

# 차량 레이더 기술 동향 연구

The Study on Vehicle Radar Technology Trends

배창호 (C.H. Bae)

기술기준연구팀 연구원

## 목 차

- .....
- I. 배경
  - II. 차량 레이더 국제 표준화 동향
  - III. 차량 레이더 법규 동향
  - IV. 차량 레이더 개발 동향
  - V. 결론

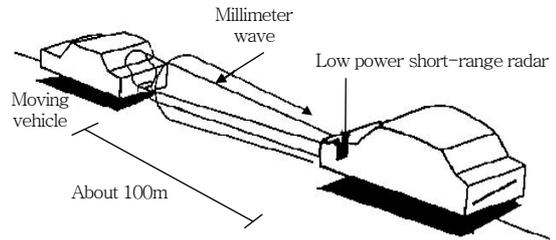
ITU-R은 권고 M.1310에서 교통정보 및 제어 시스템(TICS)과 관련된 여러 가지 항목을 권고하고 있다. TICS는 지상 교통 시스템의 안전과 효율성 및 관리방법을 향상시키기 위해 컴퓨터, 통신, 위치정보 그리고 차량기술이 집약된 시스템으로 TICS 중 차량의 직접적인 주행과 관련된 차량 제어 시스템(AVCS)은 충돌 방지를 위해 요구되는 몇 가지 사항을 포함하고 있으며 그 가운데 차량 레이더는 운전자의 보조를 통한 안전한 차량 운영을 위해 적용 가능한 기술 중의 하나이다. 본 논문에서는 차량 레이더의 국제 표준화 동향, 제외국의 차량 레이더 법규 동향 및 개발동향에 대하여 살펴볼 것이다.

## I. 배경

국내의 교통환경은 심한 교통체증 때문에 차량 이동성이 급격히 떨어지고 있으며 동시에 교통 안전도 매우 위험한 상태로 되어 가고 있다. 차량 이동에 대한 효율성의 저하는 기본적으로 에너지 낭비, 자동차 배기 오염물질 등의 증가를 초래하여 생산성의 감소를 유발하게 되어 우리의 삶의 질을 저하시킬 것이다. 이러한 차량 이동성의 증가를 위하여 지능형 교통 시스템(ITS)의 도입이 필요하다. ITS는 첨단기술을 활용하여 기존의 교통 체계를 좀 더 효율적으로 사용함과 동시에 새로운 교통 서비스를 제공하여 교통문제를 해결하고자 하는 데 목적이 있다. 이미 선진 각국에서는 ITS 대표기구를 설치하고 교통문제 해결을 위해 많은 노력을 기울이고 있다[1].

국내의 경우 전자 및 통신 기술 등 첨단기술을 활용, 현행 교통체계를 21세기에 맞는 첨단 교통체계로 전면 개편하여 국내의 교통 불편을 근본적으로 해소하기 위한 방편으로 「TTS 기본계획 21」을 2001년에 확정·발표하였다. 이 「ITS 기본계획 21」은 2010년까지 전국에 지능형 교통 시스템을 구축하고 2020년까지 완전 주행이 가능한 첨단 차량·도로 시스템을 구축하는 내용 등을 포함하고 있다.

ITU-R은 ITS와 관련된 권고 M.1310에서 TICS의 여러 가지 항목들을 권고하고 있다. TICS란 지상 교통 시스템의 안전과 효율성 및 관리방법을 향상시키기 위해 컴퓨터, 통신, 위치정보, 그리고 차량 기술이 집약된 시스템이다. TICS 중 차량의 직접적인 주행과 관련된 AVCS에서는 충돌 방지를 위해 요구되는 몇 가지 사항들을 포함하고 있으며 그 중 차량 레이더도 운전자의 보조를 통한 안전한 차량 운행을 위해 적용 가능한 기술 중의 하나이다. 차량 레이더는 1980년대 초 일본에서 레이저를 이용한 레이더가 상용화된 적이 있었으나 레이저는 여러 가지 기상조건에 민감하여 현재는 밀리미터파를 이용한 방식이 널리 보급되어 있다. 밀리미터파를 이용한 차량 레이더는 응용의 특성상 여러 가지 기상조건에서



(그림 1) 차량 레이더 개념도

도 비교적 오류가 적고 사용이 용이하다는 특성을 갖고 있어 현재 가장 활발히 연구되는 분야이다[2].

(그림 1)에서와 같이 차량 레이더는 이동체(차량)에 탑재되어 밀리미터파를 이용하여 전후방 및 측방의 주변환경에 관한 정보를 운전자에게 제공하고 필요한 경우에는 차량을 제어하여 운전자의 안전한 주행을 돕는 데 응용되는 핵심 기술 중의 하나이다 [3]. 차량 레이더를 응용한 기술들은 능동 주행 조정장치(active cruise control), 적응형 주행 조정장치(adaptive cruise control) 또는 지능형 주행 조정장치(intelligent cruise control) 등으로 불린다. 이들 기술을 차량에 응용하고 있는 대표적인 자동차 업체들은 Daimler-Benz, BMW, Jaguar, Nissan 등이다. 위와 같은 응용 사례들이 레이더를 이용한 단순한 경고 수준을 넘어 직접적인 차량 제어를 수행한다는 사실은 상당한 기술적 진보이다[4].

