

# 편대비행 ISAR 영상 형성을 위한 위상보정 기법 분석

차상빈\*<sup>1</sup>, 윤세원\*<sup>2</sup>, 황석현\*<sup>3</sup>, 강민석\*\*, 정주호\*\*\*, 박상홍\*\*\*\*

## Analysis of Phase Adjustment Techniques for ISAR Imaging Targets in Formation Flight

Sang-Bin Cha<sup>\*1</sup>, Se-Won Yoon<sup>\*2</sup>, Seok-Hyun Hwang<sup>\*3</sup>, Min-Seok Kang<sup>\*\*</sup>, Joo Ho Jung<sup>\*\*\*</sup>, and Sang-Hong Park<sup>\*\*\*\*</sup>

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No.2015R1A1A1A05000909)

### 요 약

역합성 개구 레이더(ISAR, Inverse Synthetic Aperture Radar) 영상은 표적의 2차원 RCS(Radar Cross Section) 분포를 나타낸다. ISAR 영상 형성 시 표적의 병진운동은 영상의 초점을 흐리게 만들기 때문에 반드시 보상을 해주어야 한다. 병진운동보상에 가장 중요한 단계는 거리정렬 후의 위상오차를 보상해주는 위상보상 기법이다. 하지만 기존의 위상보정 기법은 대부분 단일 비행을 가정하여 수행되므로, 실제 편대 비행하는 표적에 적용할 경우 성능 저하가 발생할 수 있다. 이에 본 논문에서는 4가지의 위상보상기법을 소개하고, 이를 편대비행 ISAR 영상 형성에 적용시켜 각 기법들을 분석한다. 시뮬레이션 결과, MTEPA(Minimum Tsallis Entropy Phase Adjustment) 기법이 편대비행에 가장 적합함을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

Inverse Synthetic Aperture Radar(ISAR) image is 2-dimensional RCS(Radar Cross Section) distribution of a target. In ISAR imaging, the translational motion of the target seriously blurs the image so it must be compensated for. The main step in compensating for the translational motion is the phase adjustment which compensates for the phase errors after the range alignment. However, existing methods are conducted assuming the solo flight, which can yield degraded performance when applied to targets in formation flight. Therefore, this paper introduces four existing methods for translational motion compensation, analyzes the performance of the four methods in ISAR imaging of targets in formation flight. Simulation results demonstrate that the minimum Tsallis entropy phase adjustment method were the most adequate for the formation flight.

Keywords							
ISAR,	formation	flight	targets,	translation	motion,	phase	adjustment

* 부경대학교 전자공학과 석사과정	**** 부경대학교 전자공학과 교수(교신저자)
- ORCID <sup>1</sup> : https://orcid.org/0000-0001-7515-0650	- ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8512-1431
- ORCID <sup>2</sup> : https://orcid.org/00000003-0514-708X	
- ORCID <sup>3</sup> : https://orcid.org/0000-0002-3582-8591	· Received: Mar. 22, 2018, Revised: Apr. 23, 2018, Accepted: Apr. 26, 2018
** 포항공과대학교 전자전기공학과 박사과정	· Corresponding Author: Sang-Hong Park
- ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0410-1066	Dept. of Electronic Engineering, Pukyoung National University Korea,
*** 카이스트 무인 기술 연구 센터 연구교수	Tel.: +82-51-629-6224, Email: radar@pknu.ac.kr
- ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7087-8079	

## Ⅰ.서 론

역합성 개구 레이더(ISAR, Inverse Synthetic Aperture Radar) 영상은 표적을 여러 관측 각도에서 수신된 광대역 레이더 신호를 코히런트(Coherent)하 게 처리하여 형성된 2차원 산란분포[1]를 나타내고, 이를 이용해 자동표적인식(ATR, Automatic Targer Recognition) 및 비협조 표적 인식(NCTR, Non-Coopertive Targer Recognition)을 통한 표적식별을 효율적으로 수행할 수 있다.

