

# 스위칭 빔형성기 기반의 TPMS 용 간섭제거 기술

## Interference Suppression Based on Switching Beamforming for TPMS

박철\* · 김성민\* · 황석승\*\*

Cheol Park and Seong-min Kim and Suk-seung Hwang

\* 조선대학교 대학원 첨단부품소재공학과

\*\* 조선대학교 공과대학 메카트로닉스공학과

### 요 약

타이어의 센서부에서 전송된 데이터를 기반으로 주행 중인 차량의 타이어 이상 유무를 수신기의 디스플레이 장치에 표시하도록 설계된 TPMS(Tire Pressure Monitoring System)는 자동차 타이어의 온도와 압력 등을 수시로 점검하고 데이터들을 운전자에게 알려줌으로서 차량 운행을 안전하게 보조해주는 무선통신 시스템이다. 측정된 데이터 전송을 위하여 TPMS 센서부에서 자동차 내부의 신호처리부로 무선 통신을 이용하는데, 이때 각 타이어들의 간섭과 외부로부터의 간섭이 존재할 수 있다. 이러한 간섭들을 최소화하고, 효과적인 데이터 수신을 위하여 TPMS를 위한 일반적인(conventional) 빔형성기(Beamformer) 기반의 스위칭 빔형성(switching beamforming) 기술을 제안한다. 또한, 각 타이어간의 간섭을 최소화하고 전력소비 감소를 위하여 각 타이어에 고유의 골드코드(Gold Code)를 부여하는 시스템을 제시하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 기술의 간섭제거 성능을 확인한다.

**키워드** : TPMS(Tire Pressure Monitoring System), 간섭제거(Interference Suppression), 빔형성기(Beamformer), 스위칭 빔형성기(Switching Beamforming), Gold Code

### Abstract

A TPMS is a wireless communication system designed to monitor its condition inside the pneumatic tires on various types of vehicles. These systems report the tire pressure information to the driver of the vehicle. While wireless communications is used to transmit the measurement data from TPMS sensors to a central processing unit in the vehicle, it suffers from the various interferences such as sensors of each tire or outside electrical equipments. Based on the conventional beamformer, a switching beamforming technique is proposed to minimize the interference and efficiently receive valid data. Moreover, in order to minimize the interference and reduce power consumption for communication, a system with unique Gold Code is presented for each tire. The performance of interference suppression is illustrated by computer simulations.

**Key Words** : TPMS(Tire Pressure Monitoring System), Interference Suppression, Beamformer, Switching Beamforming, Gold Code

## 1. 서 론

TPMS(Tire Pressure Monitoring System)는 각 타이어에 부착된 센서에서 압력, 움직임, 온도 등을 측정하여 타이어의 휠 또는 밸브 등에 부착된 송신기모듈에서 측정된 데이터를 자동차 내부에 설치된 신호처리부 수신기에 무선으로 전송한다[1]. 차량에 설치된 TPMS는 타이어에 부착된 센서부의 전송데이터를 분석하여 압력 또는 온도 등을 확인하여 수신기의 디스플레이에 이상 유무를 즉각 표시해주고

대처할 수 있게 하는 안전 보조 시스템으로 정의할 수 있다 [2][3]. TPMS는 무선으로 데이터를 송수신하고 충전이 불가능하므로 자동차의 수명과 비슷한 배터리 수명을 가지는 저용량 배터리 기반의 TPMS 개발이 필요하다[4].

미국에서 생산되는 모든 차량과 수입차량은 2008년 9월 이후 TPMS의 장착을 100% 의무화 하고 있다[5]. 또한 TPMS와 각종 차량 안전장치 도입 및 개발이 국내에서 활발히 진행되고 있는 실정이다. TPMS 주파수 대역은 국내에서 433.92MHz, 447MHz등을 사용하며, 미국과 유럽 등 여러 국가에서는 433.92MHz를 사용하므로[6] 국내에서도 해외 수출용으로 참고해야할 주파수 대역으로 간주된다. 그러나 433.92MHz 주파수 대역은 국내에서 아마추어 무선국, RKE(Remote Keyless Entry), 컨테이너 관리용 RFID(Radio-Frequency Identification) 등의 장치들이 TPMS와 비슷한 주파수 대역에서 고출력의 신호를 사용하기 때문에 TPMS에 사용되는 무선통신에 심각한 간섭으로 작용할 가

접수일자 : 2011년 4월 11일

완료일자 : 2011년 7월 30일

+ 교신저자

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인제양성사업의 연구결과입니다.

