

타이어 압력 감시 시스템 기술 동향

강희조

목원대학교 컴퓨터공학부

목 차

I. 서 론

II. TPMS 시스템

III. TPMS 기술기준

IV. 결 론

I. 서 론

타이어에 금속파편이 박히거나 흠집이 생겨 조금씩 공기압이 쉘 경우 보통 주행 중인 운전자들은 타이어의 상태를 감지하기가 어렵다. 주행 중 갑작스럽게 타이어가 파손되어 미끄러지거나 전복되는 등 대형 교통사고를 유발하는 원인이 될 수 있다. 실재로 세계적 타이어 제조사 중의 하나인 파이어스톤(Firestone)이 포드(Ford)사에 납품한 타이어 일부가 공기압이 낮을 경우 주행 중 잇따라 파열되면서 차량전복사고가 있었다[1]. 약 119명의 사망자와 수천 명의 부상자가 발생했으며, 결국 포드와 파이어스톤은 특정 자동차모델에 장착된 타이어 650만 개를 전량 교체하는 사태가 발생하게 되었다. 차량용 공기 압 감지 장치(Tire Pressure Monitoring System, 이하 TPMS라 한다.)는 운전자의 안전과 타이어의 수명연장까지 효용가치가 있는 장치이다. 과거 높은 단가로 고급 차량(BMW, NISSAN, CRYSLER)에만 적용되었으나, 2003년 11월 미국에서 TPMS 시스템의 의무사용이 법제화되면서 TPMS의 성장 가능성과 중용성이 부각되고 있다. 미국 정부는 2003년 11월부터 2006년 10월 31일 까지 미국에 수출되는 모든 자동차에 TPMS 솔루션을 기본적으로 탑재하는 TREAD 법안을 발효시켰다. 따라서 차량용 공기압 감지 장치는 본격적으로 2006년 이후 일반 차량에도 장착되어 보급될 것으로 전망된다.

본 논문에서는 서론, TPMS 시스템, TPMS 기술기준, 결론에 대하여 검토하고자 한다.

II. TPMS 시스템

2.1 타이어 공기압 감지 시스템의 개요

TPMS가 세계 최초로 적용된 차는 1980년대 등장한 포르쉐(Porsche) 959가 처음이지만, 보다 적극적으로 TPMS 개발의 동기가 된 것은 지난 1990년대 포드사의 익스플로러에 장착된 타이어 파손에 따른 사고로 인해 포드와 파이어스톤 사이에서 치열한 공방전이 일어나면서부터라고 할 수 있다. 이전까지는 공기압에 대한 중요성을 인지하면서도 적절한 대일을 찾지 못했던 자동차 업계와 소비자들은 이 사건을 계기로 TPMS를 통해 사람과 차의 안전성을 높이고 차의 성능과 타이어의 수명까지 연장시킬 수 있는 발판은 마련하게 되었다.

타이어 공기압 감지 장치는 차량의 타이어 내부에 직접 삽입되어 주행 중 차량의 공기압 상태 및 온도 변화를 감지해 사용자에게 시청각적으로 알려준다. 타이어 내부에 삽입되는 TPMS 센서모듈은 특히 영하 40°~영상 180°의 가혹한 운행조건에서 최소 10년을 견뎌야 하기 때문에 일반차량용 전자기술과는 차원이 다른 기술이 필요하다. 그림 1은 타이어 공기압 감지 장치 시스템의 구조에 관한 예이다. RSM로부터 TPMS 내부의 공기압 센서 및 온도 센서에서 생성된 패킷화된 정보를 공중파를 통해 호스트 컨트롤러의 수신기에 송신하거나 호스트(wake up) 명령(command)을 실행하려 할 경우 수신 장치로 동작하는 무선 모듈이다[2].

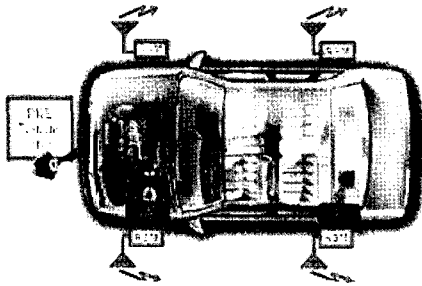


그림 1. TPMS 시스템 구성

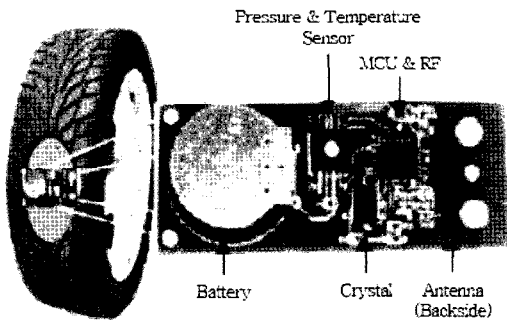


그림 2. TPMS 센서 모듈의 구성

그림 2는 타이어 공기압 감지 장치에 삽입되는 여러 업체의 TPMS 센싱 모듈 중의 하나이다[3]. 부품의 구성은

그림 3의 예에서 보는 바와 같이 MCU, Pressure Sensor, Temperature Sensor, RF Transmitter, Battery로 구성된다. 마치 센서 네트워크를 구성하는 개개의 모듈이 그룹화되어 한 개의 네트워크 그룹을 구성한다. 여기서 동일한 주파수 대역을 사용하는 TPMS 시스템 간 다른 차량에서 송신한 명령 신호에 의해 오동작할 가능성을 염려할 수 있으나 제한된 듀티사이클(duty cycle), 변조방식, 업체 자율의 독립 프레임 구조 및 프레임 인증 코드가 있어 오동작할 가능성은 매우 희박하다. 오히려 차량용 주파수로 분배가 고려되고 있는 433.92MHz 대역은 차량용 TPMS, RFID, 아마추어 무선 주파수로 인한 간섭이 정책적 회수가 되고 있다. 그림 3은 그림 2 TPMS 센서 모듈의 구조를 블록다이어그램으로 도시한 예이다.