ISAR 영상 형성 시 기동하는 표적과 레이더 사 이의 거리를 변화시키는 병진운동은 반드시 보상되 어야 하는 성분이다. 병진운동 성분은 병진운동 보 상(TMC, Translational Motion Compensation)기법을 이용하여 제거 될 수 있다. TMC는 거리정렬(Range alignment) 및 위상보정(Phase Adjustment)로 구성된 다. 거리정렬은 동일한 산란점이 같은 레인지 빈에 존재하도록 정렬시키는 과정으로, 전형적인 거리보 상 기법은 1차원 최소 엔트로피 기법(ID Minimumentropy Method)[2]가 있다. 위상보정은 병진운동의 속도 및 가속도에 따른 위상오차를 제거하는 과정 으로, 이때 발생한 위상오차는 ISAR 영상 형성 시 영상을 흐리게 만들기 때문에 반드시 제거되어야 한다.

현재까지 단일 표적을 가정하여, 위상오차를 보 상하기 위해 많은 위상보정기법이 제안 되어왔다. 하지만 제안된 기법들은 단일 표적을 가정 하에 제 안된 기법으로, 실제 2대 이상의 편대비행 표적의 ISAR 영상 형성에 적용하였을 때, 성능 저하가 발 생할 수 있다. 편대비행 표적을 탐지할 시 안테나 내부에 다수의 표적이 들어오게 되고, 이로 인해 형 성된 ISAR영상은 다수의 표적이 존재하거나 겹쳐 진 형태로 생성 된다. 따라서 단일 표적 ISAR 영상 신호처리에 비해 편대 비행 표적의 ISAR 영상은 보다 많은 신호처리를 하게 되고, 또한 영상의 크기 가 커질 뿐만 아니라 서로 표적 사이의 간섭 등의 문제가 발생하므로 기존 제안된 기법에 대한 분석 이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 단일 표적을 가정하여 검증된 우 수한 기법 4가지, 위상 기울기 자동 초점(PGA, Phase Gradient Autofocus)[3], 중요 산란점 처리(PPP, Prominent Point Processing)[4], 최소 엔트로피 위상 조정(MEPA, Minimum Entropy Phase Adjustment)[5], 최소 뜨살리스 엔트로피 위상 조정(MTPA, Minimum Tsallis Phase Adjustment)[6]를 소개한 후, 각 기법들을 편대비행 하는 표적의 ISAR 형성에 적용시켜 각 기법들의 성능을 비교, 분석하였다. 성 능 비교, 분석을 위해 점산란원 으로 구성된 비행표 적4대가 편대비행을 이루는 시나리오[7]를 구축하고 이를 시뮬레이션 하여 ISAR 영상을 얻었다. 시뮬레 이션 결과, MTEPA(Minimum Tsallis Entropy Phase Adjustment) 기법이 편대비행에 가장 적합함을 확인 할 수 있었다.

#### II. 기본 이론

#### 2.1 ISAR 신호 모델

ISAR 영상을 형성하기 위한 기하 구조는 다음 그림 1[10]과 같다.  $(x_k, y_k)$ 에 위치한 표적으로부터 수신된 신호는 시간-주파수 영역에서 다음과 같이 표현 될 수 있다. 여기서 k(k=1,2,...,K)는 표적의 개수 이다.

$$s(f,t) = \sum_{k=1}^{K} A_k \bullet W(f,t) \bullet \exp[-j\varphi(x_k, y_k, t)]$$
$$W(f,t) = rect \left(\frac{t}{T_{obs}}\right) rect \left(\frac{f-f_0}{B}\right)$$
(1)

식 (1)에서  $A_k$ 는 표적의 RCS,  $\varphi(\cdot)$ 는 위상,  $f_0$ 는 중심주파수, B는 대역폭,  $T_{obs}$ 는 관측시간,  $rect(\cdot)$ 는 사각함수이다. 작은 각도 근사 및 작은 대역폭 근사에 근거하여 위상은 식 (2)와 같이 근사 화 될 수 있다.



그림 1. ISAR 영상의 기하구조 Fig. 1. Geometry of the ISAR image

$$\varphi(x_k, y_k, t) = \frac{4\pi f}{c} \left[ R_k(t) + x_k - y_k \theta_k(t) \right]$$
(2)

식 (2)에서  $\theta_k(t)$ 는 Z축을 중심으로 회전한 표적 의 회전 각도, c는 빛의 속도,  $R_k(t)$ 는 레이더와 표적사이의 거리를 나타낸다. 거리정보  $R_k(t)$ 와 회 전정보  $\theta_k(t)$ 는 다음 식 (3)과 (4)와 같이 각각 표 현될 수 있다.

$$R_{k}(t) = R_{k0} + \nu_{k}t + \frac{1}{2!}\nu_{k}^{'}t^{2} + \dots$$
(3)

$$\theta_k(t) = \theta_{k0} + \Omega_k t + \frac{1}{2!} \Omega'_k t^2 + \dots$$
(4)

