

# 서포트 벡터 머신과 공정능력분석을 이용한 군 통신 쉘터의 EMI 차폐효과 안정 포인트 탐색 연구

구기범, 권재욱, 진홍식\*  
국방기술품질원

## A Study on Searching Stabled EMI Shielding Effectiveness Measurement Point for Military Communication Shelter Using Support Vector Machine and Process Capability Analysis

Ki-Beom Ku, Jae-Wook Kwon, Hong-Sik Jin\*

Defense Agency for Technology and Quality

**요약** 군 통신 쉘터는 내부에 통신 및 환경장비를 탑재하여, 네트워크 중심전에서 다양한 무기체계들의 통합적인 전투력 발휘를 위해 요구되는 정보의 송/수신 기능을 실시간 보장하고 전술환경의 생존성을 극대화시키는 장비이다. 쉘터 내부에 다양한 통신용 장비가 탑재되기 때문에 외부로부터의 전자기 공격에 대한 차폐 성능을 반드시 보장해야한다. 본 연구에서는 데이터 마이닝 기법(서포트 벡터 머신)과 통계적 품질관리 기법(공정능력분석)을 이용하여 군 통신용 쉘터에서 차폐성능이 안정된 지점을 탐색하는 연구를 진행하였다. 안정된 지점의 탐색을 위하여 45대 쉘터의 EMI 차폐효과 측정데이터를 활용하였다. 먼저, 차폐효과가 안정되었다고 판단할 수 있는 기준을 세우고 서포트 벡터 머신으로 해당 기준에 부합하는 측정 포인트 집단과 그 외의 집단을 분리, 이 두 집단을 분류할 수 있는 분류 하이퍼플레인을 작성하였다. 그리고 공정능력분석을 이용하여 차폐효과 측정 데이터를 분석, 공정능력지수가 높은 측정 포인트와 서포트 벡터 머신의 하이퍼플레인으로 분류한 측정 포인트를 상호 비교함으로써 분류된 측정 포인트의 타당성과 차폐효과가 안정된 정도를 분석하였다. 분석 결과, 24개의 측정 포인트에서 안정된 차폐 성능을 보유하고 있음을 확인하였다.

**Abstract** A military shelter for communication and information is necessary to optimize the integrated combat ability of weapon systems in the network centric warfare. Therefore, the military shelter is required for EMI shielding performance. This study examines the stable measurement points for EMI shielding effectiveness of a military shelter for communication and information. The measurement points were found by analyzing the EMI shielding effectiveness measurement data with data mining technique and process capability analysis. First, a support vector machine was used to separate the measurement point that has stable EMI shielding effectiveness according to set condition. Second, this process was conducted with process capability analysis. Finally, the results of data mining technique were compared with those of process capability analysis. As a result, 24 measurement points with stable EMI shielding effectiveness were found.

**Keywords** : Communication shelter, Electromagnetic Interference(EMI), Data mining, Process Capability Analysis(PCA), Support Vector Machine(SVM), Statistical Quality Control(SQC)

\*Corresponding Author : Hong-Sik Jin(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-2-961-1515 email: hsjinx@daq.re.kr

Received October 29, 2018

Accepted February 1, 2019

Revised (1st November 9, 2018, 2nd December 7, 2018)

Published February 28, 2019

## 1. 서론

군 통신용 셀터는 통신에 필요한 여러 전자장비 및 환경장비 등이 탑재되어 네트워크 중심전에서 필요로 하는 대용량 정보의 전송기능을 이동간/실시간 보장하는 장비이다. 셀터는 내부에 민감한 전자장비가 탑재되기 때문에 외부로부터의 전자기 공격(Electromagnetic Interference, EMI)을 받게 될 경우, 군 무기체계들 간의 정보교환에 제한이 생기기 때문에 종합적인 전투력발회에 어려움이 따르게 될 수 있다. 그러므로, 군 통신용 셀터는 EMP (Electromagnetic Pulse) 방호 시설과 같이 절차에 따라 시험하였을 때 일정 수준 이상의 EMI 차폐성능을 보유하고 있어야 한다. 현재, 국내에서는 EMP 방호시설의 차폐효과 측정 절차 및 방법에 대하여 여러 자료가 존재한다[1-4]. 이처럼, 군 통신용 셀터도 품질확인시 관련 국방규격서(XXXX-XXXX)를 통하여 여러 전자기파/평면파에 대한 EMI 차폐효과를 보이도록 하고 있다. 그러나, 군 통신용 셀터는 한 대당 많은 수의 포인트에서 차폐 성능을 측정하기 때문에 차폐성능 확인에 오랜 시간이 걸리고 있다. 또한, 셀터의 품질확인 은 EMI 차폐성능 뿐 아니라 다양한 검사항목이 있기 때문에 양산되는 통신용 셀터의 품질 확인에 상당히 많은 시간이 소요되고 있다.

