

RFID 태그 인식을 위한 동적 Round Size 결정 알고리즘

이승혁¹, 백현옥^{1*}, 박일용², 조태경¹, 유현중¹, 박병수³

Dynamic Round size Decision Algorithm for Identification of RFID Tag

Seung-Hyuk Lee¹, Hyun-Ok Baek^{1*}, Il-Yong Park², Tae-Kyung Cho¹

Hyun-Joong Yoo¹ and Byoung-Soo Park³

요 약 현재 RFID 시스템에서 해결해야 할 가장 큰 문제 중 하나는 태그 간의 충돌로 인해 인식 효율이 떨어지는 것이다. 할당받은 라운드 크기에 비해 인식해야 될 태그의 수가 많아지면 충돌이 발생하는 슬롯이 많아지게 된다. 이렇듯 고정적인 라운드 크기의 할당은 태그 충돌 발생의 원인이 되며 그러므로 할당받은 라운드 크기는 적절하게 조절되어야 한다. 본 논문에서는 태그 간의 충돌을 줄이고 효율적인 태그 인식을 위해 라운드 크기를 동적으로 할당하는 알고리즘을 제시하였다. 리더는 매 라운드가 끝난 뒤 얻은 슬롯의 충돌 정보를 이용하여 라운드 크기를 동적으로 할당한다. 슬롯의 충돌 정보는 충돌이 발생한 슬롯의 수, 충돌이 발생하지 않고 태그가 제대로 인식된 슬롯의 수, 비어 있는 슬롯의 수이다. 충돌 방지 알고리즘으로 슬롯 방식 알고리즘을 사용했으며 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘이 태그 수를 미리 알지 못하는 상황에서 아주 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다.

Abstract One of the biggest problems that should be solved in present RFID systems is a reduction of identification efficiency by the collision of singals between different tags. As the number of tags, which should be identified, increases over the size of allocated round, more slots experiences the collision between them. It can causes generation of tag collision assigning the fixed round size and so, allocated round size should be regulated properly. This paper proposes the algorithm which can reduce collision between tags, and allocate specific round size dynamically for efficient tag identification. After each round is finished, the reader allocates the round size dynamically using the collision information of the slot. All collision informations of the slot consists of the number of slots which came into conflict, tags which were realized properly without any conflictions and empty slots. We used slotted aloha algorithm as the collision detection algorithm and finally, checked that this could be used very usefully when this algorithm which was proposed effectively could not know how many number of tags were existed through the simulation in advance.

Key Words : RFID, collision, round size

1. 서론

RFID란 사물에 부착된 전자태그로부터 무선 주파수를 이용하여 정보를 송·수신하고 이와 관련된 서비스를 제공하는 기술을 말한다. 이와 같은 자동적인 정보 추

출·관리 기능을 가진 RFID 기술의 응용분야는 무한히 넓을 것으로 기대되며, 특히 다른 응용분야에 비해 시장성이 큰 물류·유통 분야의 응용을 위한 RFID 기술 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다.

RFID 시스템에서 하나의 리더가 여러 개의 태그들을 동시에 인식하기 위한 기술은 여러 응용 분야에 있어서 상당히 중요한 이슈가 되고 있다. 또한 많은 물체가 같은 처리 공간에 있을 때 이러한 물체를 에러 없이 정확히 인식하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 태그 간의 충돌을 줄이고 효율적인 태그 인식을 위해 라운드 크기를 동적

¹상명대학교 정보통신공학과

²(주)LG전자

³상명대학교 컴퓨터시스템공학과

*교신저자: 백현옥(roll23@smu.ac.kr)