## II. 차량 레이더 국제 표준화 동향

### 1. 차량 레이더 국제 표준

차량 레이더에 관한 국제 표준은 ITU-R 권고 M.1452가 있으나 상세한 시스템 사양이나 운용방

● 용어해설 ●

차량 레이더: 이동체(차량)에 탑재되어 밀리미터파를 이용하여 전후방 및 측방의 주변환경에 관한 정보를 운전자에게 제공하고 필요한 경우에는 차량을 제어하여 운전자의 안전한 주행을 돕는 데 응용되는 핵심 기술



(그림 2) ITU-R 권고 M.1452의 차량 레이더 구성도

<표 1> ITU-R 권고 M.1452의 차량 레이더 시스템 요구 사양

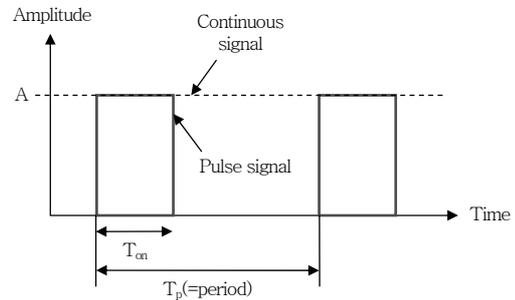
| 시스템 요구 조건         | 시스템 요구 사양  |
|-------------------|--|
| 주파수 범위            | 60GHz 대역(60~61GHz)<br>76GHz 대역(76~77GHz)   |
| 레이더 방식<br>(변조 방식) | FMCW 방식(주파수 변조)<br>Pulse 방식(펄스 변조)<br>2 주파수 CW 방식<br>(무변조 혹은 주파수 변조)<br>Spread spectrum 방식(DSSS) |
| 공중선 전력            | 10mW 이하(peak power)  |
| 공중선 이득            | 40dB 이하  |
| 지정주파수 대역폭         | 1GHz 이하  |

식 등에 관한 내용은 없고 개괄적인 사항만 언급하여 권고라기보다는 현재 사용되고 있는 차량 레이더에 관한 정리서의 성격을 띠고 있다. (그림 2)는 ITU-R 권고 M.1452에 제시된 차량 레이더의 구성도이다[2]. ITU-R 권고 M.1452의 시스템 요구사항을 정리한 것이 <표 1>에 주어져 있다.

<표 1>을 보면 미국에서 현재 사용중인 46GHz 대역의 주파수는 포함되어 있지 않은 반면 일본에서 사용되고 있는 60GHz 대역은 포함하고 있음을 알 수 있다. 또한 레이더의 발사 전력에 대해서도 복사성으로 정의하지 않고 전도성 공중선 전력과 공중선 이득으로 따로 권고하고 있다. 이는 일본의 기술기준과 상당히 유사한 것이며 그에 따라 유럽과 미국 등지에서는 <표 1>의 내용과는 많이 다른 기준을 자체적으로 제정하여 적용하고 있다[2].

## 2. 발사전력에 대한 기술적 검토

<표 1>을 보면 레이더 신호의 변조를 위해 여러 가지 방식이 사용되고 있는데 발사전력을 측정하는 입장에서는 크게 연속 신호 발사 방식과 펄스 신호 발사 방식의 두 가지로 분류된다. 일반적으로 첨두 전력(peak power)을 측정할 경우에는 연속 신호나



(그림 3) 신호 세기의 평균

펄스 신호 모두 특별히 고려해야 할 사항 없이 측정된 전력의 첨두치를 구하면 된다. 하지만 평균 전력을 측정하는 경우는 엄밀한 의미에서 신호의 발사 시간과 평균을 측정하기 위한 시간 사이의 관계가 명확히 정의되어야 한다. (그림 3)은 연속 신호와 펄스 신호 세기의 평균에 있어서 고려해야 할 몇 가지 요소들을 설명한다. 그림에서 점선은 연속 신호를, 실선은 펄스 신호를 나타낸다.

신호의 세기 A는 편의상 두 신호가 발사되고 있는 시간 동안의 신호 세기의 평균이라 가정한다. 우선 연속 신호의 경우는 신호의 평균을 측정하기 위해 요구되는 시간에 대한 제약이 없음을 알 수 있다. 그러나 펄스 신호의 경우는 신호를 바라보는 관점에 따라 두 가지의 서로 다른 신호 세기의 평균을 구할 수 있다. 아래에 두 가지 방법이 나와 있다.

- 방법 1. 펄스 신호가 발사되는 시간 동안의 신호 세기의 평균 = A
- 방법 2. 전체 시간 동안의 신호 세기의 평균  
=  $A \times T_{on} / T_p = A \times D$

방법 2에서 D는 펄스 신호의 duty cycle을 의미한다. 방법 1과 방법 2의 차이는 결과적으로 신호 세기의 평균값이 달라진다는 데 있다. 방법 1을 이용하여 측정할 경우 연속 신호와 펄스 신호는 모두 그 평균값인 “A”로 측정된다. 그러나 방법 2를 이용하게 되면 펄스 신호의 평균값은 연속 신호의 평균값보다 D의 역수 배만큼 작아진다. 즉, 일정한 발사 전력에 대한 기술기준치에 대하여 방법 2를 이용하여 측정하는 것은 펄스 신호의 절대 레벨을 연속 신

호에 비해 더 높게 허용한다는 것임을 알 수 있다. 주의할 점은 방법 2의 적용이 반드시 펄스 방식을 사용하는 기술에 대해 좀 더 높은 발사전력만을 허용하기 위한 것은 아니라는 점이다. 동일한 주파수를 사용하는 무선기기들 사이의 전파간섭 완화라는 측면에서 같은 세기로 전파를 발사할 경우 연속파 방식의 기기가 펄스 방식의 기기보다 전파간섭을 유발할 확률이 더 높다는 것은 명백한 사실이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 측정 및 이해의 혼란을 피하기 위하여 전력의 측정을 방법 1로 제한한다.

