
감시정찰 센서네트워크에서 중요노드 탐색 연구

국윤주* · 강지원* · 김점구** · 김귀남*

A Study of Key Node Search in Reconnaissance Surveillance Sensor Networks

Yoon-ju Kook* · Ji-won Kang* · Jeom-goo Kim** · Kiu-nam Kim*

요 약

센서 네트워크는 인간이 접근하기 어려운 험난한 지역이나 광범위한 지역의 감시 및 경계 등의 임무를 수행하기 위한 목적으로 그 활용도는 상당히 크다. 본 논문에서는 감시정찰 센서네트워크에서 발생하는 가상의 데이터를 기반으로 네트워크 내의 중요 노드를 파악하고자 한다. 센서 노드로부터 전송되는 데이터는 센서의 측정 범위 내에서 임의로 정하였고, 이를 대상으로 주성분 분석 기법으로 중요한 노드들을 선정하였다. 중요 노드가 파악되면 해당 센서노드들에 대해 물리적으로 관리가 용이하게 되고, 문제 발생 시 보안 대책을 수립할 수 있다. 이것은 센서 네트워크에 대한 효율 및 수명과도 직결되며 비용 측면에서도 효과적이다.

ABSTRACT

Sensor network for the human approach in a difficult area and a wide range of surveillance and the boundaries for the purpose and mission is the utilization significantly. In this paper we searched important nodes from the surveillance reconnaissance sensor network based on the virtual data. we generated data within the sensor's measurement range in the data transmitted from sensor nodes, and used PCA(Principle Component Analysis) for searching key node. If the important sensor node searched, and we can have easy management and establishing security measures when security problems is happened about nodes. This is for the sensor network in terms of effectiveness and cost-effectively and is directly connected with life span.

키워드

감시정찰 센서네트워크, 주성분분석(PCA)

* 경기대학교 정보보호학과
** 남서울대학교 컴퓨터학과

접수일자 2009. 06. 17
심사완료일자 2009. 06. 29

I. 서 론

센서 네트워크는 1980년경 분산 센서 네트워크 (Distributed Sensor Networks) 프로그램으로 미국의 DARPA(Defence Advanced Research Projects Agency)에서 시작되었다. 당시에는 Arpanet이 200개의 호스트로 연결되었으며, 모바일 노드들은 트럭으로 운반 및 배치되어 실험에 사용되었다. DSN 프로그램은 적군을 감시하기 위해 육(陸), 해(海), 공(空) 등의 다양한 환경에 소형센서들을 배치하여 이 소형 센서들이 적군의 움직임을 탐지하고 보고하는 전장용으로 개발된 시스템이었다[1].

이러한 군사적 목적으로 활용되는 센서 네트워크 중에서 무인감시 정찰용의 센서 네트워크는 인간이 직접적으로 접근하기가 어려운 험난한 지역이나 상시 감시해야 하는 광범위한 구역 등에 설치되어 무선 통신망을 이용하여 감시 및 경계 임무를 하게 된다.

그러나 배치된 위치와 역할에 따라 센서 노드마다 그 중요도가 달라진다. 여기에서 “중요한 노드”는 일반적인 기준으로 볼 때 데이터 송수신이 많이 발생하거나 그 노드가 클러스터 헤드(commander node)인 경우, 또는 관리자가 지리적으로 중요한 곳이라고 판단되는 지역의 노드 등의 기준으로 파악해 볼 수 있다. 이와 같이 군(軍) 측면에서 활용되는 센서 노드들은 정보보호 차원에서 볼 때 모두가 보호되어야 할 자산이지만, 그 중에서도 실제 데이터를 기반으로 파악된 센서 노드들은 그 노드가 배치된 지역이 지리적으로 중요하다라는 것을 의미할 것이므로 특별히 보호되어야 할 중요성을 지닌다. 또한 핵심 노드에 대한 보안 관리가 잘 이루어지면 센서 네트워크망의 수명이 연장되며 나아가 망 전체의 효율적인 관리와 비용절감의 효과도 노릴 수 있다.

본 논문은 감시정찰 센서 네트워크 내에서 특별히 보호되어야 할 중요한 센서 노드들을 파악하는 기법의 연구를 목적으로 한다. 이에 대해 대상 데이터는 진동, 적외선, 음향, 자기장 센서로부터 발생하는 값들의 측정 범위 내에서 임의로 정하였고, 이를 기반으로 주성분 분석(PCA)을 적용하여 중요 노드를 순위별로 구하였다.