으로 할당하는 알고리즘을 제시하고자 한다. 이를 위해 .ISO/IEC 18000-6 표준안에서 제시하는 두 종류의 충돌 방지 알고리즘 중에서 Type A 방식인 슬롯 알로하 충돌 방지 알고리즘을 사용한다[1][3]. 현재 표준안에서는 고정 라운드 크기를 사용자 입력을 통해 얻는 방식을 취하고 있다. 알로하 방식의 리더(reader)와 태그(tag) 사이의 통신은 리더가 라운드 크기를 할당하는 것부터 시작된다. 태그들은 할당받은 라운드 크기 내에서 임의로 전송을 시도할 슬롯을 선택한다. 이 때 할당받은 라운드 크기에 비해 태그의 수가 많다면 충돌이 발생한 슬롯의 수가 많을 것이고, 태그의 수에 비해 적절하게 설정되지 못한 라운드 크기는 RFID 시스템의 성능을 떨어뜨리는 요인이 될 수 있다. 고정 크기 라운드 알고리즘의 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 슬롯의 충돌 정보에 근거하여 태그 수를 추정하고 다음 라운드 크기를 동적으로 결정하는 새로운 방식을 제안한다. 그리고 제안하는 알고리즘을 통해 고정 라운드 크기를 할당할 때 발생하는 태그의 충돌을 줄이며 낭비되는 슬롯을 줄이고, 태그들의 인식 시간을 단축하여 효율적인 태그 인식을 하고자 한다. 제안하는 알고리즘을 사용할 경우의 최적의 초기 라운드 크기는 시뮬레이션을 통하여 결정하였고 인식해야 될 태그의 수를 미리 알지 못하는 경우에도 뛰어난 인식 성능을 나타내는 RFID 시스템을 구축할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 알고리즘의 설명하고 3장에서는 시뮬레이션을 통하여 알고리즘의 성능을 비교 및 분석한다. 그리고 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안하는 알고리즘

동적 라운드 크기 설정이란 한 라운드가 끝난 뒤 얻은 충돌정보 이용해 태그의 개수를 추정하고 다음 라운드의 크기를 결정하는 것이다[2]. 제안하는 방식은 6개의 과정으로 이루어진 추정 알고리즘으로 과정 1은 이상적인 시스템에 이상적인 입력 값을 넣는 과정이고, 과정 2는 기준이 되는 출력 값을 임의로 가정하는 것이다. 과정 3은 실제 시스템에 이상적인 입력 값을 넣는 과정이고, 이 입력에 의한 실제적인 출력 값을 얻는 것이 과정 4이다. 과정 5는 구해진 실제적인 출력 값과 2단계에서 가정한 기준이 되는 출력 값을 비교하여 실제적인 출력 값을 보정하는 과정이다. 마지막으로 과정 6에서는 보정된 출력 값을 이용하여 추정 태그수를 구할 수 있게 된다. 제안하는 알고리즘의 흐름은 그림 1과 같다. 이상적인 시스템에 이상적인 입력 값을 넣는 과정 1은 슬롯 방식 알로하 충돌

방지 알고리즘에서 작업 처리량이 최대가 되는 상황을 생각해보면 쉽게 이해할 수 있다[1]. 즉, 모든 태그들은 서로 다른 슬롯을 선택하고 태그의 개수와 라운드 크기가 일치할 때 최대의 성능을 나타낸다. 과정 2는 이상적인 시스템 상황에서 슬롯 당 평균 충돌 태그 개수인 m 을 기준값으로 정하는 것이다. 이 논문에서는 m 을 2로 가정한 것이나 과정 5에서 보정해 주기 때문에 2이상의 어떤 값으로 설정하여도 무관하다.

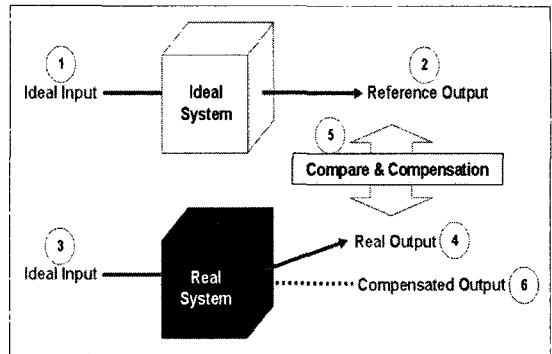


그림 1. 알고리즘 흐름도

2.1 태그 개수 추정

한 라운드가 끝난 뒤 리더는 충돌이 발생한 슬롯의 수, 충돌이 발생하지 않고 제대로 태그가 인식된 슬롯의 수, 비어 있는 슬롯의 수를 구할 수 있다[4]. 충돌이 발생한 슬롯의 수를 C_k , 충돌이 발생하지 않고 태그가 인식된 슬롯의 수를 C_1 , 비어 있는 슬롯의 수를 C_0 라고 하자. 이 때 라운드 크기 R 을 구성하는 식은 식 (1)과 같다.