능성이 높다[7]. 본 논문에서는 이러한 여러 가지 간섭들의 효율적인 제거를 위하여 AOA(angle of arrival) 벡터 기반의 스위칭 빔형성 기술을 차량의 내부에 있는 TPMS 수신기에 적용하는 방법을 제안한다.

TPMS는 발전을 거듭하여 현재 4세대 방식을 사용하고 있다. 1세대 형 TPMS는 송신기의 전파를 수신기가 직접 수신하는 방식을 사용하였고, 2세대 형은 하나의 고유 송신기를 이용하여 TPMS 측정을 지시하는 장치를 사용하였다. 3세대 형은 TPMS 데이터 측정을 각 타이어 근처에서 실시하였고, 4세대 형은 TPMS 데이터 측정 명령을 각 타이어 근처에서 지시하고 근처의 안테나를 통하여 TPMS 신호를 수신하는 방법을 사용한다. 본 논문에서는 스위칭 빔형성 기술을 TPMS에 적용시키기 위하여 차량 중심부에  $M$ 개의 수신 안테나를 일정한 간격으로 일렬로 배치시키는 구조와 각 타이어에서 보내어지는 송신신호에 의한 간섭을 제거하며, 각 타이어에 대한 송신신호에 고유의 코드[8]를 부여하여 소모되는 전력을 최소화하는 방법을 제안한다.

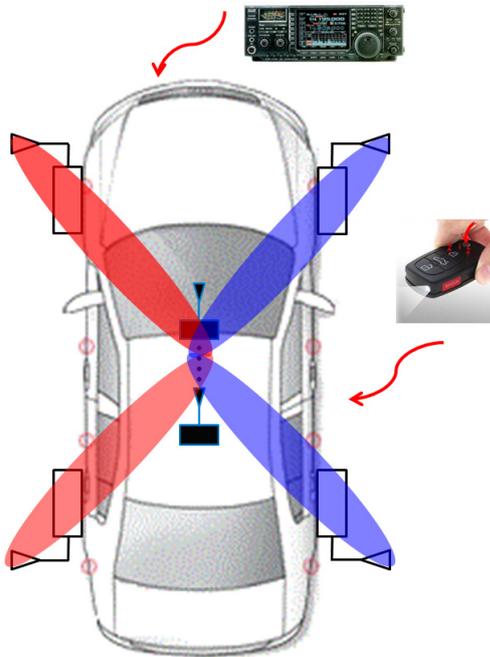


그림 1. TPMS 용 스위칭 빔형성을 위한 차량 내부의 안테나 구조

Fig. 1. Antenna arrangement inside the vehicle for TPMS switching beamforming

## 2. 수신신호 모델

본 논문에서는 빔형성기를 TPMS에 사용하기 위하여 차량의 중앙에 일직선으로  $M$ 개의 안테나를 배치하여 네 개의 타이어로부터 송신된 데이터들을 수신하는 안테나 구조를 고려한다. 차량 내의 송수신 안테나 구조는 그림1과 같이 나타낼 수 있다. 샘플 인덱스  $k$ 와  $i$ 번째 타이어에 대한 등 간격 선형 어레이(Uniform Linear Array, ULA) 기반의 수신 신호는 식(1)과 같이 주어진다.

$$\mathbf{r}_i(k) = \mathbf{a}_i g_i(k) b_i(k) + \mathbf{A} \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) \quad (1)$$

$i = 1, 2, 3, 4$

식(1)에서  $\mathbf{a}_i$ 는  $i$ 번째 타이어에 대한  $M \times 1$  크기의 어레이 응답 벡터이고,  $g_i(k)$ 는 길이  $N$ 의  $i$ 번째 타이어에 대한 사이클로스테이션너리(cyclostationary) 골드코드이며,  $b_i(k)$ 는 골드코드의 한 사이클(cycle)동안 일정한  $i$ 번째 타이어에 대한 실제 측정된 데이터 비트(bit)를 나타낸다. 또한,  $\mathbf{A}$ 는  $M \times L$  크기의 어레이 응답 행렬이고,  $L$ 은 간섭신호의 개수이며,  $\mathbf{s}(k)$ 는 간섭신호들로 이루어진 크기  $L \times 1$ 의 간섭신호 벡터를 나타낸다. 마지막으로,  $\mathbf{n}(k)$ 는 i.i.d(independent and identically distributed) 원소로 구성되어있는 '0'과  $\sigma^2$ 를 평균과 분산으로 가지는 AWGN (additive white Gaussian Noise, 백색 가우시안 잡음)을 뜻한다.  $l$ 번째 간섭에 대한 AOA 어레이 응답 벡터인  $\mathbf{A}$ 의  $l$ 번째 열 벡터인  $\mathbf{a}_l$  및  $\mathbf{a}_i$ 는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다[9][10].

