

설비진단 모니터링 시스템에서 RFID 전송시스템의 특성 분석

홍진근*, 신일섭*, 한군희*
*백석대학교 정보통신학부
e-mail:jkhong@bu.ac.kr

Characteristics Analysis of RFID Transmission System in the Equipment Diagnostic Monitoring

Jin-Keun Hong*, Il-Seb Shin*, Gun-Hee Han*
*Dept of Information & Commmunication, Baekseok University

요 약

본 논문은 설비 진단 모니터링을 구축함에 있어 RFID 기반 관리 시스템에서 RFID 주파수 특성을 분석하였다. 분석된 논문에서는 설비 고장진단을 위한 모니터링 서비스를 RFID 기반으로 지원하는데, 이 과정에서 위치관리 개념을 도입하기 위해 적용된 RFID 주파수 특성을 분석하였다.

1. 서론

전세계적으로 RFID 기반의 비즈니스 모델 도출이 활성화되고 있다. 이러한 시점에서 RFID 비즈니스 모델의 사례로 이봉근 등은 RFID 기반의 특수 의약품 추적 관리 시스템 설계 및 구현에 관한 연구를 수행한 바 있으며[1], 장수완 등은 차세대 항만 물류를 위한 장치 독립형 RFID 미들웨어에 관한 설계를 수행한 바 있다[2]. 강구완 등은 실시간 제약을 고려한 RFID 기반 주차 경로 안내시스템에 대한 연구를 수행하였다[3]. 또한 김도윤 등은 매트랩을 이용하여 UHF RFID 시스템의 순방향 링크를 구현하고 RFID 200KHz 채널 대역폭에 적합한 순방향 디지털 필터 설계변수 및 송신신호 특성을 분석한 바 있다[4]. 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 조회 할 수 있는 솔루션 구축에 관한 것이

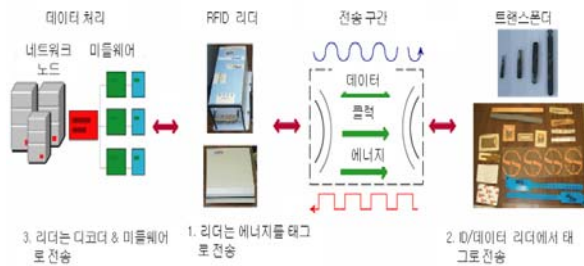
었다. 이윤덕 등은 리더 간섭에 의한 RFID 시스템의 인식 거리 감소에 관한 연구를 수행한 바 있는데, 이 연구는 UHF 대역에서 RFID 시스템 설계시 일어나는 인식 거리 문제를 거리측면에서 분석한 내용에 관한 것이었다[5]. 이주동 등은 스마트 냉장고를 위한 RFID 기반 물품 정보 자동관리 시스템 구현에 관한 연구를 수행하였다[6].

본 논문에서는 RFID 기반의 비즈니스 모델에서 적용되는 RFID 리더와 태그간 전송되는 전송특성을 분석하였다. 분석된 전송특성은 효율적인 RFID 기반의 모니터링 시스템 관리측면에서 효과적이다. 본 논문의 구성은 2장 RFID 시스템의 구성을 살펴보고, 3장에서 RFID 기반의 전송특성을 살펴보았으며, 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 그림 1에서 나타내었다. 태그는 칩과 안테나로 구성되며 Gen2 기반 태그는 EPC(Electronic Product Code) 표준을 준수하고, 헤더(Hdr), 업체코드(Domain Manager), 객체 코드(Object Class), 시리얼 번호(serial number) 형식으로 구성된다. 미들웨어는 EPC를 필터링, 수집하는 리얼타임 제어 기능을 수행한다. EPC 정보는 이진 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, 암호복호를 수행하고 리더로 전송하기 위해서는 역과정을 수행한다.

3. RFID 시스템 전송특성

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

국가별로 사용하는 UHF 대역의 RFID 시스템 주파수 할당분포는 표 1에서 나타내었다. 그림 2에서는 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.

[표 1] 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 사용할 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.

