

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.269>

JIIBC 2013-6-35

지그비 무선 통신을 이용한 피킹 시스템의 데이터 처리방안에 관한 연구

A Study on Data Processing Methodology of Picking System using Zigbee Wireless Communication

김영일*

Young-II Kim

요약 본 논문에서는 기존의 피킹 (Picking) 시스템이 가지는 인건비 문제와 유지보수 비용이 많이 드는 단점을 해결하기 위해 지그비 무선 통신을 이용한 피킹 시스템 설계 및 구현방법을 제안한다. 지그비 (Zigbee)를 이용한 신뢰성 있는 데이터 전송을 하기 위해 멀티 라우터 기반 스타-트리 토폴로지를 기본 라우팅 토폴로지로서 설정하고 이를 위한 ID 설정 방법과 데이터 송수신 방법에 대해 정의하였다. 실험을 통해 멀티 라우터 기반 피킹 시스템의 데이터 전송 성공률이 최대 20% 더 높다는 것을 확인하였다.

Abstract In this paper, we propose the design and implementation method of picking system using zigbee wireless communication in order to solve problems of the conventional picking system which has expensive labors and maintenance costs. We use multi router based star-tree topology as a default routing topology to provide the reliable data transmission and define the method of ID configuration and data transmission. We confirm that successful data transmission ratio of multi router based picking system is maximum 20% higher than that of single router based picking system.

Key Words : Picking System, IEEE 802.15.4, PAN ID, Routing Algorithm

1. 서론

물류 관리 및 제조 공정 시스템의 경우 필요한 부품 및 물품만 획득하여 제조 공정에 사용되는 경우가 많다. 특히 자동차 부품 제조공정의 경우 다품종 부품을 취급하며 매 공정 시 소요되는 부품의 종류가 다르고 부품을 피킹 (Picking) 해야 하는 빈도가 높다. 작업자가 부품 및 물품을 피킹하기 위한 방법으로는 전표를 이용하여 작업자가 필요한 부품을 직접 획득하는 방법과 유선 데이터

통신 방식을 적용하여 작업자에게 획득할 부품의 정보를 부품 상자마다 장착된 표시등을 이용하여 시각적으로 표현해주는 유선 피킹 시스템 방법이 있다^[1,2]. 작업자가 전표를 이용하여 작업을 할 경우 공정에 많은 시간이 요구되고 오류가 발생할 확률이 높다. 유선 피킹 시스템을 이용할 경우 설치 시 부가되는 유선망 배선작업 및 시스템의 구조적인 변경에 대한 유선망의 배선 재설치로 인한 작업 공정의 지연과 설비비 및 유지보수비가 가중되는 단점이 존재한다^[3,4].

*정회원, 한국정보통신공사협회
접수일자 : 2013년 12월 5일, 수정완료 : 2013년 12월 13일
게재확정일자 : 2013년 12월 13일

Received: 5 December, 2013 / Revised: 13 December, 2013 /

Accepted: 13 December, 2013

*Corresponding Author: yikim4000@naver.com

Korea Information & Comm. Contractors Association, Korea

이러한 단점을 개선하기 위해 작업 공정의 변화 시 필요한 설비비가 감소하고 작업 공정의 변화 시, 작업 공정에 즉각적인 대응이 가능한 무선 피킹 시스템이 필요하다. 본 연구에서 다루는 지그비(zigbee)무선통신을 이용한 데이터 처리방법 연구에는 지그비 모듈에 PAN(Personal Area Network) ID를 부여하여 통신의 간섭문제 해결연구^[5], 지그비 무선 센서노드의 다중화 방법^[6]과 무선 센서 네트워크 모니터링 구현^[7] 등이 참조되었다. 본 논문에서는 지그비 무선 통신을 이용한 피킹 시스템 설계 및 구현방법을 제안한다. 제안 시스템은 부품 상자에 장착된 표시등을 on/off 하기 위해 무선 노드를 사용하여 중앙의 작업 지시 관리 시스템으로부터 데이터를 전송 받는다. 무선 통신 방법으로 지그비를 사용하고, 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 스타-트리 토폴로지 (Star-tree topology) 기반의 멀티 라우터 (Multi Router) 구조를 제안한다. 제안하는 MRbPS (Multi Router based Picking System)의 전송 성공률을 단일 라우터 기반 피킹 시스템과 비교하여 신뢰성 있는 데이터 전송을 제공하는지 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MRbPS의 구조와 MRbPS에 적용된 라우팅 알고리즘에 대해 설명한다. 3장에서는 각 컴포넌트 별 동작 방법을 설명하고 4장에서는 성능을 평가한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. MRbPS 라우팅 알고리즘