### Ⅲ. 차량 레이더 법규 동향

#### 1. 국내의 차량 레이더 관련 법규

- 차량 레이더 주파수 분배[5]
  - 2001년 4월에 전파법 제9조의 규정에 의거, 지능형 교통 시스템과 관련하여 차량 레이더용 주파수를 정보통신부 고시 제2001-21호(단거리 전용 통신(DSRC)용 및 차량 레이더용 주파수 분배) 중 제2호에서 특정 소출력 무선국 차량 레이더용으로 분류하여 분배하였다.
  - 주파수 대역은 76~77GHz의 1GHz 대역이고 용도는 차량 등의 충돌 방지로 정하고 있다.

- 차량 레이더 기술기준[6]
  - 2005년 1월에 정보통신부 고시 제2001-21호의 차량 레이더용 주파수 분배에 근거하여 정보통신부 고시 제2005-29호(신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기) 제4조(특정 소출력 무선기기) 제7호(차량 충돌 방지용 레이더 무선기기)에서 차량 충돌 방지용 레이더의 기술기준을 <표 2>와 같이 규정하고 있다.

<표 2> 차량 레이더 기술기준(정보통신부 고시 제2005-29호)

| 주파수      | 공중선 전력  | 비고                         |
|----------|---------|----------------------------|
| 76~77GHz | 10mW 이하 | 점유주파수대역폭은 주파수 대역의 범위 이내일 것 |

#### 2. 제외국의 차량 레이더 관련 법규

차량 레이더와 관련하여 조사한 제외국의 기술기준은 FCC(미국), ETSI(유럽), 그리고 총무성(일본)이며 세부사항들은 <표 3>에 정리하였다[7]-[9]. <표 3>을 살펴보면 각 나라마다 제시하고 있는 기술적 조건들이 서로 많은 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

<표 3> 제외국의 차량 레이더 기술기준 비교

| 항목                        | 미국(47 CFR part 15.253)  | 유럽(EN 301 091)  | 일본(기술기준 및 ARIB STD)  |
|---------------------------|---|---|--|
| 주파수 범위                    | 46.7~46.9GHz, 76~77GHz <sup>1)</sup>  | 76~77GHz  | 60.5(60~61)GHz, 76.5(76~77)GHz   |
| 점유주파수 대역폭                 | 기본발사기 대역 내에 들어올 것   | 없음  | 지정주파수 대  |
| 주파수 허용편차                  | 없음  | 없음  | 지정주파수 대  |
| 출력 전력 (Radiated Emission) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정지상태에서 200mW/cm<sup>2</sup>@ 3m 이하 (= EIRP 23.5dBm = 226.2mW)</li> <li>• 이동상태에서 - 전방감시용 60μW/cm<sup>2</sup>@ 3m 이하 (= EIRP 48.3dBm = 67.9W)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공중선 빔이 고정된 경우                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Class 1 : 평균전력밀도 900mW/m<sup>2</sup>@ 3 이하</li> <li>: 침투전력밀도 3W/m<sup>2</sup>@ 3m 이하</li> <li>- Class 2 : 평균전력밀도 2mW/m<sup>2</sup>@ 3m 이하</li> <li>: 침투전력밀도 3W/m<sup>2</sup>@ 3m 이하</li> </ul> </li> <li>• 공중선 빔이 움직이는 경우<sup>2)</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공중선 전력(전도성 전력) 10mW(10dBm) 이하</li> <li>• 공중선 전력 편차 +50%, -70%</li> <li>• 공중선 이득 40dBi 이하</li> </ul> |

(뒤에 계속)

(계속)