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

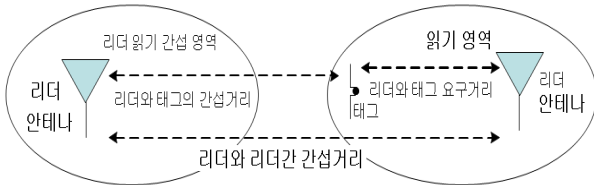
여기서 P_{xmt} 는 리더의 송신 신호전력을 나타내며, M_{loss} 는 태그의 후방 산란된 변조 손실 값, P_{dt} 는 태그에 요구되는 리더 신호전력(수동, 전원공급용 태그), G_{rdr} 는 리더의 안테나 이득, G_{tag} 는 태그의 안테나 이득, IRR_{tag} 는 수동태그용 태그 간섭 거부율 ($IRR, 0.02$ to 0.25), 전원공급용 태그 간섭 거부율 (0.10 to 0.25)으로 정의된다.

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.

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

그림 3은 리더와 태그간 간섭 거리를 나타낸 것이다.



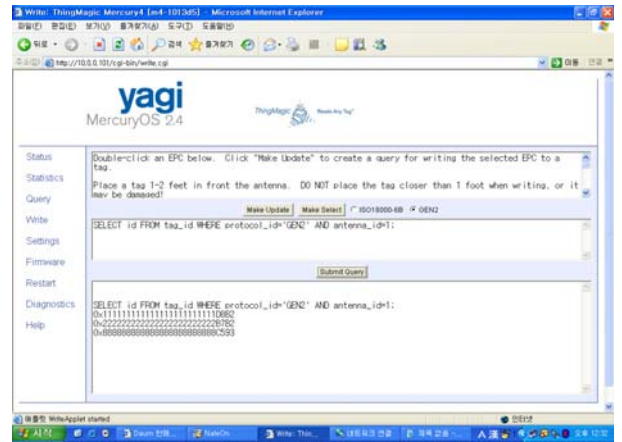
[그림 3] 리더와 태그간 간섭 거리

RFID 시스템의 성능과 규격에 따라 차이가 있을 수 있으며, 그림 3과 표 1에서처럼 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 902.0~928.0MHz 대역을 사용하는 시스템의 경우 최대 전장이 50mV/m, 측정거리를 3m로 정하고 있다. 또한 허용 가능한 간섭 필드 세기는 216~960MHz 대역 범위에서 200uV/m의 최대 전장 세기와 3m 측정 거리를 두고 있다. 표 2에서는 RFID 태그의 간섭거리를 제시한 것이다.

[표 2] RFID 태그의 간섭거리

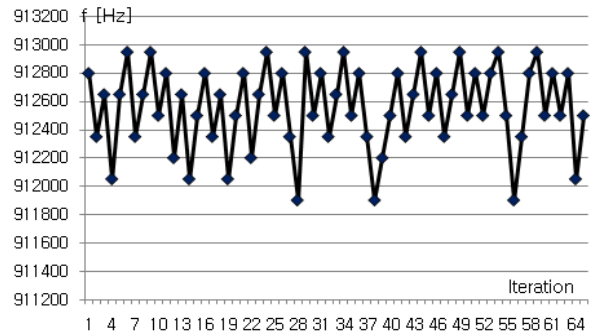
RFID 시스템	디바이스간 방해받지 않는 거리의 한계			
	리더간 주파수 차	리더와 태그간 요구거리	리더와 태그 간섭 거리	리더와 리더간 간섭 거리
수동 태그	f < 800kHz	3미터	21미터	24미터
	f > 800kHz	3미터	6미터	9미터
전원 공급 태그	f < 800kHz	30미터	95미터	125미터
	f > 800kHz	30미터	60미터	90미터

그림 4는 3개의 태그로부터 읽기 처리를 수행한 결과 화면이다. 프레임 구성은 태그 ID 정보, block_number, block_count, protocol_id, antenna_id 정보이다.



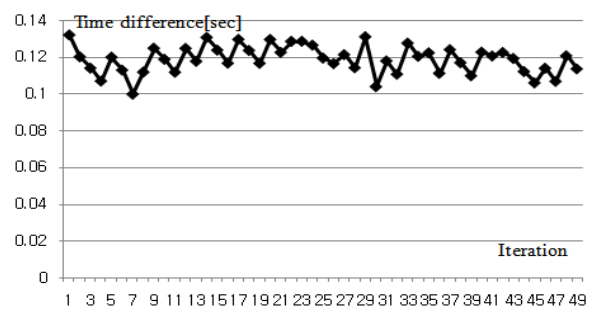
[그림 4] Tag 3개로부터 읽기 화면

그림 5는 적용된 RFID 시스템에서 iteration에 따른 주파수의 변화 분포를 나타낸 것이다.