본 장에서는 지그비 무선 통신을 이용한 피킹 시스템 설계 및 구현방법을 제안한다. 제안 시스템은 부품 상자에 장착된 표시등을 on/off 하기 위해 무선 노드를 사용하여 중앙의 작업 지시 관리 시스템으로부터 데이터를 전송 받는다. 무선 통신 방법으로 지그비를 사용하고, 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 스타-트리 토폴로지 기반의 멀티 라우터 구조를 제안한다. 상세한 내용은 세부 절에서 설명한다.

1. 전체 구조

지그비 무선 통신을 이용한 피킹 시스템의 전체 구조에 대해 알아본다. 부품 상자에 장착된 표시등을 on/off 하기 위해 유선으로 연결되어 있던 것을 지그비 무선 통

신으로 대체한다. 시스템의 구조는 크게 작업 지시 관리 시스템, PAN 코디네이터, 라우터와 노드로 구성된다. 각각의 기능에 대해 살펴본다.

그림 1은 무선 피킹 시스템의 구조를 보여준다. 작업 지시 관리 시스템은 스캐너로부터 수취할 부품의 내용을 수신 후, PAN 코디네이터에게 송신한다. PAN 코디네이터는 PAN을 관리하며 전달 받은 수취 정보를 라우터를 통해서 노드에게 전달한다. 노드에게서 전달되는 수취 확인 정보를 라우터를 통해서 작업 지시 관리 컴퓨터에게 전달한다. 라우터는 PAN 코디네이터와 노드 사이에 위치하며 데이터 송수신 거리를 확장하는 역할을 한다. 노드는 자재 진열대의 각 부품 상자별 한 대씩 장착되어 있으며 수신 받은 수취 정보를 작업자에게 표시하고 수취 후 수취확인 정보를 작업 지시 관리 컴퓨터에게 송신한다.

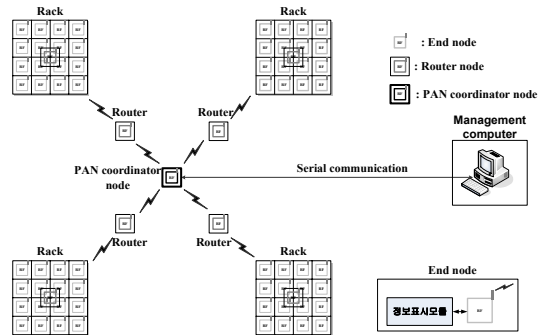


그림 1. 무선 피킹 시스템의 구조

Fig. 1. The architecture of wireless picking system

2. 라우팅 토폴로지

무선 통신 노드들 특히 부품 상자에 부착되는 노드들은 자재 진열대의 구조상 일정한 영역 내에 모여 있는 특징이 있다. 따라서 MRbPS에서는 그림 2와 같이 스타-트리 토폴로지를 기본 라우팅 토폴로지로 사용한다. 스타 토폴로지는 특정 라우터를 중심으로 라우터의 통신 영역 내에 한 그룹의 노드들이 구성된다. 스타 토폴로지 구조를 관리하는 라우터들이 PAN 코디네이터를 중심으로 트리 구조로 구성된다. 따라서 PAN 코디네이터가 각 라우터의 상위 구조를 가지는 트리 구조와 라우터 노드들 사이의 스타 구조가 결합된 스타-트리 토폴로지를 가진다. MRbPS의 노드 분포와 라우터와 PAN 코디네이터의 계층을 고려했을 때, 스타-트리 토폴로지가

가장 적합하다.

