

발전설비장치에서 RFID 적용을 위한 인식성능 분석

홍진근^{1*}, 한군희¹
¹백석대학교 정보통신학부

Analysis of Awareness Performance for Applying RFID in Electric Power Equipment

Jin-Keun Hong^{1*} and Gun-Hee Han¹

¹Division of Information Communication, Baekseok University

요약 본 논문에서는 RFID 기반 하에 발전설비를 관리할 때, 상태정보를 효율적으로 관리하기 위한 방안으로 필요한 RFID 주파수 인식 성능을 분석하였다.

제안된 논문은 모니터링 서비스에서 발전설비의 고장 상태를 진단하기 위해서, 발전설비 및 주요 자재에 부착시, 인식 성능의 최적화를 목적으로 연구되었다. 본 논문의 결과는 발전설비에 RFID를 적용하는 환경에 유용할 것으로 사료된다.

Abstract In this paper, when the power equipment, which is based on RFID, is managed, it is reviewed the performance of RFID frequency recognition and its scheme is required to manage status information efficiently. The proposed paper is studied for optimization of recognition performance, when tags are attached the power equipment & major components, to diagnosis failure status of power equipment in monitoring service. The results of paper is valuable applying environment of power equipment.

Key Words : RFID, Power Equipment

1. 서론

세계적으로 RFID 도입에 따른 연구와 평가, 경제적 가치 측면을 고려한 연구, 분석, 사례가 발표되고 있으며, Shiou Fen Tzeng 등은[1] 건강을 주제로 5 가지의 사례를 제시하면서 RFID의 경제적인 가치를 평가한 바 있으며, Chien-Ho Ko는 RFID 기반의 빌딩 유지관리 시스템에 대한 연구를 수행한 바 있다[2]. Kuo-shien Huang 등은 바이크 임대 시스템에 RFID 적용 전략에 대한 발표하였다[3]. 현재 우리나라의 경제규모는 GDP 기준 세계13위, 에너지 소비량은 세계10위 수준이다. 에너지 수급 불안에 따른 자원의 고갈 문제가 대두되는 가운데 발전설비, 에너지 및 환경 산업에 대한 패러다임 설정에 대한 연구가 이슈화되고 있다[4-5].

기존 연구에서, 이병록은 발전설비의 신뢰도를 유지하기 위한 품질 비용 구조에 관한 연구가 수행한 바 있으며

[6], 김범신 등은 발전설비 이벤트관리를 위한 시스템 개발에 관한 연구한 바 있다[7]. 이봉근은 특수이익품에 RFID 추적관리를 적용한 바 있으며[8], 김용배 등은 커튼 월 관련 자재에 RFID 적용에 대한 연구를 발표한 바 있다[9]. RFID 기반으로 공정개선을 손미애 등에 의해 연구가 발표되었으며[10], 문성우 등은 콘크리트 타설 모니터링 시스템 구현으로 연구한 바 있다[11]. 이성철 등은 흑돼지 출하이력 관리에 RFID 기반으로 시스템을 설계하고 구현한 바 있으며[12], 강민수 등은 육송물류거점정보 시스템 구축에 대한 연구가 있었다[13].

장수완 등은 차세대 항만 물류를 위한 장치 독립형 RFID 미들웨어에 관한 설계를 수행한 바 있다[14]. 강구완 등은 실시간 제약을 고려한 RFID 기반 주차 경로 안내시스템에 대한 연구를 수행하였다[15]. 또한 김도윤 등은 매트랩을 이용하여 UHF RFID 시스템의 순방향 링크를 구현하고 RFID 200KHz 채널 대역폭에 적합한 순방

*교신저자 : 홍진근(jkhong@bu.ac.kr)