그림4는 오늘날 주종을 이루는 차량용 TPMS 시스템의 블록구조이다. 과거 차량용 타이어 공기압 감지 장치는 각각의 타이어에 장착된 TPMS 센서 모듈(총 4개)에 대해 1개의 RF 트랜스미터가 장착되었으나 현대의 차종은 각각의 타이어에 장착된 TPMS 센서 모듈 각각에 대해 호스트 컨트롤러와 연결된 RF 트랜스미터가 1:1의 구조를 채택한다. 이는 동일한 주파수 대역을 사용하는 타 무선기기로부터 방사되는 전파 방사로부터 간섭의 영향권에 덜 영향을 받으며 TPMS 센서 모듈이 높은 송신출력으로 데이터 프레임을 전송할 것을 요구하지 않아도 된다. 실제 2004년 7월 인천 부두 한진티미널에서 아마추어 주선국

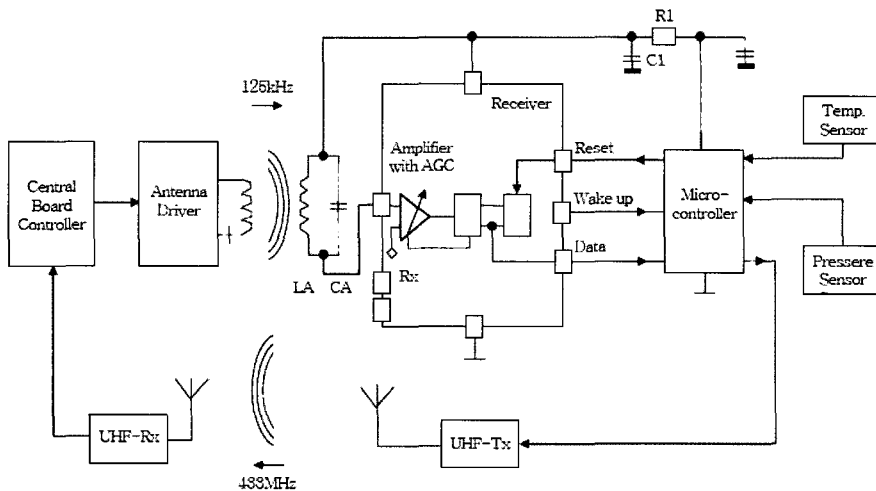


그림 3. TPMS 시스템의 회로 구성도

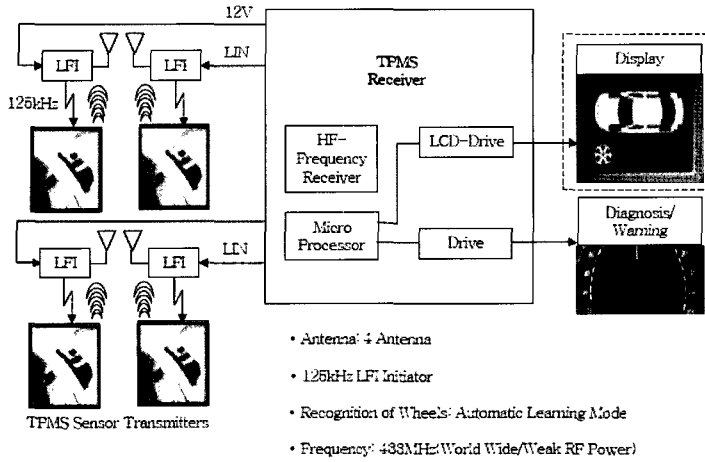


그림 4. 현대의 TPMS 시스템 구성 방식

과 RFID, RKE, TPMS 간 상호 간섭 실험결과 차량용 TPMS가 외부 간섭에 대해 RKE 보다 간섭의 영향에 대해 덜 민감한 것으로 측정되었다. 이는 TPMS 시스템의 구조적 특성에 의한 것으로 확인되었다. 차량용 TPMS의 호스트 컨트롤러는 4개의 LFI 안테나로 125 kHz 주파수 신호로 TPMS 센서 모듈을 동작시키고 TPMS 센서 모듈은 433 MHz 주파수로 LFI 안테나의 역방향으로 데이터 신호를 전송한다. 각각의 차량용 TPMS 모듈의 RF 트랜스미터에서 전송되는 데이터 프레임은 매우 짧은 듀티사이클을 가지며 실제로 스펙트럼 분석기로 관측 시 버스트(burst)한 데이터이다.

2.2. TPMS 기술의 발전 동향

초기 TPMS는 오늘날과 같은 높은 분해능 감도를 갖는 센서가 차량용 타이어 내부에 탑재되는 직접 방식(direct method) 보다는 차량용 타이어 휠의 회전수의 편차를 이용하는 간접 방식(indirect method)을 사용하였다(그림 5 참조)[4]. 또한 현재의 보급형 타이어 공기압 감지 장치(TPMS)가 한 국가의 정책적 목표 하에 도로를 주행하는 차량에 의무적으로 장착할 것을 법제화된 것이 아닌 일부 고급 차종의 차량에 국한된 서비스 기술이었다. Indirect method는 타이어 휠의 회전수를 감지하는 ABS 브레이크 시스템의 개조를 통해 쉽게 구현할 수 있기 때문에 생산 업체 입장에서는 비용대비 단가를 절약할 수 있는 장점이