본 연구에서는 데이터 마이닝 기법인 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM)과 통계적 품질관리 기법(Statistical Quality Control, SQC)인 공정능력분석(Process Capability Control, PCA)을 활용하여 EMI 차폐효과 측정 데이터를 분석, 차폐효과가 안정된 측정 포인트를 탐색하였다. 서포트 벡터 머신을 활용하여 차폐효과가 기준에 미치지 못하는 셀터가 존재하는 측정 포인트를 그 외의 포인트와 구분하는 분류 하이퍼플레인을 작성하였다. 하이퍼플레인으로 분류되는 측정 포인트를 공정능력분석을 이용하여 차폐효과가 품질관점에서 안정되어 있는지 확인하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 서포트 벡터 머신

서포트 벡터 머신은 주어진 데이터를 두 개의 범주로 분류하는 지도학습 데이터 마이닝 알고리즘이다[5-6].  $m$  차원 공간에서의 선형함수를 하이퍼플레인(Hyperplane)이라고 하는데,  $m$  차원의 데이터에 대하여 Fig. 1과 같

이 적절한 하이퍼플레인을 찾음으로써 데이터를 두 개의 범주로 나눌 수 있다.

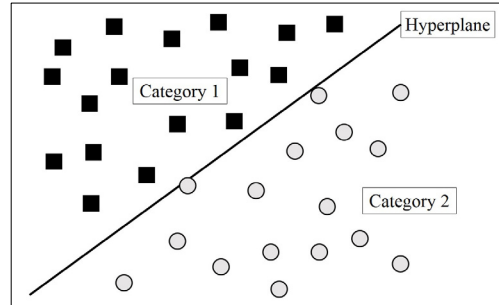


Fig. 1. Separating hyperplane

이와 같은  $m$  차원에서의 하이퍼플레인은 다음과 같이 정의된다.

$$H: w^T x + b = 0 \quad (2.1)$$

식 (2.1)에서  $w$ 는 하이퍼플레인의  $m$  차원 계수벡터이며  $b$ 는 상수이다. 이 때, 원점에서 이 하이퍼플레인과 수직거리는  $|b| / \|w\|$  가 된다. 서포트 벡터 머신은 하이퍼플레인으로부터 가장 가까이에 있는 범주 1, 범주 2의 점을 지나, H1과 H2 사이의 거리가 최대가 되는 하이퍼플레인을 찾는 문제로 귀착된다. 이 때, H1과 H2 사이의 거리(margin)는  $2 / \|w\|$  로 표현되며, H1, H2는 하이퍼플레인과 평행한 선이다.

$$H_1: w^T x + b = 1 \quad (2.2a)$$

$$H_2: w^T x + b = -1 \quad (2.2b)$$

단, H1과 H2 사이에는 객체(데이터)가 없어야 한다 (Fig 2).

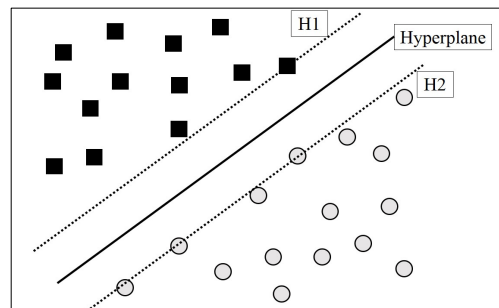


Fig. 2. Hyperplane in case of two separable categories

학습 데이터가  $N$ 개이고, 각 데이터의  $i$ 번째 데이터가  $m$ 개의 변수로 이루어진 벡터  $x_i$ 로 표기하며 이에 대응하는 기 분류된 범주를  $y_i$ 로 표기한다. 즉, 범주 1로 분류된 데이터  $x_i$ 에 대하여  $y_i$ 는 1, 범주 2로 분류된 데이터  $x_i$ 에 대하여  $y_i$ 는 -1이라고 한다. 이때, 하이퍼플레인 을 찾는 문제는 다음과 같은 최적화 문제가 된다.