| 항목                              | 미국(47 CFR part 15.253)  | 유럽(EN 301 091)   | 일본(기술기준 및 ARIB STD) |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|---------------------------------|---|--|---------------------|----------|----------|-----|-------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------------|-----|---------|-----|----------|-----|-----------|-----|-------|--------------|----------|-----|-------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------------|-----|---------|-----|----------|-----|-----------|-----|---|
| 불요 방사<br>(Radiated<br>Emission) | <ul style="list-style-type: none"> <li>40GHz 이하 part 15.209를 준수<sup>3)</sup></li> <li>40~200GHz(운용대역 제외)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전방감시용<br/>600pW/cm<sup>2</sup>@3m 이하<br/>(= EIRP -1.7dBm = 0.68mW)</li> <li>- 측 · 후방감시용<br/>300pW/cm<sup>2</sup>@ 3m 이하<br/>(= EIRP -4.7dBm = 0.34mW)</li> </ul> </li> <li>200~231GHz<br/>1000pW/cm<sup>2</sup>@ 3m 이하<br/>(= EIRP 0.53dBm = 1.13mW)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>복사성 스푸리어스 방사<sup>4)</sup> <table border="1"> <thead> <tr> <th>주파수범위</th> <th>제한치(dBm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>47~74MHz</td><td>-54</td></tr> <tr><td>87.5~111MHz</td><td>-54</td></tr> <tr><td>174~230MHz</td><td>-54</td></tr> <tr><td>470~862MHz</td><td>-54</td></tr> <tr><td>30~1000MHz 중 그 외</td><td>-36</td></tr> <tr><td>1~25GHz</td><td>-30</td></tr> <tr><td>25~40GHz</td><td>-25</td></tr> <tr><td>40~100GHz</td><td>-20</td></tr> </tbody> </table> </li> <li>복사성 불요 방사(평균전력밀도)<sup>4),5)</sup> <table border="1"> <thead> <tr> <th>주파수범위</th> <th>제한치 (dBm/Hz)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>47~74MHz</td><td>-84</td></tr> <tr><td>87.5~118MHz</td><td>-84</td></tr> <tr><td>174~230MHz</td><td>-84</td></tr> <tr><td>470~862MHz</td><td>-84</td></tr> <tr><td>30~1000MHz 중 그 외</td><td>-66</td></tr> <tr><td>1~25GHz</td><td>-60</td></tr> <tr><td>25~40GHz</td><td>-60</td></tr> <tr><td>40~100GHz</td><td>-60</td></tr> </tbody> </table> </li> </ul> | 주파수범위               | 제한치(dBm) | 47~74MHz | -54 | 87.5~111MHz | -54 | 174~230MHz | -54 | 470~862MHz | -54 | 30~1000MHz 중 그 외 | -36 | 1~25GHz | -30 | 25~40GHz | -25 | 40~100GHz | -20 | 주파수범위 | 제한치 (dBm/Hz) | 47~74MHz | -84 | 87.5~118MHz | -84 | 174~230MHz | -84 | 470~862MHz | -84 | 30~1000MHz 중 그 외 | -66 | 1~25GHz | -60 | 25~40GHz | -60 | 40~100GHz | -60 | <ul style="list-style-type: none"> <li>스푸리어스 방사(전도성 방사)<br/>100μW(-10dBm) 이하</li> </ul> |
|                                 |   | 주파수범위  | 제한치(dBm)            |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 47~74MHz   | -54                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 87.5~111MHz  | -54                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 174~230MHz   | -54                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 470~862MHz   | -54                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 30~1000MHz 중 그 외   | -36                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 1~25GHz  | -30                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 25~40GHz   | -25                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 40~100GHz  | -20                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 주파수범위  | 제한치 (dBm/Hz)        |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
|                                 |   | 47~74MHz   | -84                 |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 87.5~118MHz                     | -84   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 174~230MHz                      | -84   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 470~862MHz                      | -84   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 30~1000MHz 중 그 외                | -66   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 1~25GHz                         | -60   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 25~40GHz                        | -60   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 40~100GHz                       | -60   |  |                     |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |
| 기타                              |   |  | 혼신방지 기능             |          |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |       |              |          |     |             |     |            |     |            |     |                  |     |         |     |          |     |           |     |   |

주 1) 미국의 경우 57~64GHz 대역은 고정운용(fixed operation)의 경우만 허용

2) 공중선의 빔이 스캔하며 이동하는 경우의 출력 전력 제한치

| 항목         | Class 1                        |           | Class 2                          |           |
|------------|--------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
|            | T < 100ms                      | T > 100ms | T < 100ms                        | T > 100ms |
| 최대점유시간(T)  | T < 100ms                      | T > 100ms | T < 100ms                        | T > 100ms |
| 평균전력(EIRP) | (50dBm×D) 또는 55dBm 중<br>큰 값 이하 | 50dBm     | (23.5dBm×D) 또는 55dBm 중<br>큰 값 이하 | 23.5dBm   |
| 첨두전력(EIRP) | 55dBm                          | 55dBm     | 55dBm                            | 55dBm     |

※ Duty factor(D): 공중선의 빔(3dB)이 스캔하는 전체 영역과 3dB되는 공중선 빔이 차지하는 영역과의 비  
점유시간(T): 어떠한 각도에서든 가장 큰 점유시간으로 한다.

3) 47 CFR part 15.209의 제한치

| Freq(MHz)   | Field strength(micro volts/meter) | Measurement distance(meters) |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 0.009~0.490 | 2400/F(kHz)                       | 300                          |
| 0.490~1.705 | 24000/F(kHz)                      | 30                           |
| 1.705~30    | 30                                | 30                           |
| 30~88       | 100                               | 3                            |
| 88~216      | 150                               | 3                            |
| 216~960     | 200                               | 3                            |
| 960 이상      | 500                               | 3                            |

4) 측정기의 최대 측정 대역폭

| 측정주파수       | 최대측정대역폭    |
|-------------|------------|
| F < 1000MHz | 100~120kHz |
| F ≥ 1000MHz | 1MHz       |

5) 평균전력밀도는 아래와 같이 측정 · 계산된다.