II. 감시정찰 센서네트워크

2007년에 국방부와 정보통신부(현 지식경제부)가 수

립한 “u-Defense 계획”은 1개 시범 부대를 선정하여 2010년까지 u-Defense 체계를 갖춘 유비쿼터스 부대로 만들어 2020년까지 단계적으로 확대하는 것이다[2]. u-Defense 구축 분야는 군수물자관리, 원격진료, 화생방 감시, 경계선 감시, 중심지역정찰 등이 있으며, 이 중 감시정찰 센서네트워크는 2006년도 민군겸용기술개발사업의 과제로, 국방과학연구소(ADD)와 한국전자통신연구원(ETRI)에서 공동 개발되었다. 본 논문에서 제안하는 핵심노드를 파악하는 방법을 적용하기 위한 센서네트워크 모델은 참고문헌 [3]에서 개발한 감시정찰 센서네트워크를 대상으로 하였다.

2.1 네트워크 개요

ADD와 ETRI에서 공동 개발한 감시정찰 센서네트워크는 그림 1과 같이 무인 항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle), 정찰 기지국, 그리고 탐지 센서네트워크와 제어 센서네트워크로 구성된다[3].

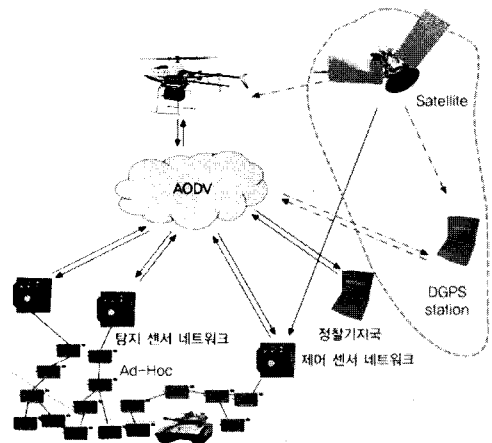


그림 1. 무인 감시정찰 센서네트워크 전체구성도
Fig. 1 Configurations of URSSN

탐지 센서네트워크는 무인항공기를 통해 감시정찰 지역에 투하된 센서 노드들로 구성되며, 탐지 센서노드들은 MICA보드, TinyOS 운영체제, Ad-hoc 프로토콜을 사용한다. 제어 센서네트워크는 장거리통신 기능을 가지는 고성능의 제어 센서 노드와 UAV, 정찰 기지국으로 구성되고, AODV 프로토콜을 사용한다. 또한 네트워크의 게이트웨이 역할을 하며 비디오 영상을 전송하는 고성능의 센싱 기능과 이들을 처리하기 위한 프로세싱 기

능을 포함한다. 탐지 노드에서 수집된 자료를 UAV를 이용하여 제어 노드가 실시간으로 처리하는 절차는 다음과 같다[3].

- 1) UAV가 탐지/제어 센서노드를 정찰지역에 투하하면, 센서노드들은 클러스터를 이루어 Ad-hoc 네트워크를 형성한다.
- 2) 정찰기지국에서는 무선랜을 통해 UAV에 정찰 명령이나 정보수집 명령을 내린다.
- 3) UAV는 센서 노드에게 수집된 정보를 요구하거나 정찰기지국으로부터 수신된 쿼리를 탐지 센서노드들에게 전송한다. 쿼리결과는 다시 정찰기지국으로 전송된다.

감시 정찰용의 센서 네트워크에서 표적을 탐지하고 식별하기 위해서 진동, 자기, 음향, 적외선, 영상 센서 등을 사용하며, 이를 통해 침입자나 차량을 탐지하여 종합상황실에 알림으로써 신속히 대응할 수 있도록 한다.

국내에서 감시정찰 센서네트워크는 2006년에 개발이 시작되었지만, DARPA에서는 이미 2003년도부터 저가의 플랫폼을 개발하여 이를 대규모로 설치 운용하는 센서네트워크를 개발하는 SensIT, NEST 프로그램을 실행하였다. NEST 프로그램에서 감시 정찰용 센서네트워크로는 LiTes(A Line in the sand), ExScal, VigilNet 등이 있으며, 이들에 대해 사용 모드, 탐제 센서와 규모 등에 관한 자세한 비교 내용은 표 1과 같다[4].