$$\text{Max } \frac{2}{w^T w} \quad (2.1a)$$

$$w^T x_i + b \geq 1 \quad \text{for } y_i = 1 \quad (i = 1, \dots, N) \quad (2.1b)$$

$$w^T x_i + b \leq -1 \quad \text{for } y_i = -1 \quad (i = 1, \dots, N) \quad (2.1c)$$

위 최적화 문제에 대하여 라그랑지 계수(Lagrange multiplier)  $\alpha_i$ 를 도입하여 라그랑지 함수를 유도하면 다음과 같은 원문제(primal problem)가 도출된다.

$$\text{Min } L_p = \frac{1}{2} w^T w - \sum_{i=1}^N \alpha_i [y_i (w^T x_i + b) - 1] \quad (2.2)$$

$$\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, N$$

식 (2.2)의 원문제에 대하여 Karush-Kuhn-Trucker 조건을 적용시키면 다음의 결과를 얻는다.

$$\frac{\alpha L_p}{\alpha w} = w - \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i = 0 \quad (2.3a)$$

$$\frac{\alpha L_p}{\alpha b} = - \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0 \quad (2.3b)$$

$$\alpha_i [y_i (w^T x_i + b) - 1] = 0, \quad i = 1, \dots, N \quad (2.3c)$$

식 (2.3a)로부터,

$$w = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i \quad (2.4)$$

따라서, 계수  $\alpha_i$ 가 결정되면 하이퍼플레인의 계수  $w$ 를 산출할 수 있다. 그리고 식 (2.3c)으로부터 아래와 같이  $b$ 를 구할 수 있다.

$$b = \frac{1 - y_i w^T x_i}{y_i}, \quad \alpha_i > 0 \quad (2.5)$$

식 (2.5)에 의하면  $b$ 는 각 데이터 객체별로 다른 값이 도출 될 수 있는데, 이 경우에는 평균값을 취함으로써 최종적으로 상수  $b$ 를 정하는 것이 수치적으로 안정적이라 알려져 있다. 위와 같이 하이퍼플레인을 도출하는 것을 SVM을 학습시킨다고 한다.

$\alpha_i$  값을 얻기 위한 식 (2.2)의 원문제에 대한 울프쌍대 문제는 다음과 같다.

$$\text{Max } L_p = \frac{1}{2} w^T w - \sum_{i=1}^N \alpha_i [y_i (w^T x_i + b) - 1] \quad (2.6)$$

식 (2.4)를 식 (2.6)에 대입하면 위의 쌍대문제는 다음과 같이 제약조건이 선형인 이차계획(quadratic programming) 문제가 된다.

$$\text{Max } L_p = \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j \quad (2.7a)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0 \quad (2.7b)$$

위의 식 (2.7)의 문제로부터,  $\alpha_i$ 를 결정한 후 식 (2.4)과 식 (2.5)을 이용하여 하이퍼플레인의 계수들을 구할 수 있다. SVM을 학습시킨 후 새로운 데이터  $x$ 에 대한 분류 규칙은 다음과 같다.

$$y = w^T x + b > 0 \quad \text{이면, 범주 1로 분류} \quad (2.8a)$$

$$y = w^T x + b \leq 0 \quad \text{이면, 범주 2로 분류} \quad (2.8b)$$

이러한 두 집단을 분류하는 특성을 이용하여 본 연구에서는 군 통신용 셀터의 EMI 차폐 값에 따른 측정 포인트의 차폐성능 안정여부를 판단하는 기준을 마련하고자 한다.

## 2.2 공정능력분석

통계적 품질관리의 주요한 기능 중 하나는 공정을 관리 상태로 유지하는 것이며 그 공정으로부터 생산된 제품이 규격을 만족하도록 공정을 유도/조정 하는 일이다 [7]. 생산된 제품들이 얼마나 규격을 만족하는지, 그렇지

않다면 규격을 만족하도록 공정을 조정하는 문제들이 공정능력분석을 통해 해결될 수 있다. 이를 위해, 공정설계 및 제조단계에서 생산 공정의 품질 변동 정도를 측정하고 규격과 비교분석 하는 것을 공정능력분석이라 한다.

일반적으로 공정능력분석은 생산 공정이 얼마나 균질의 제품을 생산할 수 있는지에 대한 공정 고유 능력을 이야기하며 그 척도로 6-시그마를 사용한다. 또 공정능력을 평가하는 척도로서 공정능력지수(process capability index)가 있는데  $C_p$  또는  $C_{pk}$  값을 활용한다. 이는 공정 능력에 대한 규격폭의 비율로 공정이 규격에 맞는 제품을 생산할 능력을 갖고 있는지 나타내는 지수이다. 먼저  $C_p$ 는 주어진 규격상한(upper specification limit: USL)과 규격하한(lower specification limit: LSL)에 대해 다음과 같이 표현된다.