$$\mathbf{a}_l = \begin{pmatrix} 1 \\ e^{-j\zeta_l} \\ \vdots \\ e^{-j(M-1)\zeta_l} \end{pmatrix} \quad (2)$$

식(2)에서

$$\zeta_l = 2\pi \left( \frac{d}{\lambda} \right) \cos \phi_l \quad (3)$$

이고,  $\phi_l$ 는  $l$ 번째 간섭신호 또는 TPMS 송신신호에 대한 수신 방향 각도를 나타낸다. 또한, 식(3)에서  $d = \lambda/2$ 는 안테나 사이의 간격을 뜻하며,  $\lambda$ 는 신호의 파장을 나타낸다.

## 3. 스위칭 빔형성기 기반의 TPMS 무선통신

본 장에서는 각 타이어에 대한 데이터 및 외부 전자장치 신호에 의한 간섭을 억제하기 위한 스위칭 빔형성기 기반의 TPMS 무선통신기의 구조를 제안한다. 그림1에 나타나듯이 각 타이어에는 측정된 데이터를 송신하기 위하여 각각 한 개의 안테나를 사용하고, 차량 중심부에 각 타이어에서 송신된 데이터를 수신하기 위하여  $M$ 개의 수신안테나를 일렬로 배치한다[11].

### 3.1 TPMS용 스위칭 빔형성기

외부 전자장치로부터의 간섭을 억제하고 효과적으로 TPMS 센서부로부터 측정된 데이터를 수신하기 위하여 각 타이어의 송신안테나로부터 차량 내부의 수신안테나로의 AOA 벡터 기반의 빔형성기를 고려한다. 송신안테나에 대한 수신안테나의 AOA 벡터는 차량에 TPMS를 설치할 시 결정된다. 이와 같은 빔형성기는 원하는 신호가 입사되는 어레이의 방향에 간섭에 비하여 큰 가중치를 부여하여 SIR(Signal-to-Interference Ratio, 신호-대-간섭 비)를 향상시킨다. 그림2에서 보여 지는 빔형성기는 원하는 신호는 변화시키지 않고 원하는 신호와 다른 방향에서 입사되는 간섭신호들을 억제해 주도록 설계되어 있다.

이러한 빔형성기의 가중치 벡터는 식(4)와 같이 주어진다 [12].

$$\mathbf{w}_i = \frac{\mathbf{a}_i(\phi)}{\sqrt{\mathbf{a}_i^H(\phi) \mathbf{a}_i(\phi)}} \quad (4)$$

식(4)에서  $\mathbf{a}_i(\phi)$ 는  $i$ 번째 타이어에 대한 AOA 벡터이고,  $H$ 는 켈레복소수 전치(transpose)를 나타낸다. 식(4)은  $i$ 번째 타이어에 대하여 크기 '1'의 빔(beam) 팩터(factor)를 생성하고, SIR을 향상시킨다. 주어진 빔형성기 가중치에 의한  $i$ 번째 타이어에 대한 빔형성기 출력은 식(5)와 같이 주어진다.

$$y_i(k) = \mathbf{w}_i^H \mathbf{r}_i(k) \quad (5)$$

식(5)의 빔형성기 출력  $y_i(k)$ 는 원하는  $i$ 번째 TPMS 데이터 신호와 잡음, 그리고 작은 전력의 억제된 간섭 신호들을 포함한다.

식(3)에 주어진 어레이 응답 벡터의 구조상 식(4)의 가중치 벡터는 입사각  $\phi$ 와  $360 - \phi$  각도로 빔을 형성하게 된다. 차량의 앞쪽 타이어와 뒤쪽 타이어는 서로 일직선으로 위치하기 때문에, 만약 오른쪽 앞 타이어에 대한 송신신호가  $\phi_i$ 로 입사되면, 오른쪽 뒤 타이어에 대한 송신신호는  $360 - \phi_i$  각도로 입사하게 된다. 그러므로 오른쪽 앞 타이어에 대한 가중치 벡터와 왼쪽 앞 타이어에 대한 가중치 벡터를 교대로 빔형성기에 사용하면, 네 개의 모든 타이어에 대한 신호들을 수신할 수 있게 된다. 이와 같이 두개 이상의 가중치 벡터를 교대로 사용하여 원하는 방향에 빔을 형성시켜주는 것이 스위칭 빔형성기의 개념이 된다.

