

# M2M 디바이스의 블랙박스 응용

김한규 ((주)신명정보통신), 장주수 ((주)모아소프트웨어)

## I. 서론

M2M(Machine to Machine) Device는 이 기종의 기기들과의 연결을 위하여 다양한 인터페이스 및 프로그래머블 기능을 제공하는 임베디드 디바이스이다. M2M Device는 오래 전부터 컴퓨터 기술과 정보시스템의 발전에 따라 비슷한 기술 수준으로 발전하여 왔다. 초기 이 기종 간의 게이트웨이 및 기능이 떨어지는 하드웨어를 바탕으로 유연하지 못한 프로그래머블 기능을 제공하였으나 최근 컴퓨터와 정보시스템 하드웨어 기술의 급속한 발전으로 웬만한 고성능 컴퓨터 기술이 다양한 산업분야에 IT 융합이라는 이름으로 접목되기 시작하면서 기계설비 분야에서도 공작기계 및 PLC, 각종 설비에 제어와 모니터링을 위하여 고성능 컴퓨터 기술이 적용되고 있다.

M2M Device는 이번 산업원천 기술과제의 자율적응생산 통합 운용 기술 개발 통합과제의 세부과제인 유무선 센서 네트워크 및 모니터링 기술 중 센서노드의 데이터를 취합하고 미들웨어와 연결시키는 하드웨어 장비로서 연구개발 되고 있다. 이번 연구과제에서 M2M Device는 S3C6410 667MHz의 고성능 CPU와 Embedded Linux Platform 장착하여 스마트폰 수준의 저 전력 멀티프로세싱 기능을 제공한다.

이러한 고성능 하드웨어 및 소프트웨어 기능이 집적된 M2M Device는 본연의 기능을 뛰어넘은 다양한 응용분야에 적용 할 수 있다.

Black Box는 비행기의 운항기록 장치로서 하이테크 기술의 집합체로 쉽게 만들 수 없는 기술이었다. 하지만 그러한 개념은 다양한 방식으로 다양한 분야에 전파 되어 지고 있으며 최근에 특히 자동차의 차량 운행 기록 장치로서 각국에서 국가규격이 만들어지며 장착이 의무화 되어 지고 있는 경향이다. 우리나라도 2007년도에 KS 규격이 제정되어 많은 차

량에 보급되고 있는 실정이다.

본 논문은 현재 M2M Device의 고성능 기능이 기계설비 분야에서 고가의 기계 설비의 운영 기록 장치로서 다양한 기능을 제공 할 수 있다는 생각에서 시작되었다. 고가 기계 설비의 운행 기록 과 분석 및 이력, 그리고 고장정보, 소요부품의 예상 및 다양한 분야에 어떻게 적용되어 질 수 있는지에 관하여 논하여 보도록 한다.

## II. Back Box Application의 예

항공기의 블랙박스는 항공기의 비행 상태를 나타내는 데 필요한 고도, 대기속도, 기수 방위, 수직 가속도, 시간 등이 기록 된다. 또한 기체의 자세, 조종 날개의 움직임, 각 엔진의 출력상황 등 20종류의 수많은 센서로부터 발생된 데이터 등도 수집된다. 블랙박스는 음성녹음장치(CVR)와 비행자료 기록장치(Flight Data Recorder)로 나눈다. 음성녹음장치는 조종실에서 발생하는 모든 소리를 저장한다. 가령 기장, 부기장, 항법사 등 4개의 채널을 통해 각각의 소리가 기록되며 전원이 들어가면 자동으로 음성이 기록된다. 비행자료 기록장치(FDR)는 비행기 내 각종 기계의 상태를 기록함으로써 사고가 발생한 시점에 비행기의 종합적 상황을 알려주는 장치이다.

2007년 산업 자원부 기술 표준원([www.kats.go.kr](http://www.kats.go.kr)) 이 차량용 블랙박스의 국가 규격을 재정하여 고시 하였으며 이에 따라 장착이 빠르게 보급되고 있는 차량용 블랙박스의 경우 다음과 같은 규격 들이 정하여져 있다.

### 필수항목

- 자동차 운동정보



자동차 운동정보에는 자동차의 속도변화(km/h), 저장시간 (10ms이내 주기)등이 있고

• 자동차 작동정보

자동차의 작동 정보에는 브레이크 on/off 저장시간, 안전 벨트 착용 미착용 상태, 차량 속도 등을 기록 저장한다.