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6\sigma} \quad (3.1)$$

만일, 규격이 한쪽만 존재하는 경우라면  $C_p$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$C_p = \begin{cases} \frac{(USL - \mu)}{3\sigma} & USL \text{만 있는 경우} \\ \frac{(\mu - LSL)}{3\sigma} & LSL \text{만 있는 경우} \end{cases} \quad (3.2)$$

$C_p$  값이 1인 경우는 규격폭( $USL - LSL$ )이  $6\sigma$ 와 일치하는 경우로, 이러한 공정 하에서 제품이 규격을 벗어날 확률이 0.27%가 된다. 불량률을 더 줄이고자 할 경우에는 동일 규격폭에서 분산을 줄여야 한다.

그러나, 식 (3.1)의  $C_p$ 는 평균을 고려하지 않아 평균이 치우치는 경우에 대한 고려가 필요한데 이를 고려한 것이  $C_{pk}$  지수이다. 이 지수는 다음과 같이 정의된다.

$$C_{pk} = \frac{\min[USL - \mu, \mu - LSL]}{3\sigma} \quad (3.3)$$

### 3. 군 통신 쉘터의 EMI 차폐 데이터 분석

#### 3.1 차폐 데이터

본 논문에서는 EMI 차폐효과가 안정된 측정 포인트를 선별하기 위해 45대의 통신용 쉘터에서 측정된 차폐

효과 데이터를 사용하였다. 데이터의 형식은 Table 1과 같으며, 이와 같은 차폐효과 측정을 5개의 주파수(150kHz, 1GHz(수평), 1GHz(수직), 10GHz(수평), 10GHz(수직))에서 실시하여 총 5개의 데이터 셋을 작성하였다.

Table 3. Part of EMI shielding effectiveness data(1GHz(V))

Point number	Input variable		Output variable
	Average	Std. deviation	The number of shelters
1	86.02	5.28	9
2	85.20	4.43	8
3	86.07	5.15	9
4	85.27	5.03	9
5	85.84	4.59	11
...	...	...	...

측정 번호는 쉘터의 EMI 차폐효과 측정위치 번호이고, 입력인자는 각 측정 번호별로 45대의 EMI 차폐효과 의 평균 및 표준편차를 나타낸 것이다. 마지막으로 출력 인자는 측정된 45대의 쉘터 중, 각 측정 번호에서 차폐효과 기준에 미달된 쉘터의 대수를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 서포트 벡터 머신 기법과 공정능력분석을 이용하여 EMI 차폐 데이터를 분석하여 차폐효과가 안정된 측정 포인트를 분류하고, 각 기법에 의해 분류된 측정 포인트들의 EMI 차폐효과가 안정되어 있는지 확인하고자한다. 차폐효과가 안정된 측정 포인트를 분류하는 기준은 다음과 같다.

- (1) 분류된 측정 포인트는 다른 측정 포인트보다 차폐효과 평균이 높고 표준편차가 적을 것
- (2) 분류된 측정 포인트에서 차폐효과 기준 값 미달을 보이는 쉘터의 수가 최소한으로 적을 것
- (3) 차폐효과가 안정되어 있어야 하므로 (2)의 차폐효과 기준 값을 국방규격서보다 높게 설정할 것

위의 분류기준을 적용하여 서포트 벡터 머신 분석시에는 주파수별 차폐효과 데이터를 두 개의 집단으로 분류하였다. 하나는 한 대의 쉘터에서도 차폐효과가 기준에 미달되지 않은 측정 포인트 집단이고 다른 하나는 그 외의 측정 포인트집단이다. 이 두 개의 측정 포인트 집단을 서포트 벡터 머신의 분류 하이퍼플레인으로 분류함으로써 차폐효과가 안정된 측정 포인트를 탐색하였다.

### 3.2 분석결과

Fig. 3~7은 서포트 벡터 머신 기법으로 5개의 각 주파수의 EMI 차폐데이터를 분석한 결과를 나타낸 그래프이다. 일반적으로 차폐성능의 평균이 높고 표준편차가 작을수록 쉘터의 EMI 차폐성능이 미달될 확률이 적다. 따라서, 분류 하이퍼플레인인 차폐 성능 평균이 높고 표준편차가 작은, 차폐성능 측정값이 기준에 미달되는 쉘터가 한 대도 없는 측정 포인트(◆)와 그렇지 않은 측정 포인트(■, ●, ▲)를 나누도록 작성되었다. 그러므로, 하이퍼플레인인 미달 쉘터 0대(◆)와 1대 이상(▲)의 측정 포인트 집단 사이에 위치하고 있다.