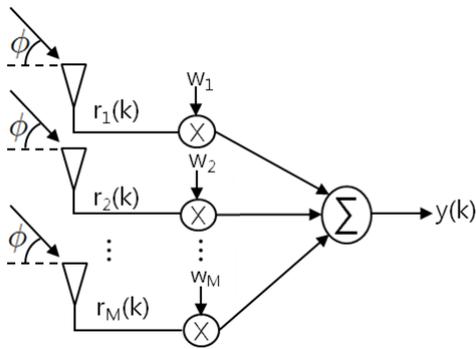


그림 2. 일반적인 빔형성기 구조  
Fig. 2. Conventional beamformer structure

### 3.2 골드코드 기반의 TPMS 송신신호

3.1장에서 제안된 빔형성기 구조는 한 번의 빔을 생성할 시, 수신안테나는 두 개의 타이어(예를 들면, 오른쪽 앞 타이어와 오른쪽 뒤 타이어 또는 왼쪽 앞 타이어와 왼쪽 뒤 타이어)에 대한 데이터 신호를 수신하게 된다. 그러므로 어느 한 타이어에 대한 신호는 원하는 타이어에 대한 신호의 간섭으로 작용하게 된다. 이러한 각 타이어에 대한 간섭을 제거하고 전력소비를 감소시키기 위하여 본 논문에서는 길이  $N$ 의 골드코드[8]를 사용한다. 즉 각 타이어의 송신안테나는 길이  $N$ 의 각기 다른 골드코드를 부여 받아 데이터를 송신한다. 송신신호는 골드코드에 의해 확산(spreading)되고, 차량 내부의 수신안테나에서 수신된 신호는 부여된 골드코드에 의해 역확산(despreading)된 후, 원하는 데이터를 검출하게 된다. 역확산된 수신신호는 식(6)과 같이 주어진다.

$$y_i(n) = \mathbf{y}_i^T(n) \mathbf{g}_i \quad (6)$$

식(6)에서  $i$ 번째 타이어에 대한  $\mathbf{y}_i(n)$ 과 골드코드  $\mathbf{g}_i$ 는 식(7)과 식(8)로 정의된다.

$$\mathbf{y}_i(n) = [y_i(k), y_i(k+1), \dots, y_i(k+N-1)]^T \quad (7)$$

$$\mathbf{g}_i = [g_i(k), g_i(k+1), \dots, g_i(k+N-1)]^T \quad (8)$$

## 4. 컴퓨터 시뮬레이션

본 장에서는 제안된 골드코드 기반의 빔형성 기술의 성능 확인을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 보인다. 시뮬레이션을 위해 차량 중앙부에 네 개의 수신안테나와 여덟 개의 수신안테나를 사용하는 두 가지 경우를 고려하였다. 또한, 각 타이어의 TPMS 송신신호에 길이  $N=15$ 의 골드코드를 부여하였다. 각 타이어에 대한 TPMS 송신신호의 입사각들은  $60^\circ, 120^\circ, 240^\circ, 300^\circ$ 로 가정하였고, 수신안테나에 대하여 각각  $75^\circ, 147^\circ, 255^\circ$ 로 입사되는 세 개의 간섭신호가 존재하는 것으로 가정하였다.

안테나에서 방사되는 전자기파(electromagnetic wave)가 빔을 형성하고, 이러한 빔들이 특정 방향성과 모양을 가지는 형상을 빔 패턴(beam pattern)이라 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 차량 내부에 네 개의 수신안테나를 사용하였을 경우의 빔 패턴을 보인다. 그림3.(a)에서 오른쪽 앞과 뒤의 타이어 TPMS 신호에 대한 입사각  $60^\circ, 300^\circ$  방향으로의 빔이 형성되었음을 확인할 수 있고, 그림3.(b)에서 왼쪽 앞과 뒤의 타이어 TPMS 신호에 대한 입사각  $120^\circ, 240^\circ$  방향으로의 빔이 형성되었음을 확인할 수 있다. 즉, 각각 두 방향으로 빔을 형성하는 가중치 벡터를 교대로 사용하는 스위칭 빔형성기를 적용하여 네 개의 모든 타이어에 대한 입사각 방향으로 빔이 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 그림4는 여덟 개의 수신안테나를 사용하였을 경우의 빔 패턴을 보이는데, 그림3.(a), (b)와 같이 두 번의 빔형성을 교대로 수행하였을 때, 모든 네 개의 타이어에 대한 입사각 방향으로 빔들이 형성되었음을 확인할 수 있다. 그림3과 그림4를 비교해 보면, 여덟 개의 안테나를 사용한 경우 네 개의 안테나를 사용했을 때 보다 좁은 빔이 형성되고, 작은 크기의 사이드로브(side-lobe)가 존재하는 것을 알 수 있다.