뿐만 아니라 최근에는 HD 급 고화질 영상정보카메라가 전 후방에 장착되어 교통사고의 원인을 정확히 파악하여 피해자와 가해자를 판별할 수 있고 차량 외부의 네트워크와 연동하여 교통사고 발생 시 경찰 및 119 구조센터에 자동 통보하는 기능도 추가 되고 있다.

차량용 블랙박스의 경우 저렴한 비용으로 사고 시점의 순간을 고화질의 실시간 동영상으로 기록함으로써 교통사고의 시시비비를 정확하게 판별해 낼 수 있는 기능은 가치 획기적인 기능이다. 이는 컴퓨터 하드웨어 기술의 발전과 구현비용이 낮아짐으로서 가능하게 된 결과이다.

자동차의 블랙박스는 적용은 여러 IT융합 분야에 시사하는 바가 크다. 현재 상용화 되어 있는 임베디드 기술은 여러 분야에 저렴한 비용으로 이러한 기능들을 융합하여 최대의 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다.

공장 기계를 비롯하여 PLC로 제어되는 각종 설비의 가격은 상당히 고가이다. 물론 이러한 설비 자체로 알람기능을 비롯한 여러 가지 기록을 저장 할 수 있는 자체 기능을 가지고 있는 기계설비도 많이 있다. 그러나 이러한 기계 설비 설계자 및 개발자의 관점에서 준비된 기능들은 기계설비 관리자나 IT 관리자의 입장에서 잘 사용되어지기가 어려워 유지보수 시 많은 비용과 시간의 소비를 초래한다. IT융합이라는 관점에서 기계설비 관리자의 입장을 보다 잘 반영한 다양한 기능들은 저렴한 비용으로 이러한 문제를 보다 효율적으로 극복 할 수 있다고 사료되며 이러한 IT융합 기술은 기계설비 분야에도 적용이 가능하다고 사료 된다.

### Ⅲ. 기계설비 분야의 IT융합 응용

현재 국내의 대규모의 기계 설비를 운영하고 있는 장치산업, 설비산업, 방위산업, 철도산업 등은 초기 투자비와는 별도로 대규모의 유지보수 비용이 발생하고 있으며, 이 비용들은 평균적으로 초기 투자비의 5 ~ 8.5배에 달하는 것으로 분석되고 있다. 이러한 국내 기계설비 주력산업은 원재료와 각종 서비스를 생산하는 것이 특징이며 여기서 발생하는 유지보수비용 구조는 제조업은 물론이고 서비스 분야의 생산

원가에도 막대한 영향을 준다. 기계설비 분야에서 IT융합의 한 응용으로 블랙박스를 어떻게 적용 할 수 있을지 알아보기로 한다.

#### 1. 기계 설비 운행 기록의 저장

M2M device는 고성능 CPU와 128Mb의 flash memory와 128Mb의 DRAM을 기본으로 장착하고 있다. 또한 압축률이 좋은 Memory Management System으로 예전의 장비보다 다량의 다양한 정보를 저장 할 수 있다.

우선 기계나 설비에 부착 할 수 있는 센서를 통하여 온도, 습도, 진동 등 센서데이터와, 가동, 비 가동 시간을 비롯하여 가공시작시간, 가공종료예상시간, 작업내용, 작업진행 위치 등의 정보를 공정별로 수집 할 수 있으며 이러한 정보들을 상위 시스템에 전달하여 태그화 할 수 있다. 또한 100MB 속도의 표준 유무선 Ethernet을 지원하므로 기계설비의 셀 콘트롤러와 연결하여 필요한 기계의 상태 및 동작정보를 시간별로 수집 할 수 있고 이러한 정보를 토대로 동작기계 및 기계설비 자체에서 할 수 없는 이력 정보의 체계적인 통합화로 향후 트렌드의 분석이 가능하여 관련 엔지니어에게 필요한 시기에 필요한 정보를 SMS, Smart Phone등에 제공 할 수 있다.