표 1. NEST 과제 비교
Table. 1 NEST Project Comparison

구분	LiTeS	ExScal	VigilNet
사용모드	MICA2	XSM, XSS	XSM
탐제센서	자기장, 레이더	자기장, 음향,PIR	자기장,음향,
설치규모 (목표)	90개	1,000개(10,000개)	70개(1,000개)
운용시간	-	1,000시간	3~6개월
OS	TinyOS	TinyOS	TinyOS
주요 특징	·감시 정찰모형 방법 제시 ·센서 선택방법 제시 ·레이더센서 (능동센서)적용	·대규모 센서노드 설치 ·장시간 운용 위한 모델 제시	·저전력 감시정찰 시스템 개발 ·체계적인 아키텍처 제시 ·모트기반 신호처리 알고리즘 제시

2.2 센서 노드

감시정찰 센서네트워크에서 사용되는 센서는 초소형 복합 센서로서 적외선, 음향, 진동, 자기장 등을 탐지하는 센서들로 구성된다.

ADD와 ETRI에서 개발한 센서네트워크는 정찰 지역 내에 차량의 통과 유무나 방향, 속도 등을 측정하기 위해서 MICA보드 내의 자장측정기(magnetometer)를 사용한다. 차량의 속도 측정은 탐지 센서 노드들의 상대적인 위치와 센서 노드 사이의 거리를 알고 있어야 하며, 차량의 통과 유무 측정은 자장측정기에서 읽어 들인 아날로그 값에 고역통과 필터와 저역통과 필터를 혼합사용하여 구한다. 그리고 접근시각 최소점(the closest point of approach time stamps)에 있는 센서 노드의 접근시각이 기록되면 거리가 측정된다. 접근시각 최소점은 사물의 속도 측정에도 사용되는데, 사물이 센서노드에 접근하면 제일 가까운 센서노드에 접근시각(time stamps)이 저장되고 그 센서노드가 가지고 있는 위치측정벡터가 기록되어 일정시간 간격마다 이동한 거리가 기록으로 남게 되며, 이를 기반으로 속도=거리/시간으로 구해진다[3].

표적에 대한 센서의 반응은 기후, 계절, 시간대별, 센서의 노후화 상태 그리고 센서 주변의 나무, 건물 등 방해물 유무에 따라 달라지므로 관리자는 센싱 회로의 gain(정상상태에서 시스템에 주어진 입력량의 변화에 대한 출력량의 변화)이나 주요 파라미터들을 적절히 조절하여야 한다. 이들은 탐지 및 식별 성능에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 이러한 값들을 설정하기 위해서는 센서 노드가 배치된 후 오랜 기간 동안 운용하면서 각 센서별로 수집된 값들을 데이터베이스화해야 한다[5].

표 2는 일반적으로 많이 사용되는 적외선, 음향, 진동, 자기장 센서들의 탐지 범위 및 전력 소모량 등의 특징을, 표 3은 각 센서의 장단점을 나타내고 있다[6].

표 2. 각 센서별 특징
Table. 2 Characteristics of each sensor

센서	탐지 범위	최대전력 소모량	탐지 유형	민감도
PIR	10m	0.3mA	적외선발열	-na-
음향	가변	0.5mA	소리	-3.5dB
진동	가변	0.1mA	진동	-na-
자기장	가변	10mA	자기	1.0mV/V/ gauss

표 3. 각 센서별 장단점
Table. 3 Merits and demerits of each sensor

센서	장점	단점
자기장	·철 함유 물체 탐지 ·험악한 기후변화에 민감도 적음 ·목표 탐지에 유용	·센싱 범위가 좁다 ·가끔 정지물체에 대해 탐지가 안 될 때도 있음
적외선	·움직이는 물체 탐지 ·목표 탐지에 유용	·태양, 폭우, 눈, 짙은 안개 영향 받음 ·방향 탐지 시 다중센서 설치가 필요
음향	·전방향 센싱 (다중센서설치불필요) ·목표의 위치/탐지/분류에 유용	·취급이 어려움 (복잡한 신호) ·잡음에 의한 데이터 손상 가능성
진동	·전방향 센싱 (다중센서설치불필요) ·목표의 위치/탐지/분류에 유용 ·음향센서에 비해 잡음에 의한 데이터 손상 가능성이 적음	·취급이 어려움 (복잡한 신호) ·고비용