여기서  $R_{k0}$ ,  $\theta_{k0}$ 는 표적과 레이더 사이의 초기 거 리 및 각도,  $v_k$ ,  $\nu'_k$ ,  $\Omega_k$ ,  $\Omega'_k$ 는 표적의 속도, 가속도, 각속도 및 각가속도를 나타낸다. RP(Range Profile) 는 수신된 신호를 거리방향 축으로 역 푸리에 변환 을 통해서 얻을 수 있다.

$$S_{r}(\tau,t)$$
(5)  
=  $\int_{-\infty}^{\infty} s(f,t) \exp(j2\pi f\tau) df$   
=  $AB \cdot \operatorname{sinc}(B\left(\tau - \frac{2}{c}\right) [R(t) + x_{k} - y_{k}\theta(t)]) \exp(j2\pi f_{0}\tau)$   
 $\cdot \operatorname{rect}\left(\frac{t}{T_{obs}}\right) \cdot \exp\left[-j\frac{4\pi f_{0}}{c}(R(t) + x_{k} - y_{k}\theta(t))\right]$ 

여기서  $\tau$ 는 fast-time,  $\sin c$ 는 싱크함수로 정의한다. 식 (5)에 거리정렬을 수행하여 R(t)성분을, 위상보 정을 통해  $\exp[-j(4\pi f_0/c)R(t)]$  성분이 제거되면 최종적인 ISAR 영성은 주파수방향 축으로 푸리에 변환을 통해서 얻을 수 있다.

$$I(\tau,\nu,x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} S_r(\tau,t) \exp(-j2\pi t\nu) dt \qquad (6)$$

여기서  $\nu$ 는 slow-time을 나타낸다. 본 논문에서는 식 (5)에 의해 얻은 RP에서 거리정렬 과정을 거친 RP를 f(m,n)으로 정의하고, 여기서 m은 slow-time 인덱스, n은 레인지 빈(Fast-time) 인덱스를 나타낸다. 2.2 PPP

PPP 기법은 독립적인 산란원을 이용하여 속도 및 가속도를 추정하는데, 특정 레인지 빈에서 하나 의 산란원만 존재 하는 레인지 빈을 선별하기 위하 여 크기정규화 분산을 사용하며 다음과 같다.

$$\sigma_n = 1 - \frac{E(|f(m,n)|)^2}{E(|f(m,n)|^2)}$$
(7)

위 식에서 *E*(•)는 평균연산자를 의미한다. σ<sub>n</sub>의 값이 작을수록 해당 레인지 빈에서 산란원이 하나 만 존재할 확률이 높다. 따라서 모든 레인지 빈에 대해 식 (7)을 통하여 크기정규화 분산을 구한 뒤, 가장 작은 값을 가지는 레인지 빈 n<sub>0</sub>을 선택한다. 선택된 위치에서의 slow-time에 따른 신호는 다음과 같다.

$$f(m,n_0) = A_{n0} \exp\left(-j\frac{4\pi f_0}{c} \left(R_{n_0} + \nu t + \frac{1}{2!}\nu t^2\right)\right)$$
(8)

위상오차  $\varphi(\bullet)$ 을 보상하기 위하여 속도  $\nu$  및 가속도  $\nu'$ 값을 추정해야 하며 다음 식을 통하여 추 정 할 수 있다.

$$[\nu,\nu']$$
(9)  
= arg m ax  $\sum_{m=1}^{M} f(m,n_0) \exp\left(\frac{4\pi f_0}{c} \left(\nu t + \frac{1}{2!}\nu' t^2\right)\right)$ 

#### 2.3 PGA

PGA는 초점이 맞지 않는 영상으로부터 위상오차 의 미분치를 추정하고 이를 적분하여 보정해야 할 위상성분을 구하는 것이다. 일반적으로 PGA 알고리 즘은 회전천이(Circular Shifting), 윈도우 적용 (Windowing), 위상 기울기각 추정(Phase Gradient Estimation), 위상보정 및 반복(Iterative Phase Correction)으로 구성된다. 먼저 회전천이에서는 각 레인지 빈에 대해서, 신호의 크기가 가장 큰 레인지 빈 n을 선택해 원점(영상의 중심)으로 천이 시키는 70 편대비행 ISAR 영상 형성을 위한 위상보정 기법 분석