- 선 스펙트럼(line spectrum)의 경우
  - $P_l/d_r$ ,  $P_l$  = 개별 스펙트럼 라인의 전력,  
 $d_r$  = 두 스펙트럼 라인간의 간격
- 연속적인 스펙트럼(continuous spectrum)의 경우
  - $P_a/BW$ ,  $P_a$  = BW 사이의 평균전력,  
BW = 분해대역폭(resolution bandwidth)

사용 주파수를 살펴보면 76GHz 대역을 제외하고는 서로 다른 대역을 사용하고 있다. 미국은 <표 3>에 정리된 46.7~46.9GHz 대역 외에도 57~64GHz 대역도 차량 레이더용으로 사용할 수 있도록 FCC에서 규정하고 있으나 57~64GHz 대역은 고정운용(fixed operation)용으로만 제한하고 있어 <표 3>에서 생략하였다. 일본의 경우는 60GHz 대역을 따로 포함시키고 있다. 국내는 76~77GHz 대역만을 주파수 할당해 놓은 상황이다. 출력전력의 경우 미국은 이동상태에서 전방 및 측·후방 감시용의 제한치와 차량 정지 시의 제한치를 따로 정하고 있음에 비하여 유럽과 일본은 그렇지 않다. 그리고 유럽의 경우 공중선 빔의 스캔 기능의 유무에 따라 발사전력의 제한치를 정하고 있다. 위의 두 경우(미국, 유럽)가 복사성 전력(radiated emission)을 제한치로 규정하고 있는 반면 일본은 전도성 전력을 제한치로 규정하고 있다. 불요발사의 경우 미국은 레이더의 차량 설치 위치에 따른 주파수에 대한 공간 전력 밀도를 제한하고 있고, 유럽은 설치 위치와 무관하게 복사성 전력에 대한 단순한 전력 제한치와 주파수에 따른 전력밀도를 별도로 제한하고 있다. 일본은 출력전력의 경우와 마찬가지로 제한치를 전도성 전력량으로 규정하고 있다. <표 3>에 대한 자세한 설명은 주를 달아 정리하였다.

#### IV. 차량 레이더 개발 동향

국내의 차량 레이더 생산업체로는 센싱테크(Sensing tech), 뉴멘 나노텍(Newmen nanotech), LG 이노텍 등과 RF 부품 제조업체로 NRD 테크(NRD tech) 등을 들 수 있으며 국내의 자동차 생산업체에서는 뒤에서 언급할 해외 업체들과는 달리 차량 레이더를 장착하여 판매하는 차종이 아직까지는 없는 상태이며, 옵션으로 레이더를 부착한 차량의 출시는 개략적으로 2005년 이후로 예상하고 있으나 아직 확정된 사항은 없는 상황이다. 현재 국외의 우수 자동차 제조업체들은 이미 차량 레이더의 장착을 옵션으로 제공하고 있고 그 응용도 단순한 경고 수준을 넘어 차량의 직접적인 제어에까지 이르고 있으며 <표 4>는 제외국의 차량 레이더에 응용되고 있는 기술 및 현황을 조사한 내용이다[10],[11].

<표 4>를 살펴보면 많은 차량 레이더가 FMCW 변조 방식을 사용하고 있는데 그 이유는 FMCW 변조 방식이 다른 변조 방식에 비해 비교적 제작이 용이하며 성능적 측면에서 비교적 가까운 거리에서도 높은 거리 분해능력 및 속도 분해 능력을 갖기 때문이며 이러한 특성은 차량 레이더 응용에 요구되는 중요한 요소이다. 차량 레이더에 이용되는 안테나는 각각의 제조업체 또는 직접적으로 이용되는 차량 생산업체에 따라 많은 차이를 보이고 있으며 차량 레

<표 4> 제외국의 차량 레이더 제조업체 현황

| 제조업체               | 적용 기술/안테나      | 변조 방식         | 사용 주파수   |
|--------------------|----------------|---------------|----------|
| SMS(독일)            | Monopulse      | Pulsed FM     | 77GHz    |
| Fujitsu(일본)        | Printed Planar | Switched FMCW | 60/77GHz |
| Mitsubishi(일본)     | Reflector      | FMCW          | 77GHz    |
| Plessey(영국)        | Lens           | FMCW          | 77GHz    |
| Benz(독일)           | Fresnel Lens   | FMCW          | 77GHz    |
| Celsius(스페인)       | Reflector      | FMCW          | 77GHz    |
| Raytheon(미국)       | MMIC           | FMCW          | 77GHz    |
| Thales(프랑스)        | MMIC           | FMCW          | 77GHz    |
| TRW(미국)            | MMIC           | FMCW          | 77/94GHz |
| Epsilon Lambda(미국) | Monopulse      | FMCW          | 77GHz    |

레이더를 부착하여 제공하는 대표적인 해외 업체들로는 <표 4>의 업체 외에도 Daimler-Benz, BMW, Jaguar, Nissan, Toyota, Honda, Volvo, Ford 등을 들 수 있으며 아래는 미국, 일본, 유럽의 차량 레이더 개발 동향을 정리한 것이다[12].

## 1. 미국의 차량 레이더 개발 동향

미국 내에서 차량 레이더 제품은 법규가 제정되기 전 상당 기간 동안 시장에 공급되어 왔기 때문에 기업들은 법규가 제정되기를 바라고 있으며 정부 차원의 공통의 법규가 있어야만 차량 레이더와 같은 차량 안전 시스템에 대해 산업 전반의 공통적인 접근이 가능해 질 것이라 기대하고 있으며 제조사들은 각자 차량 레이더 시스템으로 장착하고자 하는 기능과 기술들에 대해 자율적으로 결정할 수 있도록 정부가 자율성을 부여할 것을 기대하고 있다. 요약하면 제작사들은 연방 정부의 불공정한 제한과 시장에서의 비윤리적인 통상 행위로부터 제한 받지 않고 개발하여 장착할 수 있는 자율성을 원하고 있다[13].