그림5와 그림6, 그림7은 ISR(Interference-to-Signal Ratio, 간섭-대-신호 비)이 각각 0dB와 10dB, 20dB 일 때, 여덟 개의 안테나를 사용하였을 경우의 스위칭 빔형성기, 네 개의 안테나를 사용하였을 경우의 스위칭 빔형성기, 빔형성기를 사용하지 않았을 경우의 SNR(Signal-to-Noise Ratio, 신호-대-간섭 비) 당 출력 SINR(Signal-to-Interference and Noise Ratio, 신호-대-간섭 및 잡음 비) 성능을 비교한 결과이다. 그림5, 그림6, 그림7로부터 빔포밍을 사용하지 않았을 경우 간섭제거가 이루어 지지 않았고, 네 개의 안테나를 사용한 스위칭 빔포밍은 빔포밍을 사용하지 않을 경우보다 6~8dB 증가한 간섭제거 성능을 보이고, 여덟 개의 안테나를 사용한 빔포밍은 사용하지 않을 경우보다 20dB 이상의 성능 차이를 가지는 고성능의 간섭제거가 이루어져 향상된 출력 SINR을 얻는 것을 확인할 수 있다.

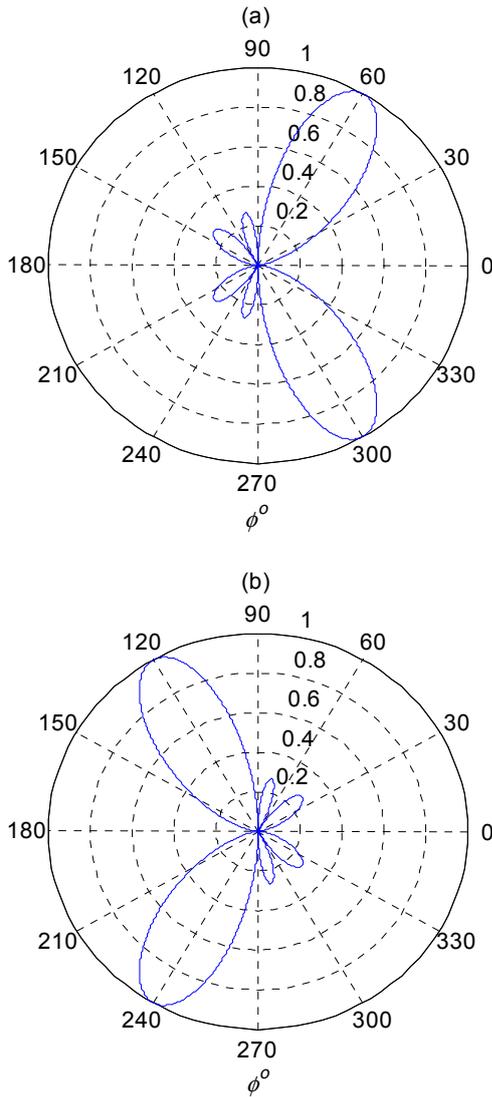


그림 3. 네 개의 안테나를 사용하였을 경우의 스위칭 빔형성기에 대한 빔 패턴  
 (a) 60°, 300°의 입사각을 가지는 오른쪽 타이어 TPMS 신호에 대한 빔 패턴  
 (b) 120°, 240°의 입사각을 가지는 왼쪽 타이어 TPMS 신호에 대한 빔 패턴

Fig. 3. Beam pattern of switching beamforming with four antennas (a) Beam pattern for right tire TPMS signals with 60° and 300° incidence angles, (b) Beam pattern for left tire TPMS signals with 120° and 240° incidence angles