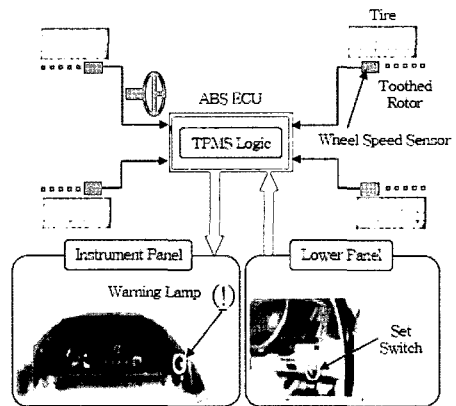


그림 5. Indirect Method 기반 TPMS 시스템

있다. 그러나 직접 방식에 비해 타이어의 공기압을 측정하는 데 필요한 분해능 감도의 레벨이 낮으며 또한 주행 차량의 타이어 마모 정도가 심해 양측 타이어의 공기압 상태가 모두 불안정할 경우 정확한 측정이 어렵다는 맹점을 가진다. 때문에 업체에서는 이를 보완하기 위해서 타이어휠의 회전수와 진동 수 모두를 측정하여 기술적 단점을 보완하는 방법을 주장하고 있으나 오늘날 센서 IC의 측정 감도의 고급화와 더불어 저전력 기술의 발전에 힘입어 직접 방식의 비중이 점차 증가하고 있다. 그림 6은 타이어 공기압 감지 장치 시스템의 연도별 도입이 예되는 기술을 그래프화한 예이다[5].

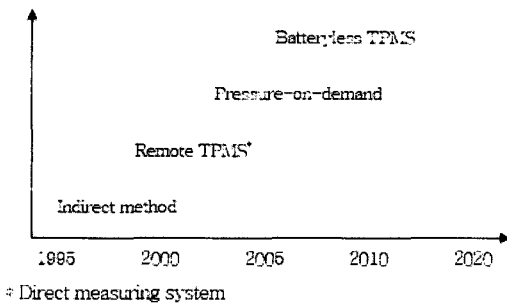


그림 6. 연도별 TPMS 기술의 예측 전망

이미 앞서 그림에서 간접 방식에 대해서는 언급 하였으며, 직접 방식에 대해 소개하겠다. 직접 방식은 현대 대부분의 생산 업체에서 OEM 혹은 리테일방식으로 차량 제조업체 및 소매처 마켓으로 공급되고 있다. 직접 방식의 특징은 타이어에 내부에 그림 6. 연도별 TPMS 기술의 예측 TPMS 센서가 직접 삽입되어 주행중 차량의 온도 및 공기압의 변화를 지속적으로 모니터하여 운전자에서 청각 혹은 시각적으로 정보를 전달해주는 시스템이다. 간접 방식에 비해 공기압 레벨의 분해능이 우수하며 PCB 레이어 기판에 공기압 감지 센서, 온도 감지 센서 외 진동, 가속도, 그리고 타이어의 마모상태를 측정해주는 센서 기술을 다양하게 복합적으로 응용할 수 있기 때문에 향후 오랫동안 차량용 공기압 감지 장치로 공급될 것으로 예상되고 있다. 국내에서는 현대모토넷, 현대모비스, 금호타이어, 자동차부품연구원 등을 중심으로 연구개발이 진행되고 있다.

POD 기술은 기존 타이어 공기압 감지 장치 기술의 전력 소모량을 개선하기 위한 기술로서 차량의 호스트 컨트롤러에서 타이어 상태 정보를 요구할 경우에만 TPMS 센서 모듈이 쉘림(wake up)되어 동작한다. 따라서 주차중 인 동안 차량이 비주행상태에서 규칙적으로 타이어 상태 정보를 전송할 필요가 없기 때문에 기존 타이어 공기압 감지 장치가 가지는 전력소모로 인한 라이프 사이클을 개선한 것이 특징이다. 예를 들어, 미국 ATMEL(사)의 무선 수신기(ATA5283 IC)는 호스트 컨트롤러에서 송신한 125kHz 주파수대의 제어신호를 감지하면 TPMS 모듈의 마이크로컨트롤러 동작 가능한 모드(wake up)로 전환하고 공기압 센서 및 온도 센서를 초기화하여 호스트 컨트롤러의 제어를 수행할 수 있도록 한다.

오늘날 생산되는 차량용 타이어 공기압 감지 장치시스

템을 구성하는 TPMS 센서 모듈은 배터리에 독립적이지 못한다. 때문에 타이어에 삽입되는 TPMS 센서 모듈의 라이프 사이클에 한계를 가진다. 향후 2008년부터 TPMS 센서 모듈은 배터리 무지향 시스템으로 대체될 것으로 예상되고 있으며 그대표적인 기술로 RFID 기술이 적용될 것으로 예측되고 있다. RFID 기술은 데이터의 정보의 교환을 위해서 전원 및 접촉에 관하여 자장(magnetic field)이나 전자장(electromagnetic field)에 자체 충전하고 전파 방사한다는 점에서 기존 TPMS 센서 모듈의 배터리 의존성을 극복할 수 있는 방안을 제시한다. 프리스케일(Freescale)(사)에서는 2008년부터 배터리 무지향 RF 트랜시버를 기반으로 한 TPMS 센서 모듈을 공급할 계획을 갖고 있다.

III. TPMS 기술기준

3.1 국가별 기술기준 비교

TPMS(타이어 압력 감시 시스템)는 자동차에 사용되는 무선통신기기의 일종으로서, 자동차 또는 이륜차(오토바이)의 타이어 내부(휠 또는 밸브)에 압력 센서와 온도 센서가 내장된 송신기 모듈(Tx)을 장착하여 타이어 내부의 실시간 온도와 압력을 무선으로 차량의 특정 부분에 부착된 수신기에 전송한다. 수신기는 차량의 기존 무선 기기에 포함된 형태일 수도 있으며, 독립적인 장치로서 존재하기도 한다. TPMS가 동일한 수신 모듈에서 처리되는 경우도 있다. TPMS는 주행시 또는 정차시에 타이어에 이상(규정 압력 이하 또는 규정 온도 이상)이 발생될 때는 수신기(Rx)의 표시장치에 즉시 해당 상황이 나타나도록 설계된 전자 기기로서 자동차에서 안전 보조 시스템의 역할을 담당하는 편이 장치이다.