### 가. 2004년 동향

Infiniti사는 자동차가 지정 차선으로부터 이탈 시 운전자에게 정보를 제공하는 LDW 시스템을 제작하였고 이 시스템은 속도 센서, 소형 카메라, 알람 그리고 지시계 등을 탑재하고 있으며 운전자가 회전할 때 이 시스템은 차선 변경 조절 단위를 업데이트한다. 운전자는 매뉴얼 취소 버튼을 눌러 LDW 시스템을 종료하고 이 시스템은 Infiniti M45와 Infiniti FX crossover SUV 모델에 장착되어 있다.

### 나. 2003년 동향

TRW사는 매우 작고 비용 효율적이며 최상의 성능을 제공할 수 있는 첨단 기술이 내재되어 있고 운전자가 없이 차량이 완전히 멈출 수 있는 제품을 제작하였는데 이 시스템의 사용 주파수는 76~77GHz이고 출력은 10mW 이하로 전력 소비를 줄였으며 0에

서 180km/h까지의 속도에서 사용 가능하며 오차는 0.2km/h이고 조사각은 12도로 AC20 모델에 장착되어 있다.

Eaton사는 Eaton VORAD에 충돌 경보 시스템 Tamper-Proof를 옵션으로 장착하였고 이것은 쉘 컴 기술로 타 차량의 간섭에 대한 실시간 정보(fleet owners real-time)를 제공하는 것이다.

GM사는 GM 캐딜락에 Delphi's Forewarn 기술을 장착하였는데 이 기술은 편안함과 쉬움을 주는 스트레스 없는 운전 환경을 제공한다. Delphi's Forewarn 기술은 전방 감시 레이더 센서를 포함하며 센서는 자동차 앞 범퍼에 설치되어 있고 전방 100m 이상에 있는 차량의 거리와 속도를 측정하고 교통 상황에 따른 속도 제어를 한다.

### 다. 2002년 동향

Ford사는 미국, 캐나다 그리고 멕시코에서 사용할 수 있는 옵션으로 제규어 XKR에 차량 레이더를 탑재하였다.

Rostra Precision 화학은 10개의 프로그래밍 스위치를 가진 완전히 프로그램이 가능한 cruise control 시스템을 탑재하였다.

Omron Automotive사는 stop and go 기능을 가진 레이저 레이더 센서를 개발하여 2005년도에 시장에 진입할 예정이다.

### 라. 2001년 동향

Toyota사는 Lexus LS 430에 다이내믹 레이저 크루즈 컨트롤 시스템을 탑재하였다.

### 마. 2000년 동향

Volvo사는 볼보 트럭 Volvo VN Highway Tractor에 도플러 레이더를 기반으로 하는 Automatic Cruise Control(ACC) 시스템을 장착하였다.

Mack사는 ACC를 Mack 트럭의 비전 모델에 탑재하였으며 Eaton사의 VORAD의 EVI 300 시스템

을 통합하였고 레이더 기반의 스마트 크루즈 시스템을 장착하여 전방 상황에 따라 가속 및 감속 기능을 가지고 있다.

## 2. 일본의 차량 레이더 개발 동향

1970년대 미국에서 cruise control system이 먼저 장착되었지만 Toyota 자동차에 의하여 현대적인 Adaptive Cruise Control(ACC) systems이 1990년대에 먼저 소개되면서 일본의 자동차 산업은 ACC systems 개발에 선구적인 역할을 하였다. 또한 Honda, Subaru 그리고 Nissan과 같은 다른 일본 기업들도 이 분야에서 획기적인 결과를 보여주고 있어 이제 곧 소비자들은 ACC 시스템에 대해서 추가적인 비용의 지불을 통하여 충돌에 대한 경고를 받을 수 있을 것이다. 일본에서 ACC 시스템에 요구되는 주요 요소는 혼잡에 관한 것이며 사고 발생 수를 줄여 자동차 운전자들의 안전을 보장하는 것이다.

Toyota사는 운전자의 관여와는 무관하게 브레이크 작동으로 위험한 stop-and-go 교통 체증으로부터 운전자를 구제하는 automotive cruise control 시스템에 기반하는 레이더를 2004년에 개발하였고 이 시스템은 차량 전방에 대하여 속도를 0mph에서 19mph까지 조정하며 차량 전방에서 시스템에 의해 오디오와 영상과 같은 알람에 대한 반응에 운전자가 조치를 하지 않을 경우 차량을 천천히 정지시키는 기능을 보유하고 있으며 이런 경우에 이 시스템은 교통 흐름을 따라 전방으로 차량을 다시 작동시키지 않는다.

## 3. 유럽의 차량 레이더 개발 동향

자동차 메이커들, 전자부품 회사들, 그리고 유럽 연구소들에 의하여 시작된 RadarNet 프로젝트에서는 자동차의 진보적인 레이더 시스템을 개발하여 승용차와 트럭의 안정성, 운전자 및 승객, 그리고 보행자를 사고로부터 보호하는 데 기여하게 될 것이다. 이 프로젝트의 아이디어는 모든 센서 종류를 77

GHz 레이더 단일 통합 기술을 도입함으로써 시너지 효과를 야기하여 77GHz 레이더 시스템 제작 가격을 최소화하는 것이다. 이 프로젝트는 여러 안전 관련 응용 분야 중 collision avoidance, urban collision warning, stop-to-go feature, parking assistance, airbag pre warning에 주목하고 있다. RadarNet은 77GHz MMIC 기술이 적용된 센서를 도입할 것으로 보이고 근래에는 레이더 시스템의 모든 모듈에 한 가지 개발 기술이 적용될 것으로 판단하여 그 결과 매우 저가의 작은 센서를 만들게 될 것이다.