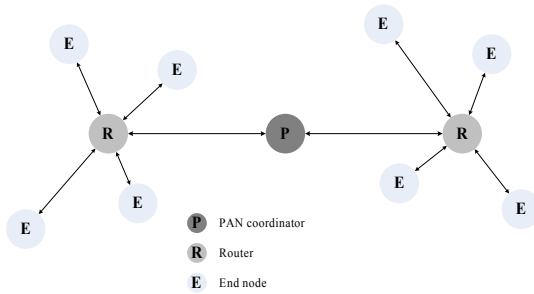


그림 2. 스타-트리 토폴로지
Fig. 2. Star-tree topology

3. 멀티 라우팅 토폴로지

스타-트리 토폴로지에서 트리 역할을 하는 라우터가 고장나면 고장난 라우터를 중심으로 스타 구조를 형성한 모든 노드는 통신 불능상태가 된다. 따라서 멀티 라우터를 사용하여 특정 라우터가 고장나면 다른 라우터를 통해서 통신이 가능하게 되는 구조를 사용한다.

그림 3은 스타-트리 토폴로지 기반에 멀티 라우터를 적용한 것을 보여준다. 제안 시스템은 특정 라우터가 무선 통신이 불가능한 환경에 위치할 경우 다른 라우터를 통해서 데이터를 전송한다. 멀티 라우터를 통해 데이터 전송의 신뢰성을 높일 수 있다.

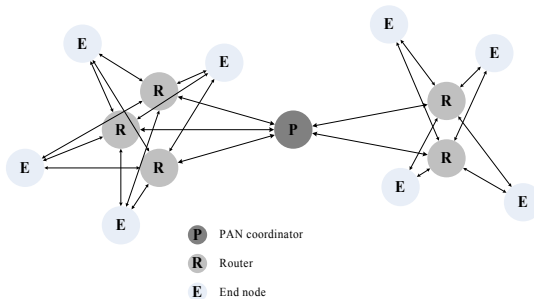


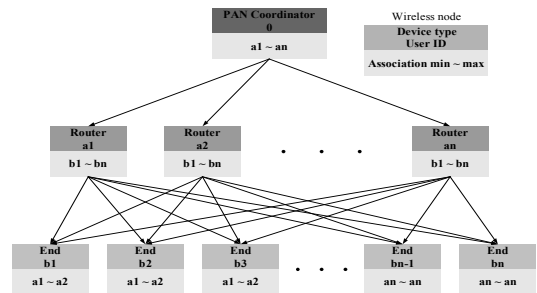
그림 3. 멀티 라우팅 토폴로지
Fig. 3. Multi routing topology

4. ID 설정 방법

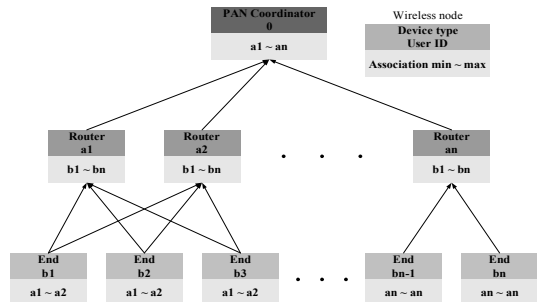
스타-트리 기반의 멀티 라우팅을 구현하기 위해서 사용자 ID와 연계 범위 (min, max)를 설정하여야 한다. 먼저 ID 설정 방법에 대해 알아본다. 전체망을 관리하는 PAN 코디네이터의 사용자 ID는 0이며 라우터들의 ID는 라우터 ID의 시작부터 차례로 증가하며 설정하며 현재 사용중인 라우터의 시작 ID는 193부터 최대 250년까지

사용 가능하다. 노드들의 사용자 ID는 시작부터 차례로 증가하며 설정한다. 현재 사용 중인 노드의 시작 ID는 1부터 최대 192번까지 가능하다. PAN 코디네이터의 연계 범위는 망에 존재하는 라우터들의 사용자 ID 중 최소값을 연계 범위 min에 최대값을 연계 범위 max에 설정한다. 라우터의 연계 범위는 각 라우터의 관리하에 존재하는 노드들의 사용자 ID 중 최소값을 연계 범위 min에 최대값을 연계 범위 max에 설정한다. 마지막으로 노드의 연계 범위는 자신을 관리하는 라우터들의 사용자 ID 중 최소값을 연계 범위 min에 최대값을 연계 범위 max에 설정한다.