$$R = C_0 + C_1 + C_k \quad (1)$$

충돌이 발생한 슬롯의 평균 충돌 태그 개수를 m 이라 하고, 추정되는 전체 태그의 수를 n 이라고 하자. 추정되는 전체 태그 개수 n 은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$n = C_1 + mC_k \quad (m \geq 2) \quad (2)$$

한 라운드가 끝난 뒤 구해진 C_0 , C_1 , C_k 는 과정 3에서 이상적인 입력값을 넣을 시스템에 해당되며, 이상적인 입력값은 과정 1과 마찬가지로 태그의 개수가 라운드 크기와 일치할 때를 나타내는 조건인 $n = R$ 이 사용된다. $n = R$ 과 C_1 , C_k 를 식 (2)에 대입하여 과정 4의 결과인

실제적인 m 을 구할 수 있다.

과정 5에서는 과정 4에서 구해진 m 이 과정 2에서 가정한 기준값($=2$)에서 벗어나는 정도에 따라 적절하게 보정하는 방법이 필요하다. 보정 방법은 아래 비례식을 사용하였다.

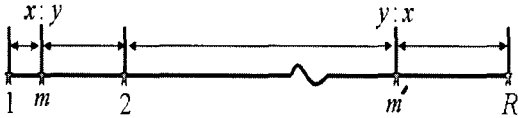


그림 2. 보정 비례식

과정 4에서 구해진 실제 m 은 충돌이 발생한 슬롯의 평균 태그 개수를 의미하므로 $1 \leq m \leq R$ 의 값을 가진다. 만약 기준 $m(=2)$ 보다 실제 m 이 작다면 보정된 \hat{m} 은 비례식에 의해 기준 $m(=2)$ 보다 큰 값을 가지게 된다. 따라서 보정된 \hat{m} 을 사용해서 구한 추정 태그 개수 n 은 현재 라운드 크기보다 더 큰 수가 된다. 과정 4에서 구해진 실제 m 이 기준 m 보다 크다면 추정 태그 개수는 현재 라운드 크기보다 작은 수가 되며 다음 라운드 크기는 현재 라운드 크기보다 줄어들게 된다. 위 비례식에 의해 보정된 m 인 \hat{m} 을 구하면 아래와 같다.

$$\hat{m} = (2 - m)R + 2(m - 1) \quad \text{if, } m \leq 2$$

$$\hat{m} = \frac{2R - m - 2}{R - 2} \quad \text{if, } m > 2$$

(3)

이렇게 구해진 \hat{m} 과 C_0, C_1, C_k 을 식 (2)에 대입하면 추정 태그 개수 n 을 구할 수 있다. 추정 태그 개수로부터 인식된 태그의 수를 뺀 것이 추정 잔여 태그 개수이다. 만약 과정 4에서 구해진 m 이 2라면 보정 비례식에 의해서 구해진 m 도 2가 되며, 추정 태그 개수는 이전 라운드 크기와 동일하게 된다.

2.2 Next Round Size 결정

이어지는 과정은 구해진 추정 잔여 태그 개수로부터 다음 라운드 크기를 결정하는 것이다. 표준안에는 라운드 크기를 표현하는데 3bit만을 사용하므로 라운드 크기로 1, 8, 16, 32, 64, 128, 256, RFU만을 표현할 수 있다. 따라서 각 라운드 크기의 중간값에 해당하는 범위로 나누어 다음 라운드 크기를 결정하였다. 표 1에서 추정 태그

개수로부터 결정되는 다음 라운드 크기를 나타내었다.