접수일 09년 08월 12일

수정일 09년 09월 13일

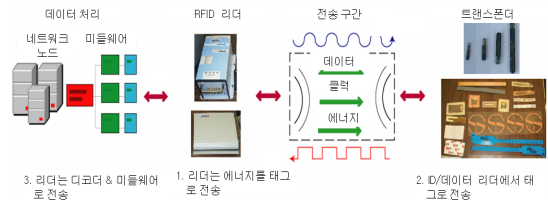
게재확정일 09년 09월 16일

향 디지털 필터 설계변수 및 송신신호 특성을 분석한 바 있다[16]. 박인정 등은 RFID를 이용한 생산 작업관리 시스템의 구현에 관한 연구를 수행한 바 있으며, 이 연구에서는 RFID Card를 이용, 생산계획 및 작업지시서 작업공정시간 등의 모든 데이터를 실시간으로 수집 및 집계하여 라인별 공정별 생산현황정보를 자동으로 분석 조회할 수 있는 솔루션 구축에 관한 것이었다. 이윤덕 등은 리더 간섭에 의한 RFID 시스템의 인식 거리 감소에 관한 연구를 수행한 바 있는데, 이 연구는 UHF 대역에서 RFID 시스템 설계시 일어나는 인식 거리 문제를 거리측면에서 분석한 내용에 관한 것이었다[17]. 이주동 등은 스마트 냉장고를 위한 RFID 기반 물품 정보 자동관리 시스템 구현에 관한 연구를 수행하였다[18].

본 논문에서는 RFID 기반의 비즈니스 모델에서 적용되는 RFID 리더와 태그간 전송되는 인식 특성을 분석하였다. 분석된 인식특성은 효율적인 RFID 기반의 모니터링 시스템 관리측면에서 효과적이다. 본 논문의 구성은 2장 RFID 시스템의 구성을 살펴보고, 3장에서 설계된 RFID 시스템의 인식성능 분석하였으며, 4장에서 결론을 맺었다.

2. RFID 시스템 구성

RFID 시스템은 기저대역부(Baseband), RFID 트랜시버로 구성되고, RFID 태그와 트랜스폰더는 전력 정류기와 충전펌프, 클럭 생성기, 메모리, 변조 및 복조기로 구성되며, 일반적으로 사용되는 RFID 시스템의 구성도를 그림1에서 나타내었다. 태그는 칩과 안테나로 구성되며 Gen2 기반 태그는 EPC(Electronic Product Code) 표준을 준수하고, 헤더(Hdr), 업체코드(Domain Manager), 객체코드(Object Class), 시리얼 번호(serial number) 형식으로 구성된다. 미들웨어는 EPC를 필터링, 수집하는 리얼타임 제어 기능을 수행한다. EPC 정보는 이전 이동정보나 자세한 데이터를 저장하며 어플리케이션 서비스의 요청에 따라 정보를 제공한다. EPC 코드 클래스0은 ISO 18000-6A, Class 1 Gen2는 ISO 18000-6B에 대응되고 Class Gen2의 경우 한 개의 리더에서 Class 0 및 Class 1 태그를 모두 읽는 것이 가능하다.



[그림 1] RFID 시스템 구성도

리더는 페이로드 논리적인 처리를 수행하는데 암호, CRC, 프리앰블 등을 처리한 후 부호화과정을 거치고, 변조 과정을 거친다. 리더 수신부는 변조부의 역과정을 수행한다. 태그에서는 송신된 리더의 신호를 역과정을 거쳐 복조 및 복호, 암호화를 수행하고 리더로 전송하기 위해 역과정을 수행한다.

3. 설계된 RFID시스템의 인식성능 분석

사용된 RFID 리더는 MercuryOS 2.4이 적용되었으며, GEN2 모드는 태그와 리더간 역방향 링크 전송율이 320Kbps를 제공한다. 리더는 RF 모듈, 제어유닛, 안테나로 구성되며 무선 주파수를 이용하여 태그로부터 받은 EPC를 미들웨어로 전송한다.

국가별로 사용하는 UHF 대역의 RFID 시스템 주파수 할당분포는 표1에서 나타내었다. 그림2에서는 RFID 리더와 태그간 전송 메시지 형식을 나타낸 것이다. RFID에서 제공되는 프로토콜 명령에는 ID Read, ID Write, Set Password, ID Lock, ID Kill, Data Read, Data Write, Data Lock 가 있다.