III. 중요 노드 파악

3.1 센서 노드의 데이터

감시정찰 센서 네트워크의 센서 노드에 탑재된 센서들은 진동, 음향, 적외선, 자기장 센서들이다. 이 센서들이 발생하는 데이터는 배치된 환경에 따라 다양한 값의 형태로 송수신이 이루어진다. 각 센서들이 보내오는 데이터값에 대한 측정범위와 내용을 표 4에 나타내었다.

표 4. 각 센서에서의 데이터 유형
Table. 4 Data type in each sensor

센서 종류	입계치	측정 범위	내용
자기장	약 10 milli gauss	1.0~150milli gauss	자기 센서의 발생 데이터는 거리에 따른 변화량
음향	5000Hz	20Hz~16000Hz 20~136dB	-
진동	1g	0.3Hz~17kHz (감도50mV/g, 100g)	가속도센서를 이용한 방법
적외선	0.75 μ m	0.75~1000 μ m	발광부에서 방사된 적외선은 물체에 반사되어 수신부에서 검출, 수신량에 따라 거리측정가능

자기장 센서의 경우 접근물체가 균인인 경우에 센서에 근접했을 때 10(milligauss)를 측정하였고, 차량인 경우에는 1.5미터 떨어졌을 때 10mg를 발생시켰다. 아주 근접한 경우에서 차량인 경우는 150mg, 균인인 경우에는 10mg를 측정해 냈다[7].

3.2 주성분 분석에 의한 중요노드 탐색

통계학에서 다변량분석(Multivariate Analysis)은 각 차원사이에서 상관있는 변량데이터를 다룬다.

주성분 분석(Principle Component Analysis)은 다차원 특징 벡터로 이루어진 데이터에 대하여 고차원의 정보를 유지하면서 낮은 차원으로 데이터를 간결하게 축소시키는 다변량 데이터 처리 기법 중의 하나로, 데이터를 시각화하거나 특징을 추출하는 경우 등에 이용된다[8].

회귀분석 방법 중의 하나인 주성분 회귀분석(Principal Component Regression)은 동일한 여러 데이터에 대하여 각 지표의 상대적 중요도를 평가하는 변수를 산출할 수 있다. 본 논문에서 주성분 분석을 사용하기 위해 이용한 프로그램은 SPSS 16.0이다.

본 논문에서 주성분분석에 의한 중요노드를 탐색하기 위한 절차는 그림 2와 같으며, 세부 내용은 다음과 같다.

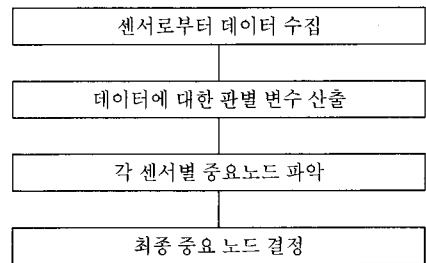


그림 2. 중요노드 탐색절차
Fig. 2 Search procedure of key node

먼저, 중요노드를 파악하기 위해서 필요한 데이터는 감시정찰 센서네트워크망의 센서노드에 탑재된 각 센서들로부터 얻어지는데, 여기에서는 실제 데이터를 얻지 못하였으므로 센서데이터의 측정범위 내(표 4 참조)에서 랜덤함수를 이용하여 정하였다. 센서의 개수는 각각 30개씩 120개로 정하였으며, 각 노드는 참고문헌 [3]의 플랫폼처럼 자기장, 진동, 음향, 적외선 센서가 탑재되어 운용중이라고 가정한다. 그림 3은 표 4의 내용을 토

대로 임의 설정된 데이터 값의 일부를 나타내었다.

다음으로는 그림 3의 각각의 원본데이터에 대하여 평균이나 표준편차를 계산해내는 기술통계량과 상관계수를 구하고, 원본데이터의 측정 단위가 다르므로 각 데이터를 분리하여 공분산행렬을 구하였다.