#### 2. 알람 정보 및 고장 정보의 저장 및 분석

모든 장비는 고장이 발생하며 고장 발생의 이력정보는 향후 고장 예상과 신뢰성의 향상에 중요한 정보가 된다. 현재까지의 기계 장치 산업에서의 기계 설비 등의 운용, 유지보수 과정은 정보의 수집과 분석이 이원화 되어 있어 의사결정에 부정적인 영향을 미쳐왔다. 즉 수집된 정보의 분석을 위한 자료의 가공 및 편집에 상당한 시간이 소요되어 의사결정에 직접적으로 반영되는 경우가 드물다는 것입니다.

정보 수집체계는 수작업 또는 불연속적이고 비 균질적 자료를 산출하는 경우가 대부분이고 이 경우 자료의 가공과 분석이 무의미 하게 될 수 있으며 고가 기계 장치의 운용유지에 잠재적인 비용을 과다하게 발생시켜 기초 원재료의 가격 및 서비스의 가격 상승요인으로 작용하며 장치 운용유지의 비효율성을 초래하는 근본원인이기도 하다.

#### 3. 신뢰성 예측

고가 기계설비등의 신뢰도는 진동, 온도, 습도 등의 정보만으로도 복합 피로도를 측정 할 수 있다. M2M device는 센

서 노드를 통하여 필요한 센서정보를 실시간으로 수집하여 피로도를 계산 할 수 있으며 이러한 복합피로도의 측정가능은 정비주기와 신뢰성정도를 실시간으로 분석 할 수 있는 임베디드 소프트웨어 알고리즘에 의하여 실시간 고장 분석 및 예측으로 고가 기계 설비의 정비주기체계의 개선과 예상 정비 부품의 소요량을 최적화하여 기계설비의 신뢰도를 향상시키고 비용을 크게 절감 할 수 있다.

#### 4. 기계설비의 수리 매뉴얼 및 조치이력 제공

고가 장비의 고장 발생 시 신속한 정비와 항 후 신뢰성 확보를 위하여 이전의 조치이력과 관련 장비의 정확한 매뉴얼, 소프트웨어의 버전 및 수정내용, 관련된 인력의 연락처 등 다양한 정보가 필요하다. 이러한 정보는 정비 엔지니어의 도착 후 조치 시작 시에 자동으로 각종 정보가 입력되도록 하고 필요한 정보를 꺼내어 볼 수 있는 시스템으로 구성되어 있을 때 효율적인 정비 시스템을 구축 할 수 있다.

M2M Device는 엔지니어들의 수고를 덜어주고 시간 낭비를 줄이기 위하여 그 설비에 맞는 정비 매뉴얼과 관련 정보를 저장하여 도착한 엔지니어에게 제공하여 줄 수 있으며 이전의 정비 이력과 정비 관련자의 조치 내용, 경향 등을 제공하여 준다. M2M Device는 고장 발생 시 필요한 정보 부품의 Part Number, Serial Number, Software의 Configuration 정보, 수리방법의 교본 등을 제공하여 정비 엔지니어가 신속한 조치를 취 할 수 있도록 다양한 정보를 제공한다.

### IV. 복합 피로도의 산출

#### 1. 센서인터페이스를 통한 피로 데이터 생성 및 분석

##### 가. 진동센서 모델링

진동센서 모델링 3-축(x,y,z) 진동을 기준으로  $v = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  값을 센서로부터 취하여, 30초 간격으로 진동신호 데이터를 받는다. 이 값을 기준으로 피로-사이클을 v 값의 peak 수를 기준으로 <그림 1>과 같이 계산한다.

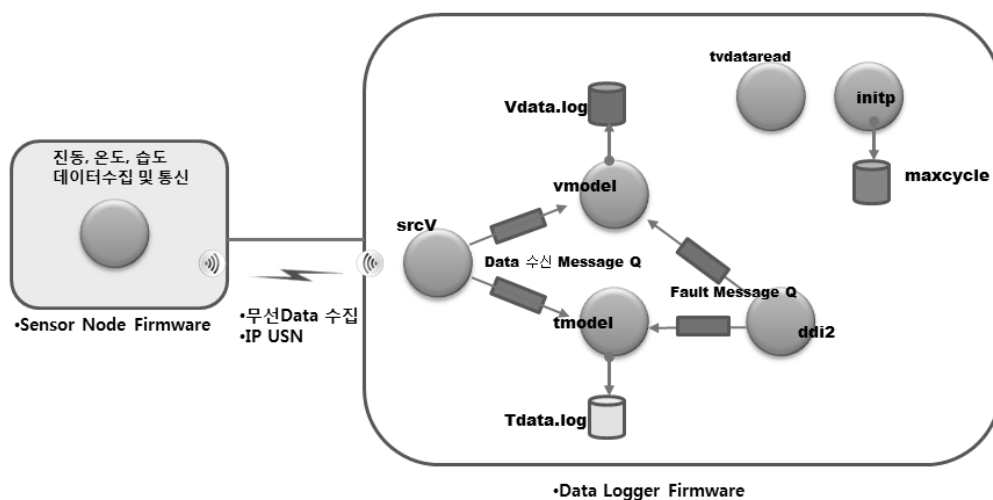
여기서, 누적 진동 사이클의 최대 크기를 M이라하면, 누적된 사이클의 수에 따른 누적 고장 확률은 다음과 같은 Weibull 분포를 통해 설명이 가능하다.