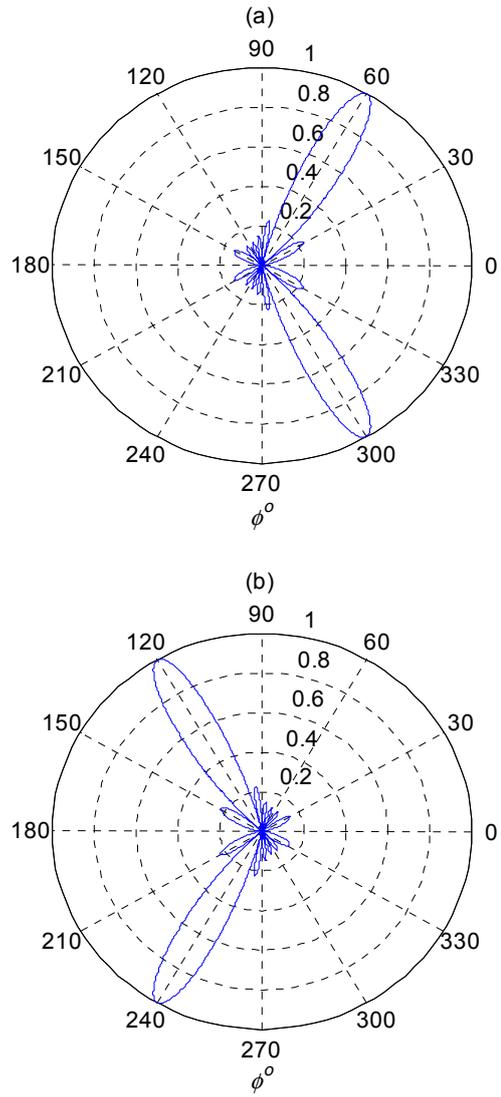


그림 4. 여덟 개의 안테나를 사용하였을 경우의 스위칭 빔형성기에 대한 빔 패턴  
 (a) 60°, 300°의 입사각을 가지는 오른쪽 타이어 TPMS 신호에 대한 빔 패턴  
 (b) 120°, 240°의 입사각을 가지는 왼쪽 타이어 TPMS 신호에 대한 빔 패턴

Fig. 4. Beam pattern of switching beamforming with eight antennas (a) Beam pattern for right tire TPMS signals with 60° and 300° incidence angles, (b) Beam pattern for left tire TPMS signals with 120° and 240° incidence angles

그림8은 ISR과 SNR이 각각 (0dB, 0dB), (10dB, 0dB), (0dB, 10dB), (10dB, 10dB)이고, 안테나가 네 개일 경우의 스위칭 빔형성기, 안테나가 여덟 개일 경우의 스위칭 빔형성기를 사용하였을 때 골드코드의 길이의 변화에 따른 출력 SINR의 값을 비교한 결과이다. 그림8로부터 전체적으로 골

드 코드의 길이가 증가할수록 출력 SINR이 증가하며, 여덟 개의 안테나를 사용했을 경우 네 개의 안테나를 사용했을 경우보다 향상된 출력 SINR 값을 얻을 수 있다는 결과를 확인할 수 있다.

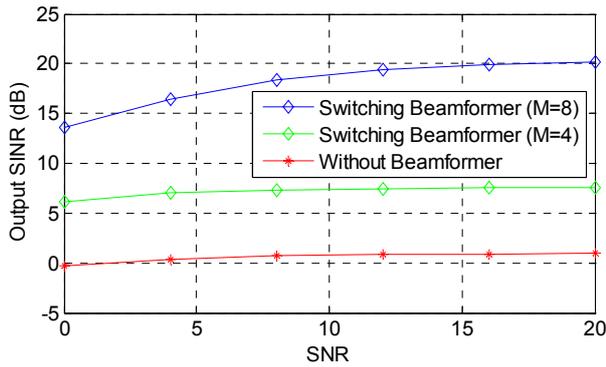


그림 5. ISR=0(dB)일 때 네 개의 안테나와 여덟 개의 안테나 기반의 스위칭 빔포밍과 빔형성기를 사용하지 않았을 때 SNR 당 출력 SINR 성능 비교

Fig. 5. Output SINR performance of the switching beamforming with four and eight antennas and without beamformer ISR=0(dB)

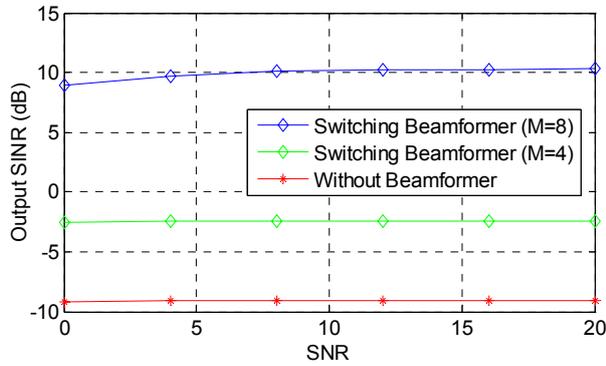


그림 6. ISR=10(dB)일 때 네 개의 안테나와 여덟 개의 안테나 기반의 스위칭 빔포밍과 빔형성기를 사용하지 않았을 때 SNR 당 출력 SINR 성능 비교

Fig. 6. Output SINR performance of the switching beamforming with four and eight antennas and without beamformer ISR=10(dB)