따라서 특이 상황이 일어날 때 표시장치에 의해 즉시 운전자에게 경고등과 함께 경고음으로 타이어의 현 상태를 알림으로써, 타이어에 의한 사고를 미연에 방지하는 것이 주목적이다. 아울러 사고 예방뿐만 아니라 적정한 타이어 압력은 타이어 마모를 방지하여 타이어의 수명을 연장시키고, 승차감 및 주행 성능을 크게 향상시킨다는 결과가 보고된 바 있다.

장착은 일반적으로 타이어의 밸브 또는 립에 하게 되며, 립에도 아래 그림과 같이 위치에 따라 다양한 방식이

사용된다. 밸브의 경우도 타이어의 내부에 설치하는 방식과 타이어 바깥의 밸브 스템에 하는 방식이 존재한다.

표 1. 일반 운전자들의 자동차 타이어 공기압 관리 현황

◆ 타이어 & 공기압과 경제성의 상관관계

	공기압 0.2bar부족 할때	공기압 0.4bar부족 할때	공기압 0.6bar부족 할때
연비	1%연비증가	2%연비증가	4%연비증가
타이어 수명	10%수명감소	30%수명감소	45%수명감소

◆ 공기압이 자동차에 미치는 영향

	부족할때	적당할때	1.2bar높을때	과다할때
수명	-	+	++	-
마모	-	+	+	-
고속안정성	-	+	++	++
적제량	-	+	++	++
노면저항	-	+	++	++
안락도	++	+	-	-
hydroplaning	-	+	-	+
안정성	-	+	++	-

◆ -: 불량, --: 매우불량, +: 양호, ++: 매우양호

TPMS는 타이어의 파열을 방지하기 위한 안전 보조 장치라는 개념에서 시작되었지만 연료 절감 및 승차감 향상 등의 다양한 부가 효과로 인해 선진국에서는 이미 오래 전부터 운전자의 선택에 의해 채택되었으며, 모두 119명의 사망자를 낸 포드 익스플로러의 전복 사고 검토 후에 해당 차량에 장착된 파이어스톤 타이어의 대규모 리콜 사태를 겪으면서 미국에서는 법규화가 진행되어 2005년 10월부터 단계적으로 시행되는 단계에 이르렀다.

원래 미국에서의 TPMS 법규는 2003년도부터 단계적으로 시행하는 것을 골자로 하고 있었으나, 미국 대법원의 판결에 의해 일정상 변화가 발생하였다. 판결의 요지는 타이어 내의 센서에 의한 직접 압력 측정법이 기존 자동차에 장착된 ABS 장치 등의 부속 휠 스피드 센서에서 얻어진 자동차의 동적 특성의 변화로부터 간접적으로 타이어 압력을 추정하는 간접 측정법보다 더 확실하고 효과적인 타이어 압력 측정 방법임을 인정하는 것이었다. 그 결과 간접 측정법을 TPMS의 선택 가능한 기술 항목에 포함시킨 미국의 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)의 결정이 잘못되었음을 확인하였다. 현재 확정된 법은 2005년 10월부터 1년 단위로 완성차의 20, 70, 100%씩 적용 범위를 확대하는 것으로 강제하고 있다.

법규에 따른 시행 규칙의 세부 내용은 다음과 같다.

1) 적용 차종 : 모든 승용차 및 GVWR(Gross Vehicle Weight Rating) 10,000 파운드 이하의 다목적차량, 트럭, 버스

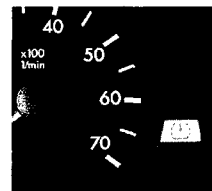
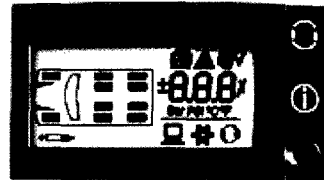
2) 적용 시점 : 2005년 10월 1일부터 매년 단계적(20%→70%→) 확대 시행 2007년 10월 1일 이후 생산되는 차량은 100% 적용

3) 규제 사항 : 1-4개의 Tire 압력이 제조업체 지정 압력보다 25%이상 압력 저하일 경우 경고등 점등할 것. (스패어 타이어 해당 없음)

4) 경고등 요구 사항

- 색깔 : 황색

- 위치 : 운전자에게 명확히 보일 수 있는 승객실 내부



3.1.1 TPMS 기술 현황

현재 미국 법안의 결정에 따라 추후 사용 가능한 유일한 TPMS 측정법으로 선택된 직접 측정법은 타이어 내부의 센서 송신기 모듈과 차량 내의 수신기, 그리고 이 둘 사이의 무선 인터페이스로 구성된다.

주파수 규격의 관점에서 가장 중요한 요소로 거론되는 타이어 내에 장착되는 UHF 대역의 무선 송신기의 경우, 타이어 내에 센서 송신기 모듈을 장착하는 방법 및 사용하는 무선 통신 기술에 의해 몇 가지로 분류될 수 있다.