$$f(n_v) = \frac{\beta}{M} \left(\frac{n_v}{M}\right)^{\beta-1}, \quad 0 \leq n_v \leq M.$$

단,  $n_v$  는 사이클의 수이며, 최대 사이클 M은 고장 시점별로 측정했을 때의 최대의 값이다. 만약 새로운 고장에서의 사이클이 M보다 큰 경우 새로운 값으로 대체 한다. 따라서 누적 사이클에 대한 고장확률은 다음과 같다.

$$F(n_v) = \int_0^{n_v} f(\tau) d\tau = \left(\frac{n_v}{M}\right)^\beta.$$

Embedded Application 구성도



<그림 1> 임베디드 시스템 구성도



### 나. 온도센서 모델링

온도센서 모델링 방법은 진동과 유사하며 온도 피로 사이클의 계산은 진동 대신 온도의 변화를 기준으로 계산하는 것만 다르다. 진동과 마찬가지로, 온도 사이클의 수를  $n_T$ 라 하면, 이 때의 고장 확률은 다음과 같은 대수정규분포(Log-Normal Distributed)를 따른다는 것이 알려져 있다.

$$f(n_T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma n_T} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln n_T - \mu}{\sigma}\right)^2\right]$$

따라서 누적 사이클에 대한 고장확률은 다음과 같다.

$$F(n_T) = \int_0^{n_T} f(\tau) d\tau = \Phi\left(\frac{\ln n_T - \mu}{\sigma}\right),$$

단, 여기서  $\Phi(\cdot)$ 는 표준정규분포를 의미한다.

### 다. 습도(온도와 Mix)센서 모델링

습도는 시간의 변화 대해 상당히 느리게 변화하므로 사이클이 있을 수 없다. 따라서 온도 스트레스 사이클과 혼합하여 습도 부분을 설명해야 하며, 이것은 Peck's relationship 모델로 알려져 있다.

온도-습도에 따른 (고장의) 반응속도를 다음과 같이 정의하면,

$$\tau = A(RH)^{-n} \exp[E/(kT)]$$

단, E는 activation 에너지로 Telcordia Issue 기준치이며, n은 실험을 통해 얻어진 경험적인 값이다.

위 관계를 이용하면, 고장 시점별 속도의 비를 산출할 수 있고, 그 때의 상대습도(RH)와 온도(T)를 이용하여, 다음 고장까지의 평균 시간을 추정할 수 있다.

## V. Embedded Application의 구현

복합피로도의 구현은 M2M device의 software platform인 Embedded Linux 상에서 구현되어 질수 있다 최근 고성능 하드웨어의 출시로 그 성능이 향상되어 거의 실시간 Application을 구현 할 수 있으며 센서 노드로부터 수집된 진동 온도 습도의 Raw Sensor Data을 수집하여 사이클화 하고 고장 발생 시 마다 그 시점의 시간과 max cycle, 온도 습도 진동 sensor Data의 누적된 트랜드를 분석하여 복합피로도

를 산출해 낸다.