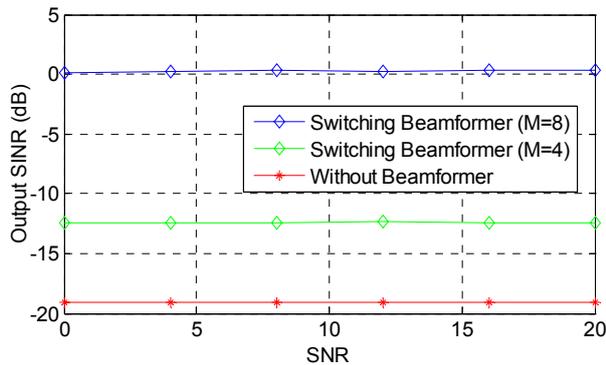


그림 7. ISR=20(dB)일 때 네 개의 안테나와 여덟 개의 안테나 기반의 스위칭 빔포밍과 빔형성기를 사용하지 않았을 때 SNR 당 출력 SINR 성능 비교

Fig. 7. Output SINR performance of the switching beamforming with four and eight antennas and without beamformer ISR=20(dB)

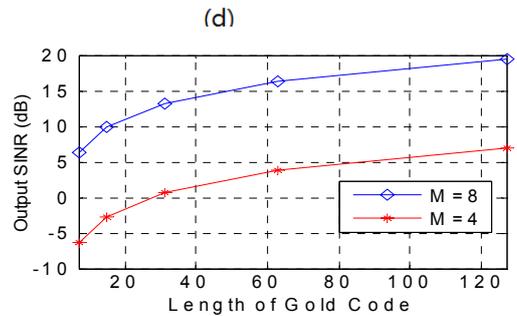
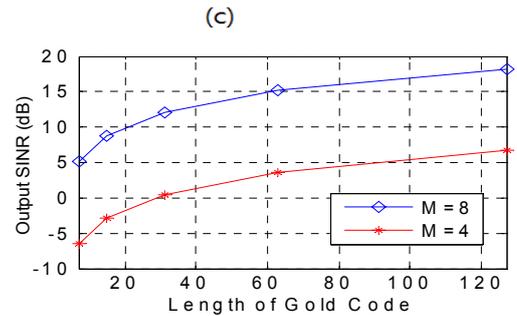
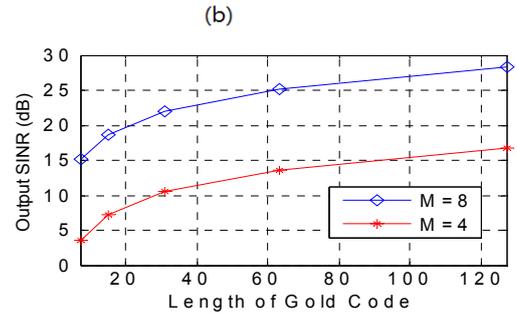
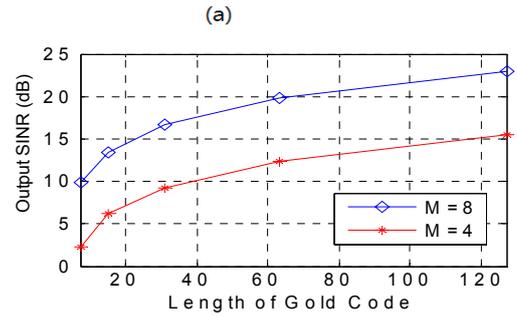


그림 8. 네 개의 안테나와 여덟 개의 안테나의 골드코드 길이에 따른 출력 SINR의 값

- (a) ISR=0(dB), SNR=0(dB) 인 경우,
- (b) ISR=0(dB), SNR=10(dB)인 경우,
- (c) ISR=10(dB), SNR=0(dB)인 경우,
- (d) ISR=10(dB), SNR=10(dB)인 경우

Fig. 8. Output SINR of the switching beamforming with four and eight antennas via Gold Code length (a) ISR=0(dB), SNR=0(dB), (b) ISR=0(dB), SNR=10(dB), (c) ISR=10(dB), SNR=0(dB), (d) ISR=10(dB), SNR=10(dB)