요인의 개수는 보통 2~3개 정도로 축약하나, 여기에서는 요인의 개수를 1로 하였다. 요인의 개수가 1이라는 것은 자기장 센서데이터, 진동 센서데이터, 음향 센서데이터, 적외선 센서데이터 무리의 각각에 대하여 판별변수필드를 1개로 정하였다는 의미이다. 그러므로 자기장 센서데이터의 결과를 예로 들어보면, 각 노드별로 판별변수값이 산출되어 이를 대상으로 내림차순정렬하면 그림 4처럼 순수한 자기장데이터에 대해서만 우선순위가 정해지게 된다. 그러나 각 노드들은 4개의 센서를 탑재하였으므로 이를 모두 반영해야 한다.

	data1	data2	data3	data4	data5	data6	data7	data8	data9	data10
N1-자기장1	160	89	152	11	95	114	105	123	53	72
N2-자기장2	123	4	72	68	64	74	157	125	134	13
N3-자기장3	43	144	160	86	70	133	84	47	7	105
N4-자기장4	24	34	121	93	116	6	73	101	40	139
N5-자기장5	87	130	122	151	132	135	13	26	134	67
.....
N1-음향1	24	29	113	84	125	135	135	103	97	109
N2-음향2	62	41	45	104	62	108	130	109	59	100
N3-음향3	27	104	71	63	131	107	108	76	44	105
N4-음향4	22	136	53	79	51	81	51	65	77	85
N5-음향5	92	88	75	109	81	68	118	86	120	49
.....
N1-진동1	87	128	44	70	75	44	34	96	122	69
N2-진동2	78	47	72	16	97	13	72	51	28	82
N3-진동3	65	78	58	54	53	62	78	84	79	25
N4-진동4	11	90	98	46	95	68	20	11	90	11
N5-진동5	44	21	52	71	42	11	58	51	25	16
.....
N1-적외선1	300	907	372	434	380	620	141	815	459	764
N2-적외선2	862	587	891	429	114	592	138	496	743	816
N3-적외선3	833	732	657	459	888	179	483	441	891	139
N4-적외선4	81	346	282	345	275	492	811	251	718	59
N5-적외선5	49	751	936	541	213	725	959	510	680	320
.....

그림 3. 센서로부터의 데이터 값
Fig. 3 Data from sensors

	data1	data2	data3	data4	.....	data9	data10	판별변수
N22-자기장22	22	16	133	43	.....	25	63	1.816
N21-자기장21	17	84	144	89	.....	33	52	1.628
N6-자기장6	55	123	143	100	.....	18	146	1.386
N26-자기장26	67	2	126	100	.....	74	108	1.177
N28-자기장28	31	35	93	113	.....	98	116	1.048
N14-자기장14	87	42	139	34	.....	24	43	1.005
N29-자기장29	117	52	118	3	.....	6	110	0.987
N24-자기장24	46	152	45	61	.....	95	132	0.986
N27-자기장27	53	59	129	116	.....	42	10	0.654
N3-자기장3	91	61	157	126	.....	83	113	0.534
N16-자기장16	37	56	63	9	.....	81	68	0.461
.....

그림 4. 자기장센서데이터 기반 노드순위
Fig. 4 Node ranking on magnetic field

노드	판별변수	일련번호
N22-자기장22	1.816	1
N21-자기장21	1.628	2
N6-자기장6	1.386	3
N26-자기장26	1.177	4
N28-자기장28	1.048	5
N14-자기장14	1.005	6
N29-자기장29	0.987	7
N24-자기장24	0.986	8
N27-자기장27	0.654	9
N3-자기장3	0.534	10
N16-자기장16	0.461	11
N13-자기장13	0.346	12
N19-자기장19	0.200	13
.....

그림 5. 일련번호를 이용한 판별
Fig. 5 Discrimination using serial number

4종류의 센서데이터를 기반으로 중요노드를 파악하기 위해서 그림 5와 같이 일련번호를 이용하였다. 일련번호를 모두 합하여 가장 많은 점수를 취득한 노드를 가장 중요한 노드로 판가를 하였다.