150kHz, 1GHz 및 10GHz(V)의 주파수(Fig. 3~5, 7)에서는 미달 쉘터 0대(◆)와 1대 이상(▲) 데이터 사이에서 하이퍼플레인이 형성되었으나, 10GHz(H) 주파수(Fig. 6)에서는 1대 이상(▲)의 기준미달 쉘터가 보이는 측정 포인트 수가 적으며, 넓은 곳에 퍼져있어 두 데이터 집단(◆, ▲) 사이에 하이퍼플레인이 형성되지 않았다. 대신, 기준 미달 쉘터가 0대인 측정 포인트 집단과 5대 이상 집단(●) 사이에 분류 가능한 경계가 보이므로 기준 미달 쉘터가 0대인 측정포인트 집단과 5대 이상 및 10대 이상의 측정 포인트 집단을 구분하는 하이퍼플레인(SVM1\_2)을 작성하였다.

EMI 차폐성능을 측정한 45대 쉘터 중에서 기준미달 쉘터 대수가 0대이며, 차폐값 평균 및 표준편차가 다른 측정 포인트에 비해 안정되어있는 측정 포인트(◆)는 주파수별로 15~28개 분류되었으며 일부 오분류가 포함되었다. Table 2는 Fig. 3~7에서 차폐성능이 안정되었다고 분류된 측정 포인트를 주파수별로 표시한 것이며, 굵게 표시한 측정 포인트는 오분류된 것을 의미한다.

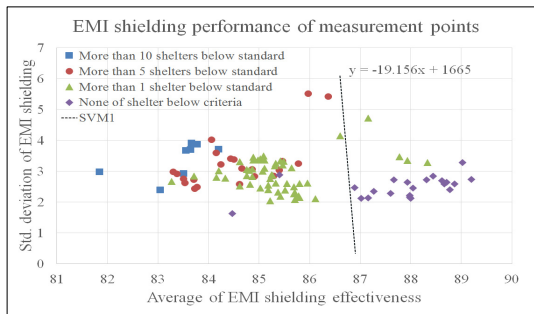


Fig. 3. Separating hyperplane(150kHz)

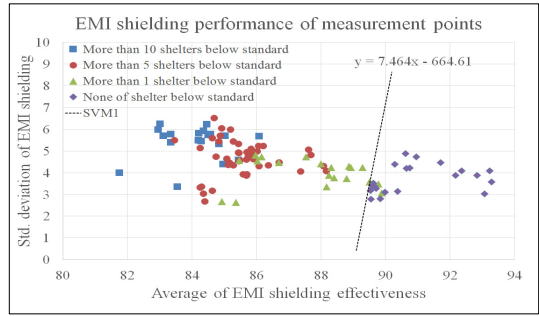


Fig. 4. Separating hyperplane(1GHz, horizontal)

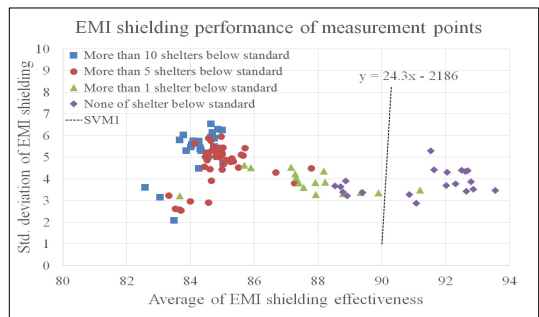


Fig. 5. Separating hyperplane(1GHz, vertical)

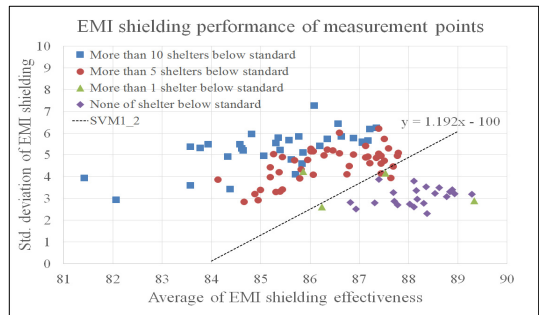


Fig. 6. Separating hyperplane(10GHz, horizontal)