과정이다. 윈도우 적용 에서는 회전 천이 과정을 거 친 영상에 적절한 윈도우를 사용하여 위상보정추정 에 불필요한 정보를 제거 하는 과정이다. 이 때, 윈 도우의 크기에 따라 알고리즘의 성능과 복잡도가 영향을 받으므로, 적절한 윈도우의 크기 선택이 중 요하다. 위상 기울기각 추정은 위상오차를 추정하는 과정, 위상보정 및 반복은 위상오차 가 일정 범위 안에 들어올 때 까지 상기 세 가지 과정을 반복수 행 하는 과정이다. 위상오차 추정을 위해 선형불편 최소분산(LUMV, Linear Unbiased Minimum Variance) [3]을 사용한다. 앞선 두 과정(회전천이, 윈도우)을 거친 후의 영상을  $\hat{j}(m,n)$ 라고 하면 LUMV에 의한 위상오차는 다음과 같다.

$$\dot{\varphi}(m) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} Im[\hat{j}(m,n)^* \hat{j}(m,n)]}{\sum_{n=0}^{N-1} |\hat{j}(m,n)|^2}$$
(10)

 Im[•]는 허수 부분을 나타내며, φ(m)을 적분하여

 얻은 보정위상을 φ(m)라고 하면, PGA를 통해 위상

 보정이 된 ISAR 영상은 다음과 같다.

$$J(m,n) = \hat{j}(m,n)[\exp - j\varphi(m)]$$
(11)

이러한 과정을 반복수행하여, 위상오차가 일정 범위 안에 들어올 때 까지 반복한다.

#### 2.4 MEPA

MEPA는 2차원 엔트로피가 최소가 될 때의  $\varphi(\bullet)$ 을 통하여 위상보정을 수행한다. MEPA을 통해 위상보정이 된 ISAR 영상은 다음과 같다.

$$g(k,n)$$
(12)  
=  $\sum_{m=0}^{M-1} f(m,n) \exp[j\varphi(m)] \exp\left(-j\frac{2\pi}{M}km\right)$ 

여기서 φ(•)은 위상보정성분, k는 도플러 주파수 인덱스를 나타낸다. 위 식과 같이 형성된 ISAR 영 상의 2차원 엔트로피는 다음과 같은 식을 통하여 계산된다.

$$E_{2D} = \sum_{k=0}^{M-1N-1} \frac{|g(k,n)|^2}{S} ln\left(\frac{S}{|g(k,n)|^2}\right)$$
(13)  
$$S = \sum_{k=0}^{M-1N-1} |g(k,n)|^2$$

ISAR 영상의 2차원 엔트로피의 기울기 값을 통하여 최적화된  $\varphi(m)$ 을 통하여 위상오차 성분을 제거 할 수 있다.

#### 2.5 MTEPA

MTEPA 또한 MEPA 기법과 같이 영상의 엔트로 피가 최소가 될 때의 φ(•)을 통하여 위상보정을 수행하는 기법이다. 그러나 MEPA 기법과 다른 엔 트로피 정의를 사용한다. MTEPA을 통해 위상보정 이 된 ISAR 영상은 다음과 같다.

$$I(k,n)$$
(14)  
=  $\sum_{m=0}^{M-1} f(m,n) \exp[j\varphi(m)] \exp\left(-j\frac{2\pi}{M}km\right)$ 

여기서 φ(•), k는 위상보정성분, 도플러 주파수 인덱스를 나타낸다. 위 식과 같이 형성된 영상의 Tsallis 엔트로피는 다음과 같다.

$$E_{2D_{lsallis}} = \frac{1}{q-1} - \sum_{k=0}^{M-1N-1} \sum_{n=0}^{1} \frac{1}{q-1} \left[ \frac{|I(k,n)|^2}{S} \right]^q$$
(15)  
$$S = \sum_{k=0}^{M-1N-1} \sum_{n=0}^{1N-1} |I(k,n)|^2$$

q는 임의의 실수이다. MEPA 기법과 같이 영상의 2 차원 엔트로피의 기울기 값을 통하여 최적화된 φ(m)을 통하여 위상 오차 성분을 제거 할 수 있다.