표 1. 추정 태그 개수에 따른 다음 라운드 크기

추정 태그 수	다음 라운드 크기
0 ~ 11	8
12 ~ 23	16
24 ~ 47	32
48 ~ 95	64
96 ~ 191	128
192 ~	256

3. 시뮬레이션

시뮬레이터는 OPNET Modeler[5]를 사용하였고 ISO/IEC 18000-6 표준안에 근거하여 각종 시뮬레이션 파라미터를 설정하였다. 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 고정적인 라운드 크기를 사용한 경우와 제안하는 알고리즘을 사용한 경우에 대하여 태그 수를 변화시켰을 때 모든 태그들을 인식하는데 걸리는 시간을 측정하였다. 제안하는 알고리즘을 사용하는 경우 초기 라운드 크기는 64로 할당하였다. 시뮬레이션 결과, 그림 3과 같이 모든 태그 수에 대해서 고정 라운드 크기를 사용하는 경우에 비해 제안하는 알고리즘이 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

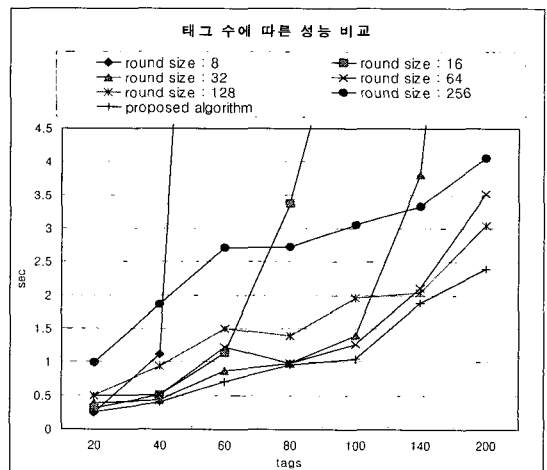


그림 3. 고정 라운드 크기와 제안한 방식의 성능 비교

고정 라운드 크기를 사용할 경우 특정 태그 개수에 대해 제안한 알고리즘과 비슷한 성능을 보이는 경우도 있다. 예를 들어 40개의 태그 수에 대해 고정 라운드 크기

로 32를 사용한 경우에는 제한한 알고리즘과 비슷한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 일반적으로 태그의 수가 적을 때는 작은 고정 라운드 크기가 좋은 성능을 나타내고 태그의 수가 많을 때는 큰 고정 라운드 크기가 좋은 성능을 나타낸다. 그러나 어떠한 고정 라운드 크기를 사용하여도 태그 수의 변화에 대해 지속적으로 좋은 성능을 보이지는 못함을 알 수 있다. 특히 작은 고정 라운드 크기를 사용하는 경우 태그 수가 많아질수록 기하급수적으로 인식시간이 늘어나게 되는 결과를 보였다.

제한하는 알고리즘을 사용할 경우 초기 라운드 크기를 결정하기 위하여 고려해야 할 사항으로 크게 두 가지를 들 수 있다. 첫째, 인식해야 될 태그의 수를 모르는 상황에서 처음부터 큰 초기 라운드 크기를 할당한다면 적은 수의 태그를 인식하는 경우에 시간 낭비를 초래할 수 있다. 둘째, 많은 태그들을 인식해야 할 경우 작은 초기 라운드 크기의 충돌 정보만으로는 태그의 개수를 정확히 추정할 수 없고, 라운드 크기를 늘려가는 과정에서 시간이 필요하다.

RFID 애플리케이션에 따라 이전에 인식했던 태그 개수에 대한 정보를 얻을 수 있다면, 이전 정보들의 평균값을 취하여 초기 라운드 크기를 설정할 수 있을 것이다. 그러나 그런 정보를 얻을 수 없다면 모든 라운드 크기 값들의 중앙값이라고 할 수 있는 32 또는 64로 초기 라운드 크기를 설정해야 최적의 성능을 보일 수 있다. 그림 4는 각각의 태그 개수에 대해 초기 라운드 크기를 변화시켰을 때 제한한 알고리즘의 성능을 나타낸 그림이다. 그림 4에서 알 수 있듯이, 너무 큰 초기 라운드 크기나 너무 작은 초기 라운드 크기를 사용할 경우에는 태그 수에 따른 성능의 변화가 심하다. 표 2는 20개~200개의 태그들에 대해 초기 라운드 크기별 인식 시간의 평균값을 구한 결과이다.