현재 실용화되어 TPMS에 사용되는 무선 통신 기술은 적용되는 RF의 송신 전력에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

하나는 미약 전파를 사용하는 것으로 전력이 낮기 때

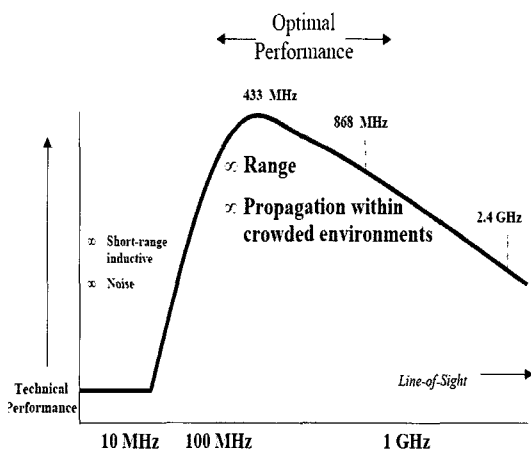
문에 각 타이어의 wheel well마다 타이어에 근접하여 부착된 안테나를 통해 압력과 온도 정보를 전송하는 방식으로 안테나에서 수신기까지는 케이블(기본 케이블 또는 추가 케이블)을 통한 유선 전송 방식을 사용한다. 주파수는 315, 433 MHz를 사용하고 있다.

다른 하나는 특정 소출력(5 mW - 10 mW, 72 dBuV/m) 급의 강한 전파를 사용하여 타이어 내의 송신기에서 직접 운전자 근처에 장착된 수신기에 신호를 전송하는 방식으로 추가로 케이블을 포설할 필요 없이 신호를 송신할 수 있다는 장점을 가지고 있어서 운전자가 차량 구입 후 임의로 각종 편의 기구를 장착하는 After Market에서 우선적으로 적용되고 있다. 북미의 경우, After Market에서는 일부 이 방식으로 운용되는 433.92 MHz 제품이 판매되고 있으며, 완성차 업계에서는 315 MHz 주파수 대역의 제품을 요구하고 있다.

현재, 125 kHz의 LFI 기구를 활용하여 Tire의 Auto Location과 같은 고급 기능을 요구하는 경우가 많아, TPMS는 UHF와 LF의 전파환경을 동시에 적용해야 할 응용제품으로 파악되고 있다.

1.2 각국의 TPMS 기술기준 현황

일반적으로 TPMS에 사용하고 있는 주파수 대역은 UHF(300 - 3000 MHz)이다. 주파수에 따른 특성을 보면 400 MHz 근처 대역이 우수함을 알 수 있다.



- 각국의 현황(TPMS)

미국 ; 315 MHz, 433 MHz 공히 사용가능하나 완성차

자동차 업계(OEM)에서는 100% 315 강전을 사용하고 있다.

대역폭은 FCC part 15기준에 의거한 것으로 중심 주파수를 중심으로 0.25%내에 있으면 합격으로 판정한다. 대부분의 제품에서 점유대역폭은 150-450 kHz 범위에 있다. 점유대역폭의 기준은 중심주파수 * 0.25%, 측정기준은 99%전력이 아니라 -20 dB이다.

출력은 260-470 MHz에서 12,500마이크로볼트(3 m, 듀티 100%기준)이다. 변조방식은 ASK(진폭변조)가 쓰이고 있으나 FSK를 사용해도 무방하다.

타이어 자동 인식(RFID) 기능을 위해 315 약전(국내 미약전파 규격) 및 915 MHz의 ISM 밴드도 사용할 가능성이 많다.

유럽 ; 315 MHz, 433 MHz 공히 사용가능하며, 433강전이 주로 쓰이고 있으나 아직 315약전(FSK, ASK)을 사용하는 경우도 있다. 자세한 규격은 EN 300 220 등의 문서에 적시되어 있다.

일본 ; 소위 특정소출력(ARIB-64)의 경우, 우리보다 더 엄격한 기술 기준을 적용하고 있으며, 주파수 대역은 426 MHz, 채널 간격 12.5 kHz, 점유대역폭 8.5 kHz, 주파수 변동폭은 4 ppm(국내 7 ppm)을 허용하고 있다. 현재는 대부분 315약전을 사용하고 있다.

국내 ; 국내 업체의 경우, TPMS 주파수로는 국내 기술 기준으로 고시되어 차량용 또는 안전시스템용으로 할당된 447 MHz를 사용하고 있었으며 해당 기술 기준(주파수 채널 간격 12.5 kHz, 점유대역폭 8.5 kHz, 주파수 변동폭 7 ppm)을 준용하고 있다. 현재까지는 국내 완성차 업계에서도 TPMS용으로 173, 311, 447 MHz가 적용되고 있다.

기타 ; RFID의 기능이 결합된 수동식 Battery-less TPMS도 개발중이며 125 kHz, 868 MHz, 915 MHz, 2.45 GHz의 주파수에서 연구 중이다.

3.2 국내 기준기술 제정 방향

우리는 국내 차량용 TPMS제품의 기술기준을 정할 때 국내 소출력 정책의 일관성을 유지하면서 동시에 국제적 추세를 반영하여 국제적 호환성이 확보되도록 정하는 것이 필요하다. 실제로 2005년 차량용 TPMS를 위해 433MHz 대역이 주파수 분배된 계기는 국제적 기준에 따라 TPMS 제품이 유통될 수 있도록 요구한 외국의 요청에