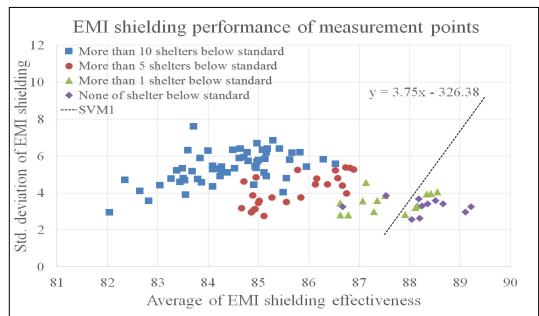


Fig. 7. Separating hyperplane(10GHz, vertical)

Table 2. Classified point by separating hyperplane

Frequency	150 kHz	1GHz (H)	1GHz (V)	10GHz (H)	10GHz (V)
Criteria	SVM1(SVM1_2)				
Point Number	20	19	19	19	<b>19</b>
	21	20	20	20	22
	<b>22</b>	21	21	21	24
	23	22	22	22	26
	24	<b>23</b>	<b>23</b>	23	54
	25	24	54	24	<b>56</b>
	26	25	55	25	57
	<b>41</b>	26	56	26	59
	<b>54</b>	54	57	<b>32</b>	61
	55	55	58	<b>33</b>	<b>89</b>
	56	56	89	54	91
	57	57	90	55	<b>92</b>
	58	58	91	<b>56</b>	93
	59	59	92	57	94
	60	60	93	58	<b>96</b>
	<b>89</b>	61		59	
	90	<b>68</b>		60	
	91	89		61	
	92	90		<b>68</b>	
	93	91		89	
94	92		90		
95	<b>93</b>		91		
96	94		92		
	95		93		
	<b>96</b>		94		
			95		
			<b>96</b>		
			<b>104</b>		

다음은 공정분석능력을 이용한 EMI 차폐 데이터 분석 결과이다(Fig. 8~11). EMI 차폐성능의 공정능력분석은 쉘터의 각 면(전/좌측/우측/후면)에 따라 측정 포인트를 나누고, 각 면에 존재하는 측정 포인트에 대하여 5개의 주파수별로 공정능력지수를 작성함으로써 실시하였다. 그래프의 x, y축은 각각 측정 포인트 번호와 그에 따른 공정능력지수를 나타내었다. 각 면에서 공정능력지수가 높은 포인트는 EMI 차폐성능의 평균이 높거나 표준편차가 작기 때문에, 차폐효과가 안정되어 있다고 판단하였다.

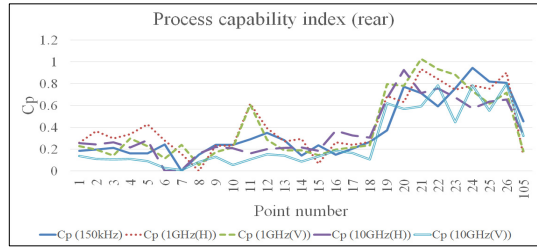


Fig. 8. Process capability index(rear)

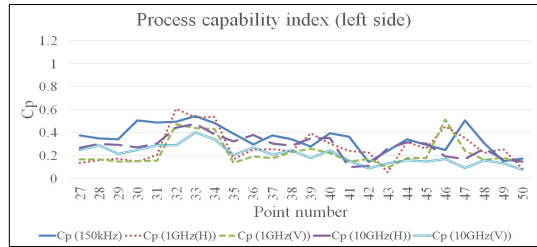


Fig. 9. Process capability index(left side)

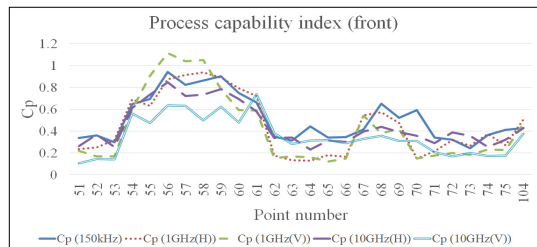


Fig. 10. Process capability index(front)

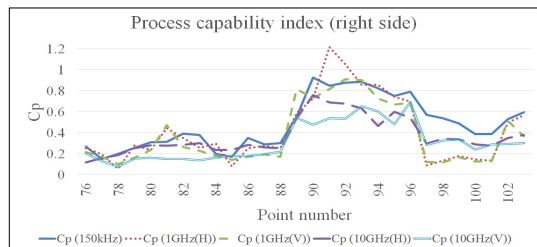


Fig. 11. Process capability index(right side)

Fig. 8~11로부터, 쉘터의 각 면에서 주파수에 상관없이 특정 지점에서 공정능력지수( $C_p$ ) 값이 높게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 즉, 특정 지점에서 차폐성능이 안정된 측정 포인트들이 모여 있음을 알 수 있다. Table 3은 공정능력분석 결과로, Fig. 8~11의 쉘터 각 면에서 차폐효과 안정되었다고 판단된 측정 포인트들을 나타낸 것이다.