### 가. 2004년 동향

WABCO와 Continental Temic사는 공동으로 트럭과 버스를 위한 소형의 Adaptive Cruise Control(ACC) 제품을 발표하였다. 이 차세대 ACC 시스템은 레이더 센서와 전자 제어부가 하나의 케이스에 장착된 제품이고 상업적인 차량의 장기적인 제어(vehicle longitudinal control)와 개별적으로 집적된 77GHz 레이더 센서에 의한 거리측정장치의 독립적인 충돌 예고(collision warning) 시스템을 포함하고 있다.

Volvo사는 다른 차량과의 충돌을 피할 수 있도록 운전자의 시계를 증진시키는 시스템인 BLIS를 발표하였고 이 시스템은 모니터링 소자와 디지털 카메라로 다른 차량의 차선 끼어들기를 감지하여 운전자에게 경보를 하기 위해 알람을 울리고 또 다른 전방 회피와 추돌방지 브레이크 지원과 자동 브레이크 시스템을 선보였고 만약 이 시스템이 임박한 충돌 가능성을 포착하였을 때에는 브레이크를 작동시키는 것과 함께 운전자에게 즉시 경보를 보낸다.

Bosch사는 선행 차량과 선행 차량의 속도를 감지하고 선행 차량으로부터 운전자가 지정한 거리만큼 떨어져 운행하도록 엔진과 브레이크의 제어를 자동으로 시험하는 작고 강한 2세대 ACC 시스템을 선보였는데 이 시스템은 앞 쪽의 도로가 비었을 때에는 자동으로 운전자가 지정한 속도로 자동 운행한

다. 1세대 ACC 시스템은 차량이 좋은 속도로 운행할 수 있도록 고속도로에서 많이 사용되고 있으며 2세대 ACC 시스템은 주요 도로에까지도 사용할 수 있으며 레이더 센서는 150m 전방의 차량 움직임을 감지하는 시스템과 집적되어 있다.

Siemens사는 차량이 뜻밖에 차선을 벗어나 다른 차선으로 빗나가거나 길을 벗어난 경우에 운전자에게 경보해주는 LDW 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 운전자가 주의력이 떨어지거나 졸음이 올 때에 발생 가능한 사고를 예방하기에 유용하며 사용된 카메라는 전면 유리 위에 장착되어 차선에 있는 차량의 위치를 결정하기 위해 거친 지면의 차선 표시를 감지하고 VDW 시스템은 레이더, optical-based radar, laser-based radar(lidar), 그리고 ultrasonix의 진보된 기술들과 부품들로 통합되어 있고 시스템의 소프트웨어는 계획된 차선 변경과 무심코 하는 차선 변경을 식별하기 위해 운전자의 주위를 점검한다. 그리고 여러 개의 가능한 advanced driver assistance system으로 통합된 사양들로 구성된 LDW 시스템을 개발하였다.

#### 나. 2003년 동향

Volkswagen사는 cruise control detect와 150m까지의 근접 선행 차량의 감지와 그에 따른 차량의 속도를 선행 차량으로부터의 속도나 거리를 운전자가 지정하여 차량을 감속/가속하여 조절할 수 있고 시스템이 on 상태일 때는 운전자가 속도/거리를 유지하도록 시스템이 끊임없이 조절을 수행하고 모든 기후 조건에서 효과적인 기능이 용이하도록 레이더 시스템에 들어 있는 adaptive cruise control을 TRW사로부터 주문을 받아서 제작하였다.

#### 다. 2002년 동향

진보된 ACC 시스템을 도입한 자동 항행은 모든 기후 조건에서 200m 거리 전방의 차량을 감지할 수 있는 진보된 ACC 시스템(advanced ACC system)이 소개되었으며 이 시스템은 일반적인 도로 상황에

서 선행 차량으로부터 운전자가 지정한 거리를 유지하기 위해 운전자가 감속과 가속을 할 필요 없이 자동으로 차량이 운행할 수 있고 운전자의 피로도를 최소화 하도록 요구되어 지고 있다. 새 시스템의 마이크로웨이브 레이더는 77GHz에서 동작하는 MMIC와 레이더의 12도 각도 시야를 위한 독특한 폴리카보네이트 렌즈로 구성되어 있으며 이 시스템은 선박에서도 사용될 수 있다.

#### 라. 2001년 동향

ACC 시스템을 위한 새롭고 강하며 기술적으로 진보된 부품이며 77GHz 센서에 장착할 수 있는 Gunn 다이오드 VCO는 PCB와 RF 모듈 조립 시스템에서 동작한다. 경제적이고 신뢰할 만한 Gunn 다이오드 VCO는 ACC 시스템의 요구를 충족할 만한 더운 조건과 높은 강도의 조건에서도 뛰어난 위상 잡음 특성을 갖추고 있으며 우수한 안정도를 제공한다.

