가 포함되는 일이 발생하게 된다. 가속도 또는 속도를 변위로 변환 하였을 때 저주파(5Hz 미만)의 저주파가 나타나게 된다

$$\int A \cos(\phi + \omega t) = \frac{1}{\omega} A \sin(\phi + \omega t) + C$$



<그림5. 진동 측정 Point >

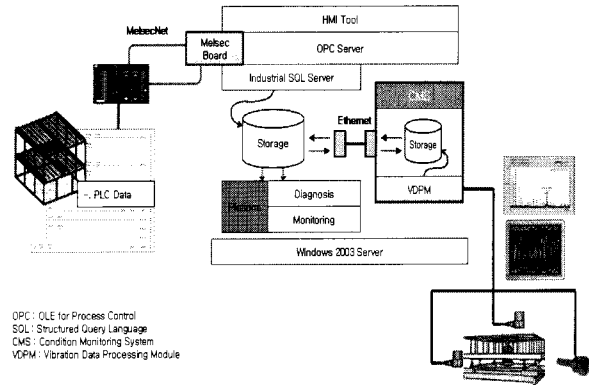
2.4 구동 시간 분석

각 Unit 별 세부 구동 시간을 측정/저장하여, 안정 상태의 구동 시간과 비교/분석하여 경보 여부를 판단 함.

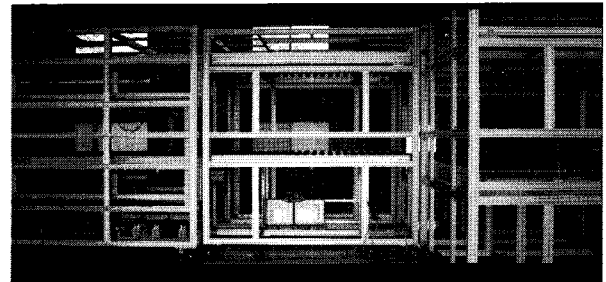
<그림 6> Program 적용

2.5 적용 Demo System

LG Diplay에 적용된 Glass 반송 system 의 Geared Motor를 기준으로 상기의 Algorithm 과 Test를 진행하였다. 진동 센서는 모터의 감속기에 달아서 측정을 하였으며 모터의 전류치는 인버터에서의 출력 0~5V Level 의 전압을 증폭을 하여 사용하였으며 AD Converter는 전류 및 진동 Data 입력을 변환하여 비교 분석하기 위해 사용하였으며 구동시간 분석은 단위 Conveyor 에서 평균 이동시간을 계산 하여 비교 분석 하였다.



<그림 6> Software Configuration



<그림 7> 적용 Demo System

3. 결 론

상기의 방법을 통하여 반송 장비의 진단에 필요한 정확도를 높일 수 있고 기존의 전기적인 Signal 에만 의존하던 방식과는 달리 복합적인 요소들의 합으로 진단을 시행함으로써 좀 더 신뢰성을 높일 수가 있었다. FPD 반송장비는 이전에 사전 진단을 해본 경험이 없고 실제 생산 라인에 적용하기가 어려운 점이 있어 Demo Line을 구성하여 유사한 환경에서 상기의 Test를 진행하였으며 향후 Data Base를 활용하여 비교 할 수 있는 기준 Data를 확보해 나간다면 FPD 반송장비뿐만 아니라 다른 유사한 System 에도 적용 할 수 있을 것이라고 보여 진다.

[참고 문헌]

- [1] LG Electronics "The 3rd Generation of Six Sigma Learning from inner experience"
- [2] 사중성 "소음진동" 청문각
- [3] 이선순 "유도전동기의 결함에 관한연구"
- [4] Suri Sathya Prashant "Computer Aided Online Fault Diagnosis of Induction Motors"