Table 3. Points with stabled EMI shielding effectiveness as a result of process capability analysis

Point Number	Front	Rear	Left side	Right side
	54	19	32	89
	55	20	33	90
	56	21	34	91
	57	22		92
	58	23		93
	59	24		94
	60	25		95
61	26		96	

Table 4. Points with stabled EMI shielding effectiveness

Point	Frequency				
	150kHz	1GHz(H)	1GHz(V)	10GHz(H)	10GHz(V)
	Average of EMI shielding effectiveness(Cp)				
19	86.60 (0.37)	90.64 (0.69)	92.51 (0.79)	87.71 (0.66)	88.16 (0.62)
20	88.31 (0.77)	90.29 (0.63)	92.04 (0.78)	88.38 (0.92)	86.78 (0.57)
21	89.02 (0.71)	92.84 (0.93)	92.87 (1.03)	87.78 (0.71)	87.29 (0.59)
22	87.93 (0.59)	92.36 (0.84)	92.80 (0.93)	88.31 (0.76)	88.20 (0.78)
23	88.44 (0.76)	89.78 (0.74)	91.20 (0.88)	88.53 (0.67)	86.62 (0.45)
24	88.00 (0.94)	89.71 (0.78)	89.40 (0.73)	86.82 (0.57)	88.04 (0.78)
25	87.60 (0.82)	89.64 (0.75)	88.71 (0.62)	87.31 (0.64)	86.62 (0.55)
26	87.16 (0.81)	89.56 (0.90)	88.91 (0.72)	86.93 (0.66)	89.11 (0.80)
54	88.33 (0.65)	90.76 (0.69)	91.53 (0.60)	88.16 (0.61)	88.18 (0.56)
55	87.67 (0.69)	90.96 (0.63)	92.02 (0.91)	88.02 (0.73)	87.07 (0.47)
56	88.78 (0.94)	92.18 (0.87)	93.56 (1.11)	89.33 (0.85)	88.11 (0.63)
57	88.62 (0.82)	93.22 (0.91)	92.64 (1.04)	88.93 (0.72)	88.24 (0.63)
58	88.67 (0.86)	89.84 (0.94)	91.09 (1.05)	88.78 (0.73)	87.36 (0.50)
59	87.98 (0.90)	90.38 (0.89)	89.89 (0.78)	88.11 (0.78)	88.36 (0.62)
60	87.93 (0.75)	89.53 (0.79)	88.53 (0.59)	88.18 (0.69)	86.67 (0.48)
61	86.89 (0.66)	89.62 (0.72)	88.87 (0.59)	87.69 (0.58)	89.22 (0.74)
89	87.78 (0.92)	90.62 (0.59)	92.69 (0.81)	88.11 (0.54)	88.42 (0.54)
90	87.98 (0.92)	91.71 (0.73)	91.64 (0.73)	89.29 (0.76)	87.51 (0.48)
91	88.71 (0.85)	93.07 (1.22)	92.62 (0.81)	88.84 (0.69)	88.56 (0.54)
92	89.20 (0.88)	93.29 (1.05)	92.31 (0.91)	88.89 (0.68)	88.33 (0.53)
93	88.87 (0.88)	89.89 (0.86)	90.87 (0.90)	88.62 (0.63)	88.67 (0.65)
94	88.04 (0.82)	89.98 (0.86)	89.33 (0.73)	87.40 (0.46)	88.51 (0.60)
95	87.27 (0.75)	89.58 (0.74)	88.78 (0.67)	88.36 (0.60)	87.53 (0.48)
96	87.02 (0.79)	89.51 (0.70)	88.78 (0.68)	86.24 (0.54)	87.91 (0.70)

공정능력분석 결과에 따르면, 차폐효과가 안정된 측정 포인트는 약 0.4~1.2의  $C_p$  값을 보이고 있다. 통계적 품질관리 이론에서는 품질이 안정된 제품은 공정능력지수  $C_p$  값이 1.33 이상으로 보고 있다. Table 3의 측정 포인트들은 공정능력지수가 1.33에 미치지 못하나, 각 측정 포인트에서 차폐능력이 기준에 미달한 셀터가 매우 적거나 없다는 점에서 다른 측정 포인트들에 비해 차폐 성능이 안정되어 있다고 할 수 있다.