표 2. 각국의 기술 현황

	미국	유럽			일본 (의견수렴중)
		출력제한	듀티제한	채널폭제한	
주파수대 [MHz]	433.92	433.05~434.79			312~315.25
출력	4,283uV/m @3m = -24.7dBm(ERP)	1mW이하& -13dBm/10kHz (ERP)	10mW이하 (ERP)	10mW이하 (ERP)	0.25mW (EIRP) * 오차: 상한 20%이내
듀티 사이클 [%]	3.3%이하 - 전송시간: 1초이하 - 휴지시간: 10초이상 & 전송시간의 30배이상	100%	10%이하	100%	FCC와 동일
점유 주파수폭 [KHz]	433.92MHz×0.25% =1084.8kHz	no Spacing	no Spacing	25kHz이하	1MHz 이하
주파수 허용편차 [ppm]	-	100ppm	100ppm	채널간격별 다름 -12.5kHz:1.5KHz -25kHz: 2 KHz	지정주파수대 이내
불요발사	428uV/m @3m= -44.7dBm(ERP)	-36dBm (erp)	-36dBm (erp)	-36dBm (erp)	o 1 GHz이하 : 250mW이하 o 1 GHz이상 : 1 μW이하
송신시간 제한	듀티 참조	듀티 참조	듀티 참조	듀티 참조	o 주기적: 듀티참조 o 비주기적 : 5초이내
기타		o 음성전송 불가	o 음성전송불가	o 음성전송 불가	o 식별부호 o 일체형 o 음성전송불가

※ 각국 참조 기준

- FCC Part15 Sec 15.321 (미국 FCC 기준)
- ETSI EN 300 220-1 V2.1.1 (2006-04) (유럽 표준)
- ERC RECOMMENDATION 70-03 (SRD 관련 유럽 권고)
- 일본 TPMS 기술기준 의견수렴안

따라 해당 주파수 분배여부가 논의되어 주파수가 분배된 것이 현실이다. 외국과의 자유로운 무역을 통하여 국익을 창출해야하는 우리나라의 현실에서 가능한 국제기준을 수용하여 국내 기준을 정함으로써 국가간 무역마찰이나

분쟁의 소지없이 기술기준을 정하여야 한다.

한편 TPMS 제품의 가장 큰 중간 수요자는 국내 차량제조업체인데 이들은 국내 기술기준이 유럽등과 달리 규정 될 경우 서로 다른 기술기준에 따른 차량 제조비용의 상

승에 따른 어려움 외에도 차량 수출시 이러한 요인으로 혹시 발생할 수 있는 불이익 등을 염려하고 있다. 즉 국내 차량제조업체의 입장에서는 차량용 TPMS는 차량 제조시 아주 작은 부분에 불과한데 이 때문에 차량 수출 등에서 장애로 작용하지 않기를 희망하는 것이다.

따라서 국내 TPMS 기술기준은 연구반 참여위원들의 합의하에 현행 기술기준 제도를 유지하면서 가능한 국내 차량제조사의 요구를 수용할 수 있는 방식으로 기술기준(안)을 정하였다.

• 출 력

출력과 관련한 주요 논의사항으로는 기준치를 얼마로 규정할 것인가 여부와 출력을 전도전력으로 규정할 것인가 아니면 복사전력으로 규정할 것인가에 대한 논의이다.

먼저 출력 기준값과 관련해서 현행 국내 특정소출력 무선기기(데이터전송용)의 출력 기준을 살펴보면 공중선 전력(전도전력)으로 5mW 또는 10mW이하로 규정하고 있으며 지난 2005년 TPMS 주파수 분배 연구반에서 출력을 5mW이하로 합의된 상태였다. 따라서 2006년도 기술기준 연구반에서도 출력 최대치를 5mW이하로 규정하는 큰 이견이 없이 합의되었다.

한편 국내 소출력 무선기기 대부분은 출력을 전도전력으로 규정하는 있으나 미국, 유럽, 일본 등 외국에서는 차량용 TPMS 출력을 공중선 전력(즉 전도전력)이 아닌 복사전력으로 규정하고 있다. 출력을 전도전력으로 규정하는 경우와 출력을 복사전력으로 규정하는 경우 각각의 장단점을 살펴보면, 먼저 출력을 전도전력으로 규정하는 경우 가장 큰 장점은 측정자 또는 측정환경 등에 무관하게 일관된 출력값을 구할 수 있어 측정자나 측정환경에 무관하게 측정값을 재현할 수 있는 반면, 공중선에 공급되는 전력을 측정하기 위하여 공중선 전단에 측정단자를 설치해야 하는 어려움이 있다. 특히 측정대상 기기가 점차 소형화, 일체형으로 제작되는 현 추세에서는 출력 기준 측정을 위하여 제품을 해체하여 안테나 종단에 출력단자를 설치해야 하는 번거로움 등으로 외국에서는 점차 전도전력보다는 복사전력으로 출력을 측정하는 추세이다.

한편 복사전력으로 출력을 규정하는 경우 가장 큰 장점은 전파가 복사되는 실제 환경에서 3m 혹은 10m 거리에서 측정된 값이므로 해당제품이 환경에 미칠 수 있는

영향을 보다 잘 반영할 수 있다. 그리고 기술기준에서 규정하는 출력값과 실제 환경에서의 출력값이 일치하여 효율적으로 제품을 설계할 수 있으며 측정제품에서 복사되는 전력을 측정함으로써 제품을 해체하지 않고 측정할 수 있는 등의 장점이 있다. 그러나 복사전력으로 측정하는 경우 측정환경 즉 주변 전자파의 영향에 따라 측정값이 달라질 수 있는 단점이 있으며 이를 해결하기 위하여 복사전력은 전자파 무반사 챔버에서 측정하도록 규정하고 있다.

국내 TPMS 출력기준을 정함에 있어 제품이 소형화, 일체화되어감에 따라 복사전력으로 측정하는 것이 세계 추세이며, 미국, 유럽 등 국가에서도 TPMS 출력기준을 3m 거리에서 측정된 복사전력으로 규정하고 있고 국내 차량 제조사 및 수입자동차협회, 국내 제조업체 일부 등에서 복사전력으로 출력을 규정하도록 희망함에 따라 국내 TPMS 출력기준을 3m에서 측정된 복사전력이 102.22dB μ VuV/m 가 되도록 규정하였다. 이는 등방등가복사전력(EIRP)로 5mW에 해당하는 출력이다.