#### • 센서 Data의 예

Sensor Data

7A + 진동(2)+ 온도(2)+습도(2)+ CS (1)+ 7B

7A 01 00 1A 02 23 00 40 7B

7A 01 00 1A 02 22 00 3F 7B

7A 01 00 1A 02 22 00 3F 7B

7A 01 09 1A 02 22 00 48 7B

7A 0D 05 1A 01 26 00 53 7B

7A 09 05 1A FF 27 00 4E 7B

7A 0D 03 19 00 29 00 52 7B

7A 01 00 19 00 2A 00 44 7B

7A 01 00 19 00 29 00 43 7B

7A 01 00 19 01 26 00 41 7B

#### • 진동 및 온도의 Cycle 생성내용

time 3, hour 4, \*\*\* vib cycle= 31 v2=17 v3=14

time 3, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 30 t2=30, t3=20

time 4, hour 4, \*\*\* vib cycle= 32 v2=17 v3=14

time 4, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 31 t2=30, t3=20

time 6, hour 4, \*\*\* vib cycle= 33 v2=17 v3=14

time 6, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 32 t2=30, t3=20

time 7, hour 4, \*\*\* vib cycle= 34 v2=17 v3=14

time 7, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 33 t2=30, t3=20

time 9, hour 4, \*\*\* vib cycle= 35 v2=17 v3=14

time 9, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 34 t2=30, t3=20

time 10, hour 4, \*\*\* vib cycle= 36 v2=17 v3=14

time 10, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 35 t2=30, t3=20

time 12, hour 4, \*\*\* vib cycle= 37 v2=17 v3=14

time 12, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 36 t2=30, t3=20

time 13, hour 4, \*\*\* vib cycle= 38 v2=17 v3=14

time 13, hour 4 \*\*\*tem/humid cycle= 37 t2=30, t3=20

time 15, hour 5, \*\*\* vib cycle= 39 v2=17 v3=14

#### • 실시간 복합 피로도 분석 결과

hour is 8, NF is 1, vib cycle for fault time is 72

In Vmodel datawrite

Hour 8, NF 1, NC 72, date 1262473010, vibdata 14,

maxcycle 1458

xn is 69,000000

NF is 7, S is 6.074219

maxcycle 1458, cycle 72

Beta is 1,152412  
F(x) is 0,031222

hour is 8, NF is 1, temp/humid cycle for fault time is 71  
t0 8, t1 1 t2 71, t3 1262473010 t4 20, t5 20

Tmodel In datawrite

Hour 8, NF 1, NC 71, date 1262473010, temp 20, humid  
20

log NC

Mean 84,857140 NF is 7

xn is 69,000000

Beta is 1,152412, Lambda is 0,053209

Nextfailure 8,476735

Nextcycle is 84

Probability is 1,000000

T1=1,000000, T2=2,000000, H1=1,000000,

H2=2,000000

Nextfailtimeforhumid = 96455

## VI. 결론

M2M Device는 Application 적용분야는 무수히 많다고 할 수 있으며 고가 장비, 기계설비의 원시 데이터를 수집하여 응용 하여 기계설비의 스마트 한 기능을 부여 할 수 있다.

기계설비의 스마트한 기능은 자기 인식 기능, 운행 정보이력의 기록, 고장발생 및 조치 정보 기록, 고장 예측 알고리즘의 실행으로 고장의 예측, 소요부품의 예측의 기본 정보제공, 유지보수를 위한 매뉴얼, 및 조치방법 제공 등 다양한 정보를 제공하여 독립적인 성격의 기계 설비에 인텔리전트한 기능을 부여하는 것을 의미한다.

M2M Device는 유무선 센서 및 기계설비 자체로부터 원시 데이터를 수집하여 기록하고 실시간으로 분석하여 조치를 취하는 기능을 갖고 있다 이러한 기능을 기계설비와 융합 시켜 기계설비의 본기능에 부가적인 가치를 부여한다.

## 참고문헌

- [1] 장주수, 김한규 철도공학회지 특집 편 센서를 통한 실시간 신뢰성평가기술, pp.14-16, 2011.01.
- [2] www.macsema.com



김 한 규

1984년 02월 성균관대학교 전기공학과 학사.  
1988년 12월 Wanye State Univ, Computer Eng 석사.  
1984년 01월~1985년 07월 LG전자 컴퓨터사업부.  
1989년 07월~1991년 04월 삼성전자 기흥 정보통신 연구소 특수연구실.  
1991년 04월~1994년 12월 ACS eng. 연구소.  
1995년 01월~현재 주)신명정보통신 대표이사.  
<관심분야> Embedded Software/Hardware, 센서노드



장 주 수

1994년 02월 CMU, Applied Mathematics.  
2004년 12월 단국대학교 경제학 박사.  
1998년 01월~2005년 미국 ASQ 한국 감독관.  
2002년 07월~현재 한국신뢰성학회 이사.