[표1] UHF RFID의 주파수 할당

국가별	주파수 대역(MHz)	비고
EPC G2	902-928	USA
ISO-18000-6	865-868	EU
Hong Kong	865-868, 920-925	433(active)
China	917	
Taiwan	922-928	
Japan	950-956	
Singapore	923-925	
Korea	910-914	
Thiland	908-928	
Australia	918-926	

RFID 리더를 장착한 모니터링 PC와 클라이언트 소프트웨어는 이벤트 및 질의 프로세스는 다음과 같다. 먼저 클라이언트 소프트웨어와 리더간 질의를 위해 전송되는 정보에는 ID, protocol_ID, antenna_ID, read_count, frequency, timestamp 값이 되고 응답 값으로 0x1|EPC0|1|3|915000|45.3322, 0x2|EPC1|2|2|928000|48.2992 값이 반환된다. 태그상에서 리더의 거부 의존도(Reader Rejection Dependence)는 다음 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

ID	Protocol ID	Antenna ID	Read_Count	Frequency	Timestamp
0x1	EPC0	1	3	915000	45.3322

[그림 2] RFID 리더와 태그간 전송 메시지 형식

본 논문에서 적용된 RFID 시스템에 적용된 안테나 사양은 902-928MHz의 주파수 대역을 사용 할 수 있고 최소 8dBic 이득과 AZ(방위각)/EL(고도)가 70°/60°를 제공한다. 사이드로브 레벨이 최대 -10dB이며, 축방향 레벨이 최대 4dB를 제공한다. 전후방향이 최대 18dB, 포트와 포트 차단이 최대 35dB, 최대 입력 전력이 6W를 제공한다.

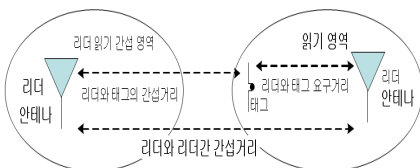
$$IRR_{rdr} = \frac{P_{xmt}}{P_{dt}} M_{loss} \frac{G_{rdr}}{G_{tag}} \left[1 + \frac{1}{\sqrt{IRR_{tag}}} \right]^{-2} \quad (1)$$

여기서 P_{xmt} 는 리더의 송신 신호전력을 나타내며, M_{loss} 는 태그의 후방 산란된 변조 손실 값, P_{dt} 는 태그에 요구되는 리더 신호전력(수동, 전원공급용 태그), G_{rdr} 는 리더의 안테나 이득, G_{tag} 는 태그의 안테나 이득, IRR_{tag} 는 수동태그용 태그 간섭 거부율(IRR, 0.02 to 0.25), 전원공급용 태그 간섭 거부율(0.10 to 0.25)으로 정의된다.

리더의 간섭 거부는 다음 식(2)와 같이 나타낼 수 있다. 리더의 간섭거부율은 리더와 리더간 간섭에만 근거하며, 리더 IRR은 태그로부터 최대 간섭과 최소 신호비율과 같다.

$$IRR_{rdr}^{dB} = P_{xmt} + M_{loss} - P_{dt} + G_{rdr} - G_{tag} - 20 \log \left[1 + \frac{1}{\sqrt{IRR_{tag}}} \right] \quad (2)$$

그림 3은 리더와 태그간 간섭 거리를 나타낸 것이다.