노드	일련번호	노드	일련번호	노드	일련번호	노드	일련번호	합계
N8-자기	28	N8-적외	26	N8-음향	26	N8-진동	14	94
N2-자기	27	N2-적외	28	N2-음향	30	N2-진동	2	87
N12-자기	22	N12-적외	20	N12-음향	6	N12-진동	28	85
N25-자기	24	N25-적외	29	N25-음향	25	N25-진동	16	85
N10-자기	17	N10-적외	19	N10-음향	29	N10-진동	18	83
N11-자기	19	N11-적외	14	N11-음향	24	N11-진동	23	80
N4-자기	14	N4-적외	18	N4-음향	28	N4-진동	20	80
N7-자기	23	N7-적외	23	N7-음향	18	N7-진동	15	79
N19-자기	13	N19-적외	30	N19-음향	21	N19-진동	11	75
N5-자기	30	N5-적외	22	N5-음향	14	N5-진동	5	71

그림 6. 중요 노드 우선순위
Fig. 6 Priority of key node

그림 6을 보면 노드8, 노드2, 노드 12, 노드 25, 노드 10의 순서로 핵심 노드들이 정렬되어 있는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 군에서 활용 중인 감시정찰 센서네트워크에서 핵심노드를 파악하고자 주성분 분석 기법을 적용하여 판별 변수를 산출한 뒤, 중요 노드를 순위별로 정리하였다. 여기에서 제시하는 ‘중요 노드’ 파악 기법은 감시정찰 센서네트워크의 상황실에서 나옴직한 실측 데이터들과 유사하다고 판단되는 범위 내에서 데이터를 임의로 정하여 산출하였기 때문에 신뢰할 만하다고 할 수 있다. 본 논문은 센서네트워크의 물리적 보호

와 방어적인 차원에서 볼 때 새로운 보호방안이 될 수 있으며, 감시정찰 센서 네트워크망의 수많은 노드들중에서 가장 핵심적인 노드들을 파악하여 특별히 보호함으로써 네트워크망의 수명을 연장하고 비용 절감과 함께 효율성을 높일 수 있다. 또한 대량의 센서 노드들을 한 눈에 파악하기에는 무리가 따르므로, 우선순위로 매겨진 센서 노드들을 예외 주시하여 어떠한 문제나 변화가 발생한다면 이에 대한 대책을 수립하는데 많은 도움이 될 것이다.

참고문헌

- [1] Dung Van Dinh, Minh Duong Vuong, Hung Phu Nguyen, Hoa Xuan Nguyen, "WIRELESS SENSOR ACTOR NETWORKS AND ROUTING PERFORMANCE ANALYSIS", IWWAN(International Workshop on Wireless Ad-hoc Networks), 2005.
- [2] 경제정책조정회의 안건 07-25-2(의결안건) 공개용, RFID/USN 확산 종합대책 세부 추진계획(안), 2007. 12. 10
- [3] 이상수, 박노성 외, "UAV를 이용한 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼 구현", 한국정보과학회 봄 학술발표논문집 Vol. 30, No. 1, pp.653~655, 2003.
- [4] 이노복, 김용현, "u-Defense 구축을 위한 센서네트워크 기술 발전 추세", 국방과학기술플러스 vol 32, 2007.
- [5] 박상준, 박현, 함영환, "국방 센서네트워크의 핵심요소 기술", 한국통신학회, pp.42~49, 2008.
- [6] 김영수, "센서네트워크에서의 효율적인 목표물 식별기법(PATaCS)", 정보통신대학원, 2009.
- [7] 김기태, 김건욱, "센서네트워크 응용을 위한 AMR 자기센서의 공간적 출력 신호 모델링 연구", 대한전자공학과 하계종합학술대회 제31권 제1호, 2008.
- [8] 한학용, 패턴인식 개론, 한빛미디어, 2005.

저자소개

국윤주(Yoon-Ju Kook)



광운대학교 전자계산학과
(이학석사)
경기대학교 정보보호학과
박사수료

※관심분야: 네트워크보안, 센서네트워크

강지원(Ji-Won Kang)



연세대학교 컴퓨터공학과
(공학석사)
경기대학교 정보보호학과
박사과정

※관심분야: 센서네트워크

김점구(Jeom-Goo Kim)



광운대학교 전자계산학과
(이학석사)
한남대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

현재 남서울대학교 컴퓨터학과 교수

※관심분야: 네트워크보안

김귀남(Kiu-Nam Kim)



미국 콜로라도주립대학
(공학석사, 공학박사)
현재 경기대학교 산업기술보호
특화센터 센터장

현재 경기대학교 정보보호학과 교수

※관심분야: 네트워크보안, 포렌식