## 5. 결 론

차량에서 배출되는 온실가스의 감축과 연료낭비를 방지하고 타이어 공기압 부족으로 인한 교통사고를 미연에 예방하기 위해서 전 세계적으로 TPMS 사용의 의무화가 진행 중이며 이로 인한 TPMS의 중요성이 한층 더 강조되고 있다. 현재 국내에서 사용되고 있는 TPMS는 비슷한 주파수 대역을 사용하는 장비들로부터 많은 무선통신 간섭을 받고 있다. TPMS 센서부에서 신호처리부로 데이터신호를 전송할 때, 고 출력의 간섭이 존재하면 신호처리부에서 잘못된 데이터신호들을 수신하게 되어 차량의 타이어 이상 유무를 정확히 판별할 수 없게 된다. 이러한 외부의 전자장치 신호에 의한 간섭을 억제하기 위하여, TPMS에 알맞은 일반적인 빔형성기 기반의 스위칭 빔형성기를 제안하였다. 또한, 각 타이어에 의한 간섭을 제거하고 소비전력을 감소시키기 위하여 각 타이어에 고유의 코드들을 부여하는 시스템을 고려했다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 TPMS 무선통신기의 성능을 확인할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김병우, "타이어 공기압 모니터링 시스템의 판단 로직 설계에 관한 연구," *한국산학기술학회논문지*, 제7권, 3호, pp. 285-290, June 2006.
- [2] 천재영, 조평동, "타이어 공기압 감지 시스템 기술 동향," *전자통신동향분석*, 제20권, 6호, pp. 167-177, Dec. 2005.
- [3] Liuxi Tan, Sheng Liu, Honghai Zhang, Zhiying Gan, Cheng Chen, "Numerical Analysis of the Reliability of Tire Pressure Monitoring System Installed on Wheel Hub with Glue," *Electronic Packaging Technology*, 2006. ICEPT, Shanghai, pp. 1-3, Aug. 2006.
- [4] Mark L. Shaw, "Considerations to Improve Battery Life in Direct Tire Pressure Monitoring," *SAE 2002 World Congress & Exhibition, Detroit, MI, USA*, Mar. 2002.
- [5] M. Brzeska, and G. A. Chakam, "RF Modelling and Characterization of a Tyre Pressure Monitoring System," in *Proc. EuCAP 2007, Edinburgh*, pp. 1-6, Nov. 2007.
- [6] M. Brzeska, J. Pontes, G. A. Chakam, and W. Wiesbeck, "RF-Design Characterization and Modelling of Tyre Pressure Sensors," in *Proc. EuCAP 2007, Edinburgh*, pp. 1-5, Nov. 2007.
- [7] 정보통신부, "차량용 주파수 분배방안," 차량용 주파수 분배 공청회, July 2005.
- [8] John G. Proakis, Masoud Salehi, Gerhard Bauch, *Contemporary Communication Systems using MATLAB and Simulink*, Brooks/Cole Publishing Company, June 2003.
- [9] R. A. Monzingo, and T. W. Miller, *Introduction to Adaptive Arrays*, New York: Wiley, 1980.
- [10] Suk-Seung Hwang, John J. Shynk, "Multicomponent Receiver Architectures for GPS Interference Suppression," *IEEE Transactions on*

*Aerospace and Electronic Systems*, vol. 42, pp. 489-502 Apr. 2006.

- [11] 정상배, 이성득, "이동형 단말기를 위한 다채널 입력 기반 비정상성 잡음 제거기," *한국지능시스템학회 논문지*, 제17권, 7호, pp. 945-951, Dec. 2007.
- [12] Seun-gil Kim, Yang-seok Jeong "Array Signal Processing," 토파민, Sep. 2007.

## 저 자 소 개



### 박철(Cheol Park)

2011년 2월 : 조선대학교 메카트로닉스공학과 졸업  
 2011년 3월 : 조선대학교 대학원 첨단부품소재공학과 석사과정

관심분야 : 신호 및 시스템, 간섭제거, 적응신호처리  
 E-mail : samasin@nate.com



### 김성민(Seong-min Kim)

2011년 2월 : 조선대학교 메카트로닉스공학과 졸업  
 2011년 3월 : 조선대학교 대학원 첨단부품소재공학과 석사과정

관심분야 : 적응신호처리, 신호 및 시스템, 저전력 통신 시스템  
 E-mail : millionairek@naver.com



### 황석승(Suk-seung Hwang)

1997년 2월 : 광운대학교 제어계측공학과 졸업  
 2001년 6월 : University of California, Santa Barbara, Electrical & Computer Engineering Department 대학원 졸업 (공학석사)

2006년 : University of California, Santa Barbara, Electrical & Computer Engineering Department 대학원 졸업 (공학박사)  
 2006.5~2008.3 : 삼성전자 통신연구소 책임연구원  
 2008.3~현재 : 조선대학교 메카트로닉스공학과 조교수

관심분야 : 적응신호처리, 위치추정, 채널추정, 이동로봇용 위치추정, 간섭제거  
 Phone : 062-230-7741  
 Fax : 062-230-6596  
 E-mail : hwangss@chosun.ac.kr