#### Ⅲ. 시뮬레이션 결과

본 절에서는 앞서 소개한 MEPA, PPP, PGA, MTEPA 기법들을 편대 비행 하는 표적의 ISAR 영 상 형성에 적용하여 기법들의 성능을 비교, 분석한 다. 본 시뮬레이션에서 사용된 표적은 88개의 점산 란원으로 구성되었고, 총 4대의 표적이 편대비행 형 태를 구성하고 있다[그림 2]. 레이더의 시뮬레이션 조건은 표 1과 같고 표적의 시뮬레이션 조건은 표 2에 명시하였다.

표 2에 명시된 조건으로 편대 비행하는 표적의 수신 신호에 정합 필터링 과정을 수행 후 거리 정 렬 및 제시 된 위상보정 기법을 수행하였다. 시뮬레 이션 SNR = 15, 30, 45dB 환경에서 수행되었으며 각 SNR 환경에서 30번 반복 수행 하였다.

제시된 기법을 통해 얻어진 ISAR 영상의 성능을 비교하기 위해 사용된 비용함수로 엔트로피와 처리 시간을 사용하였다. 엔트로피는 무질서함을 나타내 는 지표이며, 엔트로피가 높을수록 무질서하다는 것 을 나타내므로 엔트로피가 낮은 영상이 일반적으로 품질이 좋은 영상이라 판단할 수 있다.





Ŧ	1.	레	이더	시물	물레	0	션	변수	
Tak	ble	1.	Varia	able	of	ra	dar		

Center Frequency	10 <i>GHz</i>
Bandwidth	200 <i>MHz</i>
Pulse Repetition Frequency	500 <i>Hz</i>
Pulse width	$30\mu\mathrm{sec}$
Number of pulse	300
Radar location	[0,0,0] <i>km</i>

#### 표 2. 편대 비행 표적의 시뮬레이션 변수 Table 2. Variable of target

Location	[10,65,2] <i>km</i>
Direction	[1, - 1,0];
Velocity	200m/s
Formation	[-40,0,0 ; 40,0,0 ; 0,40,0 ; 0, - 40,0]m;



72 편대비행 ISAR 영상 형성을 위한 위상보정 기법 분석

엔트로피의 정의는 식 (13)와 같고 g(k,n)는 제 시 된 기법들을 적용해서 얻은 편대비행 표적의 ISAR 영상이다.

제시된 기법을 통해 형성된 ISAR 영상은 그림 3과 같다. 본 영상들은 SNR=30dB 환경에서의 영상이다. SNR=30dB 기준으로 엔트로피 측면에서는 MEPA 기법이 9.5353으로 제일 좋은 모습을 보였고 PGA 기법이 10.1843로 가장 좋지 않음을 보였으며, 처리 시간 측면에서는 PPP 기법이 0.078초로 다른 기법 들에 비해 월등히 빨랐으며 MEPA 기법은 다른 기 법들에 비해 많은 시간이 걸리는 것을 확인 하였다. SNR 대비 엔트로피 및 처리시간은 다음 그림 4, 5 와 같다.





엔트로피 기법인 MEPA, MTEPA 기법은 다른 두 기법들에 비해 엔트로피 면에서 좋은 모습을 보였 으며, MTEPA 기법은 MEPA에 비해 빠른 처리시간 을 가졌다. 이로 인해 MEPA 기법은 MTEPA 달리 크기가 큰 ISAR 영상에 적용시키면 많은 시간이 걸림을 알 수 있다. 따라서 편대비행 표적의 ISAR 영상 형성을 위한 위상보정 기법으로 MTEPA 기법 이 제시 된 기법들 중에서 더 실질적이고, 효율적인 것으로 확인할 수 있다.

#### Ⅳ.결 론

본 논문에서는 TMC과정 중에 하나인 위상보정 기법들을 소개하고, 이를 편대비행 하는 표적의 ISAR 영상 형성에 적용하여 각 기법들을 비교, 분 석 하였다. 제시된 기법은 총 4가지로, 편대비행 표 적의 수신신호에 거리정렬 및 제시된 위상보정 기 법들을 적용시켜 획득한 ISAR 영상의 엔트로피 및 처리시간을 비교, 분석한 결과 MTEPA 기법이 다른 제시된 기법들에 비해 엔트로피 및 처리시간 측면 에서 더 나음을 확인할 수 있었다.

지금까지 제시된 기법들은 편대비행 표적의 ISAR 영상에 형성에 적용할 경우, 많은 성능저하가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 향후 거리 정렬 및 위상보정을 함께 고려한 편대비행 ISAR 영상 형상 알고리즘 개발이 필요할 것으로 보인다.