표 2. 초기 라운드 크기별 평균적인 인식 시간

초기 라운드 크기	8	16	32	64	128	256
평균 인식시간 (sec)	1.129	1.087	1.080	1.063	1.112	1.365

표 2에 따르면 20개~200개의 태그들을 인식할 때는 초기 라운드 크기를 32나 64로 설정하는 것이 가장 좋다는 것을 확인할 수 있다. 앞에서 제시한 두 가지 이유와 실험 결과에 근거하여 본 논문에서는 제한하는 알고리즘에 대한 초기 라운드 크기를 64로 설정하였다.

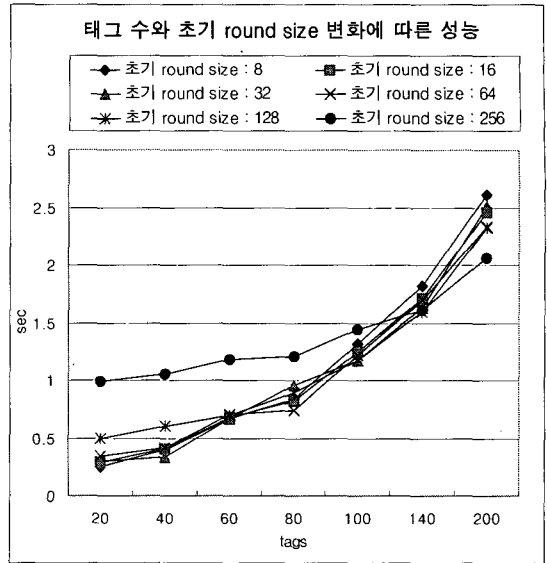


그림 4. 태그 수와 초기 라운드 크기 변화에 따른 성능

표 3은 태그의 개수가 100개일 때 제한하는 알고리즘이 어떻게 동작하는지를 알 수 있는 표이다. 각 라운드마다 변화하는 라운드 크기, C_0 , C_1 , C_k 의 값을 나타내었다.

표 3. Round 분석 : 100 tags

Round	1	2	3	4	5	6	7	합
라운드 크기	64	128	64	16	16	8	8	304
C_0	15	66	41	2	11	5	3	143
C_1	20	48	14	10	2	1	5	100
C_k	29	14	9	4	3	2	0	61
attempts	100	80	32	18	8	6	5	249

표 3에서 보는 것과 같이 초기 라운드 크기는 64로 설정되었으며 매 라운드가 끝난 뒤 얻어진 C_0 , C_1 , C_k 의 값에 의해 제한하는 알고리즘이 동적으로 다음 라운드 크기를 결정해 나가는 모습을 볼 수 있다. 제한한 알고리즘을 사용해서 모든 태그들을 인식하는 데는 304개의 슬롯이 사용되었고 작업 처리량으로 환산하면 $S = 100/304 = 0.329$ 이다. 슬롯 방식 알고리즘의 최고 작업 처리량은 $G = 1$, 즉, 슬롯당 전송 시도 횟수가 1일 때 $S = 0.368$ 로 나타나는 것과 비교하면 그에 약간 못 미치는 성능을 나타냄을 알 수 있다 [1][6]. 그 이유는 라운드 크기의 제약 때문이다. 표 3에서 알 수 있는 것과 같이 슬롯당 전송 시도 횟수가

$249/304 = 0.819$ 로 1보다 작다. 이는 라운드 크기가 표준안에 의해 고정되어 있어 최적의 라운드 사이즈를 할당할 수 없어 불필요한 슬롯을 낭비하게 되기 때문이다 [1][7].