• 점유주파수대폭과 주파수 허용편차

무선설비 기술기준에서는 주파수 자원을 효율적으로 사용하고 인접대역을 사용하는 타 무선기기에 전파간섭 영향을 최소화하기 위하여 점유주파수대폭과 주파수 허용편차를 각각 규정하고 있다. 점유주파수대폭이란 발사되는 전파 에너지의 대부분(99%)이 한정된 주파수대역 내로 제한되도록 함으로서 주파수 자원을 보다 효율적으로 사용하도록 정하는 규정이며, 주파수 허용편차는 RF 제품의 반송파의 발진 주파수가 온도, 습도 등 환경요인에 따라 영향을 받고 일정한 주파수로 발진하도록 정하는 규정이다.

국내 TPMS 출력기준을 정함에 있어 연구반 내에서 연구원들 간에 가장 첨예하게 대립하여 합의점을 도출하는데 가장 어려웠던 요인이 바로 이 점유주파수대폭과 주파수 허용편차에 대한 기준이었다.

현재의 국내 측정소출력 무선기기(데이터전송용)의 점유주파수대폭과 주파수 허용편차 기준은 각각 8.5kHz와 $\pm 7 \times 10^{-6}$ 인 반면 유럽, 미국 등에서는 점유주파수대폭에 대하여는 특별한 제한이 없이 이용하고 있으며 주파수 허용편차는 $\pm 100 \times 10^{-6}$ 을 적용하고 있다. 즉 국내 특정소출력 무선설비는 좁은 폭의 협대역 기준을 적용하는 반면,

유럽, 미국 등에서는 광대역 기준을 적용하는 차이라 할 수 있다.

따라서 국내 TPMS 제조업체에서는 기존 국내 소출력 무선설비 기준과 동일하게 점유주파수대폭과 주파수 허용편차를 각각 8.5kHz와 $\pm 7 \times 10^{-6}$ 로 규정하도록 주장한 반면, 국내 차량제조사나 수입자동차협회 등에서는 국내와 외국의 기준이 상이할 경우, 수출입 차량에 따라 다른 기준으로 제품을 제조해야하므로 제조단가가 상승하는 어려움 등으로 유럽기준과 동일한 광대역 기준을 희망하였다. 이와같이 연구반 내에서 나타난 국내 TPMS 제조업체와 국내 차량제조사 및 수입자동차협회간 주장은 서로가 양보없이 대립함에 따라 국제기준과의 호환 및 국내 제조업체 보호라는 관점에서 다음과 같은 절충안으로 합의안을 해당 기술기준을 정하였다.

구 분	기술기준(안)
점유주파수대폭	8.5kHz 이내
주파수허용편차	$\pm 7 \times 10^{-6}$ 이내

※ 단 자동차 출고시 장착되는 TPMS의 경우 점유주파수대폭은 대역폭이내 주파수 허용편차는 $\pm 100 \times 10^{-6}$ 이 내로 함

이는 현재의 기술기준정책을 수용하면서 국내 차량제조사의 어려움을 수용하기 위한 절충안이다.

• **불요 발사**

불요발사는 전파이용이 허용되는 주파수 대역 외에서 전파의 출력을 제한함으로써 타 통신기에 영향을 최소화하기 위한 규정으로 인접채널 누설전력과 스프리어스 제한 규정 등을 포함하는 기준이다.

국내 데이터전송용 소출력 기기의 경우 스프리어스 등 불요발사는 -40dBc 이하로 규정하고 있다. 따라서 TPMS 평균출력이 5mW(약 7dBm)인 경우 국내 기준에 따른 불요발사 기준은 -33dBm 이하가 되어야 하며 출력이 이보다 더 낮을 경우 불요발사 기준은 그 차이만큼 더 낮은 기준을 적용해야 한다. 이는 출력세기에 따라 불요발사 기준이 다르게 적용되어야 함으로 의미하며 출력을 낮추어 줄수록 불요발사도 그만큼 더 낮아져야 한다는 모순점을 내포하고 있다.

이에 반해 유럽의 경우 불요발사는 등방복사전력

(ERP)으로 -36dBm이하로 규정하고 있다. 이는 해당 제품의 출력에 관계없이 대역 외에서는 -36dBm이하를 유지하도록 제품이 제작하면 된다.

따라서 국내 기술기준에서도 유럽의 기준과 동일하게 불요발사 기준을 -36dBm(ERP)이하로 규정하였다.

• **송신시간 및 듀티 사이클 제한**

듀티 사이클이란 주기적으로 전파가 발사되는 경우, 1일중 실제로 전파가 발사되는 시간에 대한 비율을 말하는 것으로 차량용 TPMS 제품 상호간 간섭을 줄이기 위하여 정하는 기준이다.

이와 관련한 외국의 기준을 살펴보면 유럽의 경우 듀티 사이클은 10%이하로 규정하고 있으며 비국의 경우에는 전파발사시간이 1초 이하이고 휴지시간은 10초 이상 이도록 규정하고 있다. 그리고 휴지시간은 전파발사시간의 30배 이상이 되도록 규정함으로써 3.3% 이하의 듀티사이클을 가지도록 규정하고 있다.

듀티사이클은 작게 규정 할수록 차량용 TPMS 제품 상호간 간섭영향을 줄일 수 있다. 한편 차량용 TPMS 제품은 차량 바퀴 몸체(타이어 내부)에 부착됨으로 배터리 수명은 약 10년 이상이 되도록 하기 위해 제조회사에서는 가능한 전파발사 시간을 작게 하고 있다. 따라서 TPMS 기술기준 연구반에서는 TPMS 제품 상호간 전파간섭 영향을 최소화하고 TPMS 배터리 수명을 10년 이상이 되도록 하기 위하여 송신시간은 1초 이하이면서 동시에 듀티 사이클을 1%이하가 되도록 합의하였는데 이는 미국, 유럽 등의 기준보다 낮아 국내 기준을 만족하는 제품의 경우 미국, 유럽의 기준을 동시에 만족할 수 있다.