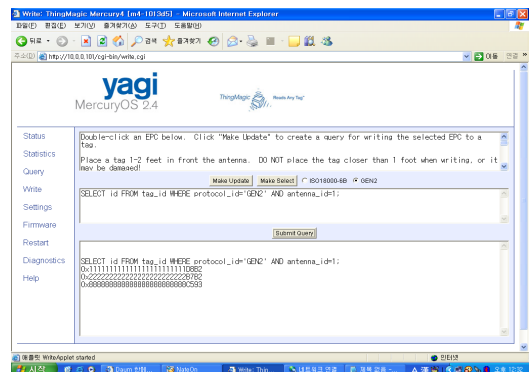
[그림 3] 리더와 태그간 간섭 거리

RFID 시스템의 성능과 규격에 따라 차이가 있을 수 있으며, 그림3과 표1에서처럼 수동태그의 경우 리더와 태그의 요구거리는 3미터, 리더와 태그의 간섭거리는 21미터, 리더와 리더의 간섭을 고려한 요구거리는 24미터 분포로 제시되고 있다. FCC part15 기준에 따르면 RFID 시스템의 허용 가능한 필드 세기는 902.0-928.0 MHz 대역을 사용하는 시스템의 경우 최대 전장이 50mV/m, 측정거리를 3m로 정하고 있다. 또한 허용 가능한 간섭 필드 세기는 216-960 MHz 대역 범위에서 200uV/m의 최대 전장세기와 3m 측정 거리를 두고 있다. 표2에서는 RFID 태그의 간섭거리를 제시한 것이다.

[표 2] RFID 태그의 간섭거리

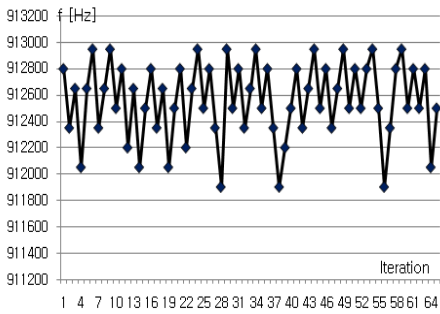
RFID 시스템	디바이스간 방해받지 않는 거리의 한계			
	리더간 주파수 차	리더와 태그간 요구거리	리더와 태그 간섭거리	리더와 리더간 간섭거리
수동 태그	f < 800kHz	3미터	21미터	24미터
	f > 800kHz	3미터	6미터	9미터
전원공급 태그	f < 800kHz	30미터	95미터	125미터
	f > 800kHz	30미터	60미터	90미터

그림4는 3개의 태그로부터 읽기 처리를 수행한 결과 화면이다. 프레임 구성은 태그 ID 정보, block_number, block_count, protocol_id, antenna_id 정보이다.



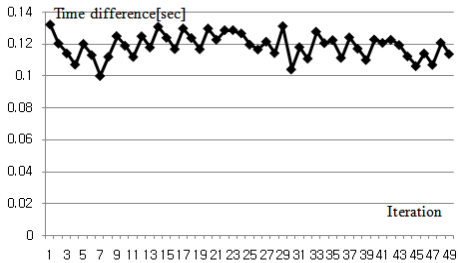
[그림 4] Tag 3개로부터 읽기 화면

그림5는 적용된 RFID 시스템에서 iteration에 따른 주파수의 변화 분포를 나타낸 것이다.



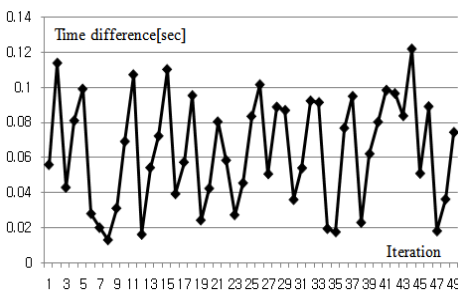
[그림 5] 적용된 RFID 주파수 분포

그림6은 iteration에 따른 리더에서 태그로 전송했을 때 시간차이를 비교한 것이다.

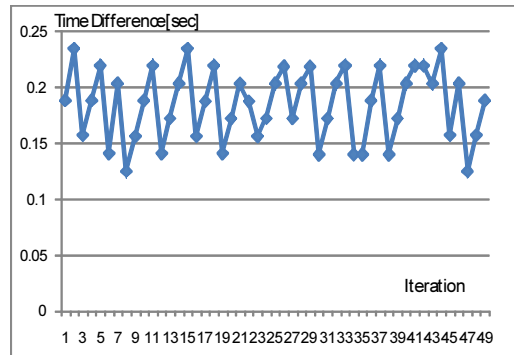


[그림 6] Iteration에 따른 리더에서 태그간 수신 시간 변이

그림7은 iteration에 따른 태그에서 리더로 수신시간 변이를 나타낸 것이다.