4. 결론

본 논문에서는 태그 개수 추정 알고리즘을 통해 동적으로 라운드 크기를 할당하는 새로운 알고리즘을 제시하였다. 시뮬레이션 결과 제안하는 알고리즘은 고정 라운드 크기를 사용하는 경우와 비교하여 태그 수에 상관없이 보다 빠른 인식 시간을 보였다. 반면에 고정 라운드 크기를 사용하는 경우에는 지속적으로 좋은 성능을 나타내지 못하고 성능의 편차가 심했다. 또한 실험을 통해 제안하는 알고리즘을 사용하는 경우에 가장 적절한 초기 라운드 크기를 결정할 수 있었다. 대형 슈퍼마켓의 계산대와 같은 애플리케이션을 고려한다면 인식해야 할 태그의 수는 20개~100개 정도로 예상할 수 있고 그에 따른 초기 라운드 크기는 32나 64가 가장 적절하였다. 왜냐하면, 태그의 수가 적을 때는 불필요한 슬롯의 낭비를 줄일 수 있고 태그의 수가 많을 때는 추정의 정확성을 높일 수 있어서 빠른 성능을 나타내기 때문이다. 태그의 수가 200개 이상인 경우는 초기 라운드 크기가 256이 되어야만 추정의 정확성을 높일 수 있다. 매 라운드가 끝난 뒤 얻어진 충돌정보를 이용하여 다음 라운드 크기를 결정하지만 평균 작업 처리량을 봤을 때 기존의 고정 라운드 크기의 방식에 비해 문제 될 정도의 오버헤드는 발생하지 않았다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 사용하면 시스템의 많은 성능 향상을 가져올 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] ISO/IEC 18000-6:2003(E), Part 6: Parameters for air interface communications at 860-960 MHz, Nov. 26, 2003.
- [2] Frits C. Schoute, "Dynamic Frame Length ALOHA," IEEE Transactions on Communications, vol. 31, no. 2, pp565-568, April 1983.
- [3] Harald Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags," International Conference on Pervasive Computing, LNCS 2414, August, 2002.
- [4] Daniel. W. Engels, Sanjay E. Sarma, "The Reader Collision Problem," International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 135, pp. 18-27, October, 2002.

- [5] OPNET Technologies Inc., <http://www.opnet.com>
- [6] K. Finkensteller, RFID Handbook : Radio- Frequency Identification Fundamentals and Applications, John Wiley & Sons, 2000.
- [7] Andrew S. Tanenbaum, Computer Network, Prentice-Hall, 2003.

이 승 혁(Seung-Hyuk Lee)

[준회원]



- 2004년 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2004년 ~ 현재 : 상명대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야>

RFID, SoC, Wireless Routing Protocol

백 현 옥(Hyun-Ok Pack)

[준회원]



- 2005년 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2005년 ~ 현재 : 상명대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야>

RFID, UWB, Ad-hoc network, 임베디드 시스템

박 일 용(Il-Yong Park)

[준회원]



- 2003년 : 한양대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2005년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 2005년 ~ 현재 : LG전자

<관심분야>

Network 성능분석, Ad-hoc Network Routing Protocol

조 태 경(Tae-Kyung Cho)

[종신회원]



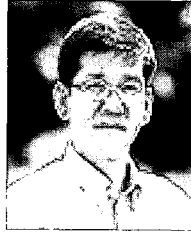
- 1984년 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1986년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 2001년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

초고속통신망, e-Learning

박 병 수(Byoung-Soo Park)

[종신회원]



- 1986년 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1989년 : 한양대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1994년 : 텍사스 A&M (공학박사)
- 1995년 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터시스템공학과 교수

<관심분야>

임베디드 시스템, 병렬 알고리즘

유 현 중(Byoung-Soo Park)

[정회원]



- 1982년 : 서강대학교 전자공학과 (공학사)
- 1991년 : Missouri University 전기 및 컴퓨터 공학과 (공학석사)
- 1996년 : Missouri University 전기 및 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 1996년 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

인공신경망응용, 패턴인식, 영상/동영상 처리