#### References

- C. Ozdemir, "Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging with MATLAB Algorithm", John Wiley & Sons, Inc, Chapter 8, pp. 299-344, Feb. 2012.
- [2] F. Berizzi and G. Corsini, "Autofocusing of inverse synthetic aperture radar images using contrast optimization", IEEE Trans. Aero. Electro. Sys, Vol. 32, No. 3, pp. 1185-1191, Jul. 1996.
- [3] Li. Xi, Liu. G. and Ni. J, "Autofocusing of ISAR images based on entropy minimization", IEEE Trans. Aero. Electro. Sys, Vol. 35, No. 4, pp. 1240-1251, Oct. 1999.
- [4] K. S. Kim, E. J. Yang, and C. H. Kim, "Improve

ment of ISAR Autofocusing Performance based on PGA", KIMST, Vol. 17, No 5, pp. 680-687, Oct. 2014.

- [5] P. H. Eichel and C. V. Jakowats, "Phase-gradient algorithm as an optimal estimator of the phase derivative", Optics Letters, Vol. 14, No. 20, pp. 1101-1103, Oct. 1989.
- [6] B. S. Kang, J. H Bae, S. E. Chung, C. H. Kim, and K. T. Kim, "A study on the rotational motion compensation method for ISAR imaging", Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 27, No. 1, pp. 69-75, Jan. 2016.
- [7] J. Wang, X. Liu, and Z. Zhou, "Minimumentropy phase adjustment for ISAR", IEEE Radar Conference, Vol. 151, No. 4, pp. 203-209, Aug. 2004.
- [8] M. S. Kang, J. H. Bae, S. H. Lee, and K. T. Kim, "Efficient ISAR autofocus via minimization of Tsallis Entropy", IEEE Trans. Aero. Electro. Sys, Vol. 52, No. 6, pp. 2950-2960, Dec. 2016.
- [9] S. H. Park and M. G. Joo, "A study on ISAR imaging scenario of formation flight", The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 9, No. 3, pp. 85-92, Mar. 2011.
- [10] K. B. Kang, S. H. Park, B. S. Kang, B. H. Ryu, and K. T. Kim, "A Study on Rotational Motion Compensation Method based on PPP for ISAR Image", The journal of Korean Institute of Electromagnetic and Science, Vol. 29, No. 2, pp. 109-117, Feb. 2018.

## 저자소개

#### 차 상 빈 (Sang-Bin Cha)



2017년 2월 : 부경대학교 전자공학과(공학사) 2017년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 전가공학과(석사과정) 관심분야 : 레이더표적인식, 레이더 영상, 레이더 신호처리

## 윤세원 (Se-Won Yoon)



2017년 2월 : 부경대학교 전자공학과(공학사) 2017년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 전가공학과(석사과정) 관심분야 : 레이더표적인식, 레이더 영상, 레이더 신호처리

#### 황 석 현 (Seok-Hyun Hwang)



2017년 2월 : 부경대학교 전자공학과(공학사) 2017년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 전가공학과(석사과정) 관심분야 : 레이더표적인식, 레이더 영상, 레이더 신호처리

#### 강민석 (Min-Seok Kang)



2013년 2월 : 아주대학교 전자공학과(공학사) 2015년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과(공학석사) 2015년 3월 ~ 현재 : 포항공과 대학교 전자전기공학과 박사과정 관심분야 : 레이더 신호처리,

레이더영상, 다중편파 레이더 영상, 배열 안테나

#### 정 주 호 (Joo-Ho Jung)



1991년 2월 : 공군사관학교 전자공학과(공학사) 1995년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사) 1998년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과(공학석사) 2007년 2월 : 포항공과대학교

전자전기공학과(공학박사)

2013년 2월 : 고려대학교 경영학과(MBA) 2016년 1월 : ~현재 : KAIST 무인화기술연구센터 교수 관심분야 : 풍력단지 EMI/EMC 분석, 포탄 RCS 분석 등 박상홍 (Sang-Hong Park)



2004년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과(공학사) 2007년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과(공학석사) 2010년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과(공학박사) 2010년 9월 ~ 현재 :

부경대학교 전자공학과 교수 관심분야 : 미세도플러 분석, 풍력단지 EMI/EMC 분석, 레이더표적인식, 레이더영상, 레이더 신호처리, 등