[그림 7] Iteration에 따른 태그에서 리더간 수신시간 변이



[그림 8] Iteration에 따른 리더와 태그간 읽기에 소요된 전체 시간 변이

다음은 RFID 리더와 태그간 시간측정위해 정의된 함수 선언 내용이다.

```
Private Sub cmdOnce_Click()
    Dim ti As Timer '타이머 함수 선언
    Dim strChar, strMsg

    strMsg = Trim$(txtQuery.Text)
    strChar = Right(strMsg, 1)
    While (strChar = vbCr Or strChar = vbLf)
        strMsg = Left(strMsg, Len(strMsg) - 1)
        strChar = Right(strMsg, 1)
    Wend
    strQuery = "RESET;" & strMsg & ";"
    SendMessage
    tmp2 = Timer '타임값 tmp2에 저장
    data.Text = data.Text & tmp2 & vbCrLf '타임값 data.Text에 출력

End Sub

Private Sub Winsock1_DataArrival(ByVal bytesTotal As Long)
    Dim strResponse As String
    Dim Count, Count2 As Integer
    Dim strTags, strTagString, strFields

    Dim ti As Timer

    'The Following are success codes
    Select Case send_state
        Case SOCKET_CONNECTED
        Case CONNECTING
        Case DATA_SENT
            Winsock1.GetData strResponse
            strTags = Split(strResponse, "" & vbLf, -1, 1)
            Count = 0
            While Count <= UBound(strTags)
                strFields = Split(strTags(Count), ";", -1, 1)
                Count2 = 0
                While Count2 <= UBound(strFields)
                    strTagString = strTagString & strFields(Count2) & " "
                    Count2 = Count2 + 1
                Wend
                tap = Timer
                strTagString = strTagString & tap & " " & tmp2 & " " '수신시 타임값 저장
                '전송과 수신시 데이터값 출력에 포함
            Wend
            strTagString = strTagString & vbCrLf
            Count = Count + 1
        Wend
        txtResults.Text = txtResults.Text & strTagString
    End Select
    Case SOCKET_CLOSING

Private Sub cmdStop_Click()
    Winsock1.SendData "RESET;"
    send_state = SOCKET_CLOSING

    Open "c:\text\Saved_file.txt" For Output As #1 '파일저장 경로
    Print #1, txtResults.Text '저장할 텍스트
    Close #1
    Open "c:\text\Saved_file2.txt" For Output As #2
    Print #2, data.Text
    Close #2

End Sub
```

표3에서는 태그를 부착한 각 매체에 리더와 태그간 인식 성능을 나타낸 것이다. 주요 매질과 매질의 부착 위치(매질 내부/외부, 모서리/가운데 등)에 따라 인식 성능이 다소 차이가 있다는 것을 본 연구를 통해 파악할 수 있었다. RFID 인식은 유리, 알루미늄, 철 재질의 경우 인식 성능 저하를 초래하나 재질에 적합한 태그를 설치하는 방안도 함께 고려되어야 한다.

[표 3] 태그가 부착된 타입에 따른 리더와 태그간 인식성능

부착타입	13.5MHz리더	900MHz리더
종이/책	5cm	10m
유리제품	5cm	10m
지갑(가죽)	3cm	10m
나무	5cm	10m
알루미늄	인식불가	인식불가
철제품	인식불가	인식불가

표3에서 실험을 통해 알루미늄제품이나 철제품은 짧은 거리에서도 인식이 어려우므로 알루미늄이나 철제와 연결된 인식 가능한 매질에 태그를 부착하여 인식 가능하도록 하는 것이 요구되며, 종이/책의 재질은 인식 제한에 보다 적은 영향을 받는 것을 알 수 있다. 가죽제품의 경우 인식 성능이 다소 떨어지며 나무 재질의 경우에도 인식 성능이 떨어지는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 설비진단에 적용된 RFID 시스템의 인식특성을 분석하였다. RFID 시스템은 UHF 대역을 iteration 따라 호핑대역을 사용하며 리더와 태그간 소요되는 인식시간은 적용된 통신 프로토콜 특성상 할당된 슬롯에 따라 일정한 지연 분포를 가지고 전송되며, 지연 시간차 분포 또한 반복적이고 비례적으로 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 태그가 부착된 매체에 리더와 태그간 인식 성능 분석에서, 매질에 따라 인식 거리가 영향을 받는 사실과 함께 적합한 매질 선택, 매질에서 부착 위치, 주변 반사환경, 태그의 유형 등이 주요 고려요소가 됨을 알 수 있다.