• **전파형식**

국내외 TPMS 제품은 진폭변조나 주파수변조(혹은 위상변조)를 이용하고 있으며 음성신호가 아닌 데이터 신호를 전송하는데 이용되고 있다. 따라서 전파형식을 A1D, A2D, F(G)1D, F(G)2D로 정하였다.

• **코드식별기억장치 등**

차량용 TPMS 제품은 동일제품 상호간 전파간섭이나 오동작을 야기할 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위하여 아래와 같은 기기별 코드식별기억장치를 갖추도록 규정

하였다.

- 다른 기기의 오동작을 방지하고 다른 기기의 신호에 의한 오동작을 일으키지 않도록 기기별 코드식별기억장치를 갖출 것

한편 제품의 인위적인 해체나 변경 등을 방지하기 위하여 고주파부 및 변조부 등을 하나의 케비넷 안에 수용되어 있고 쉽게 개봉할 수 없도록 규정하였다.

위하여 10여 차례의 회의와 각계의 의견을 수렴하기 위하여 공청회를 개최하였으며 3차례의 설문을 하여 차량용 무선기기(TPMS)의 기술기준안을 제안하게 되었다.

본 연구반의 연구결과로 제안된 정책 자료가 정책 결정에 중요한 참고자료가 되기를 바라며, 조속히 기술기준이 수립되어 관련 산업의 활성화가 하루빨리 이루어지기를 기대한다.

IV. 결 론

타이어는 운전자의 차량을 구성하는 많은 부품들 중 유일하게 도로 노면에 접촉하는 부품으로 타이어의 상태는 운전자의 안전과 직결된다. 2006년 10월부터 미국내 생산되는 차량은 물론 수입차량까지 TPMS 시스템의 설치는 의무이며 유럽에서도 자국 운전자의 안전을 위해서 들러 TPMS 시스템의 도입을 준비하고 있다. 초창기 타이어 공기압 감지 장치는 오늘날과 같은 높은 분해능 감도와 이를 위한 마이크로컨트롤러 및 RF 트랜시버 기술이 마련되어 있지 않아 바퀴의 회전수에 의한 공기압 측정 및 기계식 압력 센서에 의존할 수밖에 없었다.

현재 국내 자동차 업계와 부품업체에서는 타이어 공기압 표시장치(TPMS)의 개발을 완료하였고 이미 유럽과 미국 등에서는 TPMS를 장착한 차량을 운행 중이다.

특히 최근 미국의 경우 2007년 9월 이후 모든 차량에 TPMS를 100% 장착 의무화 법안을 채택하였기에 외통부, 재정부, 수입자동차협회 등에서 미주, 유럽에서 사용 중인 차량용주파수의 지속적인 허용 요구에 따라 국내 여건을 고려한 적정 주파수를 2005. 12월 TPMS를 위하여 433.795 ~ 434.045MHz대를 특정소출력 무선 함 분배기기(데이터전송용)로 분배 하였다.(정보통신부고시 제 2005-60호 : 2005. 12. 2) 따라서 본 연구반에서는 TPMS기술기준안을 마련하기 위하여 연구반을 구성하여 연구를 진행하였다.

본 연구반에서는 각 국에서 사용하는 차량용 무선기기 TPMS주파수 이용 동향을 조사하였다. 주요 국가별 차량용무선기기(TPMS)기술기준 동향과 국가별 기술기준을 비교하여 국내기술기준의 제정 방향을 설정하였다. 또한 차량용 무선기기(TPMS)의 기술기준을 분석하여, 기술기준의 도입 배경, 주요항목에 대한 시험, 기술기준을 제안하고 세부항목별 기준치를 규정하였다. 기술기준 제정을

참고문헌

- [1] 서태석/정보서비스팀, "스마트 타이어 최신동향," 삼성종합기술원, 2003.6.
- [2] APPLICATION NOTE 3395, "Requirements of Remote Keyless Entry(RKE) System," korea.maximic.com, 2004.11.
- [3] Application Note AN1951/D, "Motorola Tire Pressure Monitor System Demo," Freescale Semiconductor, Inc., 2003.5.
- [4] Niclas Persson, Fredrik Gustafsson, Markus Drevo, "Indirect Tire Pressure Monitoring Using Sensor Fusion," 2002 Society of Automotive Engineers, Inc., 2002.
- [5] "ICs for Tire-pressure Monitoring Systems," www.atmel.com, 2004.
- [6] Application Note AN1953, "MPXY8020 Series Tire Pressure Monitoring Sensor," Freescale Semiconductor, Inc., 2003.
- [7] cie.korea.ac.kr/microsensor/notefile/sensor/8-1.pdf, 2003.5.
- [8] Ranjit Sin호, Low Lee N해, Ho Soon Seng, and Frederick Neo대 Chwee Mok, "A Silicon Piezoresistive Pressure Sensor," IEEE Computer Society, 2002.
- [9] Infineon Technical Documents, "Sensors Databook 2005," www.infineon, 2005.

저자소개

강 회 조



1994년 한국항공대학교 대학원 항공
전자공학과 졸업(공학박사)

1996년 8월~1997년 8월 오사카대학교
공학부 통신공학과 객원교수

1990년 3월~2003년 2월 동신대학교
전자정보통신공학부 교수

2003년 3월~현재 목원대학교 컴퓨터공학부 조교수

※관심 분야: 멀티미디어 통신, 유비쿼터스, 텔레메틱스,
무선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경
전자공학, 무선광통신, 디지털콘텐츠, RFID