두 통계적 기법으로 분류한 측정 포인트들은 모두 차폐 성능의 평균이 높고 표준편차가 적으며 차폐 성능이 규격에 미달되는 셀터의 수가 적다. Table 4는 두 분석 결과로부터 공통적으로 차폐 성능이 안정된 측정 포인트를 정리한 것으로, 서포트 벡터 머신에서 과반수 이상의 주파수로부터 차폐효과가 안정되었다고 분류되었으면서 공정능력분석 결과로부터도 차폐 성능이 안정되었다고 분류된 측정 포인트를 나타낸 것이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 데이터 마이닝 기법과 공정능력분석을 이용하여 군 통신용 셀터의 차폐효과가 안정된 측정 포인트를 탐색하였다. 먼저, 서포트 벡터 머신 기법을 활용하여 EMI 차폐 성능이 안정된(차폐효과 기준 미달이 한 대도 없는) 측정 포인트를 구분하는 분류 하이퍼플레인 을 작성하였다. 분류된 측정 포인트 중에는 기준 미달 셀터가 존재하나, 차폐 성능이 안정되었다고 오분류된 측정 포인트도 존재하였다. 그리고 공정능력분석을 통해 차폐 성능이 안정된 측정 포인트를 분류, 서포트 벡터 머신 결과와 비교하여 24개의 측정 포인트에서 차폐 성능이 안정되었다는 결과를 얻을 수 있었다.

군 통신용 셀터는 사용 목적의 특성상 어떤 위치에서도 차폐 성능이 기준에 미달되어서는 안 되기 때문에 차폐 성능이 안정된 측정 포인트를 탐색하고자 할 때, 오류가 존재해서는 안 된다. 본 연구에서는 두 기법으로부터 차폐 성능이 안정되었다고 판단된 측정 포인트 중에 오분류된(기준 미달 셀터가 존재하는) 측정 포인트도 존재하였다. 따라서, 추후 다른 인자를 고려하는 등의 추가 연구를 통해 오분류 없이 안정된 측정 포인트를 분류할 수 있도록 해야 한다.

## References

- [1] Manjung Seo, Seongwon Chi, Youngjin Kim, Woorchul Park, Hojae Kang, Changsu Huh, "Electromagnetic Wave Shielding Effectiveness Measurement Method of EMP Protection Facility", The journal of Korean institute of electromagnetic engineering and science, vol.25(5), pp.548-558, 2014.
- [2] Yeon-Choon Chung, Jongkyung Lee, Suk-Tai Kwon, "Comparison of SE Evaluation Methods for HEMP Shelters", The journal of Korean institute of electromagnetic engineering and science, vol.25(11), pp.1197-1200, 2014.
- [3] MIL-STD-188-125-1, "High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) protection for ground-based C4I facilities performing critical, time-urgent missions part 1 fixed facilities", 7, April, 2005.
- [4] IEEE-STD-299, "IEEE Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures", 15, September, 2006.
- [5] Chi Hyuck Jeon, Data Mining Techniques, 482, HanNaRae, 2015.
- [6] Richard J. Roiger, Michael W. Geatz, DATA MINING A Tutorial-Based Primer, 391, Hongreung Science, 2007.
- [7] Chi Hyuck Jeon, Min Geun Jeong, Hye Seo Lee, Applied Statistics for Engineering, 338, Hongreung Science, 2012.

### 구 기 범(Ki-Beom Ku)

[정회원]



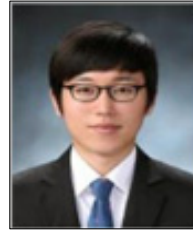
- 2016년 8월 : 경희대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 국방기술품절원 연구원

<관심분야>

데이터 마이닝, 프로그래밍, 일반기계

### 권 재 욱(Jae-Wook Kwon)

[정회원]



- 2012년 2월 : 경희대학교 공과대학원 기계공학과 (기계공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품절원 선임연구원

<관심분야>

일반기계

### 진 흥 식(Hong-Sik Jin)

[정회원]



- 1991년 2월 : 인하대학교 항공우주공학과 (항공우주공학사)
- 2012년 8월 : 국방대학교 사업관리학 (사업관리학석사)
- 1991년 8월 ~ 현재 : 국방기술품절원 선임연구원

<관심분야>

일반기계