참고문헌

[1] Shiou-Fen Tzeng, Wun-Hwa Chen, Fan-Yun Pai,

"Evaluating the business value of RFID: Evidence from five case studies," International journal of production economics 112, pp.601-613. 2008.

- [2] Chien-Ho Ko, "RFID based building maintenance system," Internal journal of Automation in Construction 18, pp.275-284. 2009.
- [3] Kuo-shien Huang, shun-ming Tang, "RFID Applications Strategy and Deployment in Bike Renting System," The proceedings of ICACT2008, Feb. 17-20, pp.660-663. 2008,
- [4] 손정락, "발전설비 기술 패러다임 전망," 대한기계학회 기계저널 제49권 제1호, pp.32-36. 2009.1.
- [5] 송기인, "국내 발전설비 운영 현황," 대한기계학회 기계저널, 제48권 제4호, 2008.4, pp.40-43.
- [6] 이병록, "발전설비 신뢰도 유지를 위한 품질비용 구조에 관한 연구," 경기대학교 산업정보대학원 석사학위논문, 2009. 2.
- [7] 김범신, 김의현, 장동식, 조재민, 채길석, 정규철, "Web기반 발전설비 이벤트관리시스템 개발," 대한기계학회 2004 춘계학술대회 논문집, 2004. 4.
- [8] 이봉근, "RFID 기반의 특수약품 추적관리 시스템 설계 및 구현," 정보처리학회논문지 v.13D no.7, pp.977-984. 2006,
- [9] 김용배, 송제홍, 윤수원, 진상윤, 권순욱, 김예상, "커튼월 관련 자재에서 RFID 적용을 위한 인식 성능 테스트," 한국건설관리학회 논문집, v.9 no.1, pp176-186. 2008,
- [10] 손미애, 김원, 강성재, "RFID를 이용한 공정개선 방안-중소기업의 포장공정 사례 중심," 한국시물레이션학회 논문지, vol.16, no.4, pp.67-75. 2007. 12,
- [11] 문성우, 홍승문, "RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 구현," 한국건설관리학회 2006 정기 학술발표대회 논문집, 2006. 11, pp529-532.
- [12] 이성철, 권훈, 김휴찬, "RFID를 활용한 흑돼지 출하 이력관리 시스템 설계 및 구현," 한국콘텐츠학회 논문지, v.8 no.3, pp.32-40. 2008,
- [13] 강민수, 손영일, 이기서, "RFID 기반 육송물류거점 정보 시스템 구축에 관한 연구," 한국철도학회 논문집, 제11권 제3호, pp.286-293. 2008,
- [14] 장수완, "차세대 항만 물류를 위한 장치 독립형 RFID 미들웨어 구성요소의 설계 및 구현," 한국해양정보통신학회 논문지, v.11 no.1, pp.124-130. 2007.
- [15] 강구완, 김진덕, "실시간 제약을 고려한 RFID 기반 주차 경로 안내시스템," 한국GIS학회지, v.16 no.1,

- pp.65-77. 2008,
- [16] 김도윤, 장병준, 윤현구, 박준석, 육종관, “UHF 대역 RFID 리더의 순방향 링크 신호특성에 관한 연구,” 한국전자파학회 논문지 v.18 no.6, pp.602-611. 2007.
- [17] 박인정, 현택영, “RFID를 이용한 작업관리 시스템,” 대한전자공학회 논문지, v.44 no.2, pp.31-36. 2007.
- [18] 이주동, 김형석, 김태현, “스마트 냉장고를 위한 RFID 기반 물품 정보 자동관리시스템,” 인터넷정보학회 논문지, v.9 no.1, pp.43-54. 2008.

홍진근(Jin-Keun Hong)

[정회원]



- 2008년 12월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>

전송통신, 센서넷, RFID, 무선랜 보안

한군희(Kun-Hee Han)

[종신회원]



- 2008년 8월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>

RFID, 경영정보컨설팅