Bosch사는 자동차 회사 Fiat Stilo를 위하여 ACC 시스템을 개발하였고 이 시스템은 100m 이내의 물체를 감지하는 77GHz 레이더 센서와 선행 차량으로부터의 운전자 지정 거리를 유지하기 위해 감속/가속을 가능하게 하는 제어 소자를 포함하고 있다.

Mercedes-Benz는 S-Class와 CL-Class 차량 구매자에게 옵션으로 distronic adaptive cruise control을 선보였고 distronic adaptive cruise control은 선행 차량으로부터 운전자 지정을 유지하기 위해 레이더 센서를 이용하고 cruise control은 최대 감속 효율을 20%로 정하고 선행 차량과의 결정된 간격을 유지하기 위해 보다 큰 감속 효율이 발생할 경우 운전자에게 경고하기 위해 계기판에 빨간 삼각형이 나타나게 하며 자신의 차량과 선행 차량과의 거리는 속도계의 그림 그래프(pictogram)를 통해 표시된다.

#### 마. 2000년 동향

자동 항행(autocruise)은 차량의 전방 그림/범퍼에 설치될 수 있는 77GHz forward looking 레이더

를 이용한 ACC을 선보였고 최대 150m까지 자동차를 잡아낼 수 있는 능력을 가진 forward looking 레이더가 통합된 이 시스템은 30km/h와 180km/h 사이의 속도로 차량이 달릴 때 동작한다. 이 시스템은 normal cruise control 버튼으로 동작하며 전방의 차량을 볼 수 있는 우수한 영상 패넬을 포함하고 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 차량 레이더에 관한 기술과 업계의 동향 그리고 각국의 제도적인 규제측면(기술기준)에 대하여 살펴보았다. 끝으로 이러한 차량 레이더 기술에 대하여 국가 강제규제에서 고려할 사항과 범위에 관하여 살펴보겠다. 현실적으로 단일화된 표준이 존재하지 않는 차량 레이더 기술에 대하여 국내의 기술기준이 참고할 수 있는 자료는 현재 거의 없는 상태이다. 그리고 이러한 표준이 제정되지 못한 현실적인 배경은 차량 레이더 기술이 타 통신기술(혹은 서비스)에 비해 반드시 전세계적으로 표준화가 되어야 한다고 보기 어렵다는 점과 동시에 각 국가별 혹은 업체별로 급속하게 이루어진 개별적 기술의 발달을 표준화가 따라가지 못했다는 것에 있다고 생각된다. 차량 레이더 기술은 서론에서 언급한 방식 외에도 다양한 방식이 존재하고 있으며 이러한 기술에 대한 기술적인 조건의 마련에 있어서 현존하는 모든 레이더의 성능적인 측면을 고려하기는 어렵다. 따라서 국가강제규제인 기술기준에서는 최소한의 규제 범위가 정해져야 할 것이다. 그리고 기술기준의 제정에 있어서 외국의 레이더 장비의 국내 수입에 대한 허용여부의 결정 또한 중요한 요소로 작용할 것이다.

### ● 용어해설 ●

교통정보 및 제어 시스템: 지상 교통 시스템의 안전과 효율성 및 관리방법을 향상시키기 위해 컴퓨터, 통신, 위치정보 그리고 차량기술이 집약된 시스템

## 약어 정리

|      |  |
|------|--|
| AVCS | Advanced Vehicle Control Systems         |
| BLIS | Blind Spot Information Systems           |
| ITS  | Intelligent Transportation Systems       |
| LDW  | Lane Departure Warning                   |
| TICS | Transport Information and Control System |
| VDW  | VDO Automotive Works on a LDW System     |

## 참고 문헌

- [1] ITU-R Recommendation, "Transport Information and Control Systems(TICS)-Objective and Requirements," M.1310, 1997.
- [2] ITU-R Recommendation, "Transport Information and Control Systems Low Power Short-range Vehicular Radar Equipment at 60GHz and 76GHz," M.1452, 2000.
- [3] 정현수, 한석태, 이창훈, "밀리미터파 공학," 문운당, 1998.
- [4] A Review of Automotive Radar Systems - Devices and Regulatory Frameworks, Australian Communications Authority, 2001.
- [5] 정보통신부, "단거리 전용통신(DSRC)용 및 차량 레이더용 주파수 분배," 고시 제 2001-21호, 2001.
- [6] 정보통신부, "신호하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기," 고시 제2005-29호, 2005.
- [7] FCC, "Operation Within the Bands 46.7-46.9GHz and 76.0-77.0GHz," 47CFR part 15.253, 2002.
- [8] ETSI, "Technical Characteristics and Test Methods for Radar Equipment Operating in the 76GHz to 77GHz Band," EN 301091, 1998.
- [9] ARIB Standard, "Millimeter-Wave Radar Equipment for Specified Low Power Radio Station," STD-T48, 1999.
- [10] Meinecke et al., "Combination of LFM CW and FSK Modulation Principles for Automotive Radar Systems," *German Radar Symp. GRS 2000*, 2000.
- [11] 박공만, "Car Radar 기술발전 및 산업동향," 전파 104호, 2002.
- [12] J. Wenger, "Automotive mm-wave Radar: Status and Trends in System Design and Technology," *IEE Colloquium on Automotive Radar and Navigation Techniques*, 1998.
- [13] Global Industry Analysts, "Adaptive Cruise Control Systems - A Global Strategic Business Report," 2005.