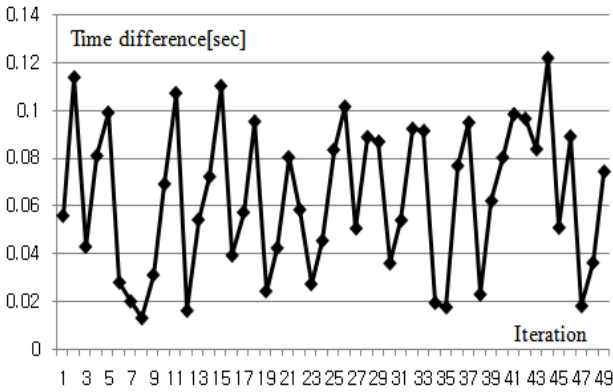
[그림 5] 적용된 RFID 주파수 분포

그림 6은 iteration에 따른 리더에서 태그로 전송했을 때 시간차이를 비교한 것이다.

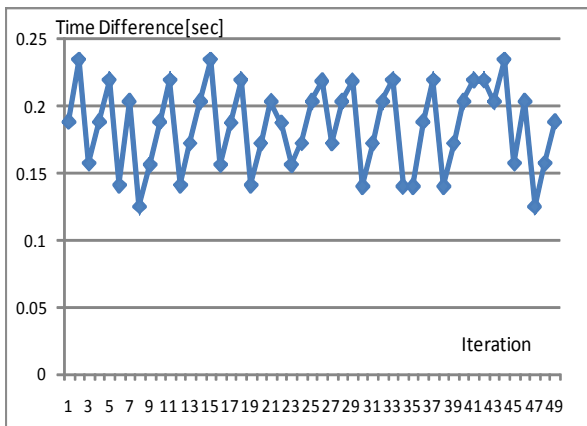


[그림 6] Iteration에 따른 리더에서 태그간 수신 시간 변이

그림 7은 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 함수식을 나타내었다.

```
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 '타이머값 tmp2에 저장
    data.Text = data.Text & tmp2 & vbCrLf '타이머값 data.Text 에 출력
End Sub
```

4. 결론

본 논문에서는 설비진단에 적용된 RFID 시스템의 전송특성을 분석하였다. RFID 시스템은 UHF 대역을 iteration 따라 호핑대역을 사용하며 리더와 태그간 소요되는 전송시간은 적용된 통신 프로토콜 특성상 할당된 슬롯에 따라 일정한 지연 분포를 가지고

전송되며, 지연 시간차 분포 또한 반복적이고 비례적으로 나타나는 것을 알 수 있었다.

```
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
                Wnd
                tmp = Timer
                strTagString = strTagString & tmp & " " & Count2 & " "
                '수신시 타이머값 저장
                '전송과 수신시 데이터값 출력에 포함
            Wnd
            strTagString = strTagString & vbCrLf
            Count = Count + 1
        Wnd

        txtResults.Text = txtResults.Text & strTagString

    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
```

참고문헌

- [1] 이봉근, “RFID기반의 특수약품 추적관리 시스템 설계 및 구현,” 정보처리학회 논문지, v.13D no.7, pp.977-984, 2006.
- [2] 장수완, “차세대 항만 물류를 위한 장치 독립형 RFID 미들웨어 구성요소의 설계 및 구현,” 한국해양정보통신학회 논문지, v.11 no.1, pp.124-130, 2007.
- [3] 강구완, 김진덕, “실시간 제약을 고려한 RFID 기반 주차 경로 안내시스템,” 한국GIS학회지, v.16 no.1, pp.65-77. 2008.
- [4] 김도윤, 장병준, 윤현구, 박준석, 육종관, “UHF 대역 RFID 리더의 순방향 링크 신호특성에 관한 연구,” 한국전자과학회 논문지 v.18 no.6, pp.602-611, 2007.
- [5] 박인정, 현택영, “RFID를 이용한 작업관리 시스템,” 전자공학회 논문지, v.44 no.2, pp.31-36, 2007.
- [6] 이주동, 김형석, 김태현, “스마트 냉장고를 위한 RFID 기반 물품 정보 자동관리시스템,” 인터넷정보학회 논문지, v.9 no.1, pp.43-54, 2008.