위의 방법으로 ID 설정을 끝마쳤으면 연계 순서를 결정한다. PAN 코디네이터가 작업 지시 관리 컴퓨터로부터 연계 명령을 받으면 망 초기화를 시작한다. PAN 코디네이터의 망 초기화가 이루어지면 연계 범위안의 라우터들이 PAN 코디네이터에게 연계를 시작하며 라우터의 초기화가 이루어지면 노드들은 초기화가 이루어진 라우터에 대해 연계 작업이 가능하다.



(a) 통신 경로: PAN 코디네이터 -> 노드



(b) 통신 경로: PAN 코디네이터 -> 노드

그림 4. 통신 경로
Fig. 4. Communication path

ID 설정 작업과 연계 작업을 끝마쳤으면 데이터 송수

신이 가능하다. PAN 코디네이터에서 노드로 송신하는 통신 경로는 그림 4.(a)와 같다. 노드에서 PAN 코디네이터로 송신하는 통신 경로는 그림 4.(b)와 같다. 라우터는 먼 거리까지 데이터 송신이 가능하기 때문에 모든 라우터는 모든 노드들에 대한 통신 경로를 가진다. 반면 노드들은 데이터 송신 거리에 제약을 가지기 때문에 범위의 라우터에만 데이터 송신이 가능하다.

MRbPS은 PAN 코디네이터가 노드에게 데이터를 송신할 경우, 통신 할 노드를 관리하지 않는 다른 라우터를 통해서 통신 시도를 하는 경우가 발생한다. 라우터의 관리를 벗어난 노드는 라우터의 통신 영역을 넘어서 존재하거나 통신 환경이 나쁜 상태에 위치할 경우가 많기 때문이다. 따라서 통신 실패의 가능성이 높은 경로를 통해서 불필요하게 통신을 시도하는 경우, 통신 실패 횟수를 체크하여 해당 연결을 해제시킨다.

III. 알고리즘 설계 및 구현

본 절에서는 MRbPS의 구성 요소인 PAN 코디네이터, 라우터, 노드의 통신 시 동작 방법과 알고리즘에 대해 설명한다.

```

01: being procedure PAN coordinator
02: network_initiation();
03: while(1) {
04: if(transmission_command == 1) {
05:     send data to RouterID_init;
06:     SendDataRequest(&data, num);
07:     if(communication# > communication_limit)
08:         goto 13 line;
09:     else if(routerID_init >= routerID_max)
10:         routerID_init = routerID_min;
11:     else routerID_init++;
12:     goto 05 line;
13:     communication_ERROR();
14: }
15: }
    
```

그림 5. PAN 코디네이터 동작 알고리즘
Fig. 5. The algorithm of PAN coordinator

그림 5는 PAN 코디네이터의 동작 알고리즘을 나타낸다. PAN 코디네이터는 네트워크 설정 작업을 마친 후 송신할 데이터가 있다면 지정된 라우터 ID로 데이터

를 전송한다. 전체 라우터에게 데이터를 송신해야하므로 라우터 ID를 1씩 증가시켜 가면서 지정된 라우터 ID 최대값이 넘지 않을 때 까지 데이터를 라우터에게 송신한다.

```

01: being procedure Router
02: network_initiation();
03: RECEIVE_FLAG = False;
04: while (RECEIVE_FLAG = True) {
05:     send data to dest_node;
06:     nIdleDataRequest(&data_num, TRUE);
07:     RECEIVE_FLAG = False;
08: }
    
```

그림 6. 라우터 동작 알고리즘
Fig. 6. The algorithm of Router

그림 6은 라우터의 동작 흐름도이다. 라우터는 PAN 코디네이터와 노드 사이에 위치하여 무선 데이터의 통신 거리를 확장하는 역할을 한다. 따라서 라우터는 스스로부터 송신된 데이터를 목적지에 전달하는 역할만 한다. 라우터는 무선 네트워크 초기화 후 수신 데이터를 대기한다. 수신된 데이터가 있으면 데이터 수신 인터럽트가 수행된다. 데이터를 송신한 노드의 사용자 ID와 목적지 ID를 확인한다. 사용자 ID가 PAN 코디네이터이면 현재 라우터의 연계 범위에 포함되는지 확인하고 연계 범위에 포함되면 RECEIVE_FLAG를 셋 한다.

그림 7은 노드의 동작 흐름도이다. 데이터 송신의 경우 명령 데이터를 송신하는 경우와 응답 데이터를 송신하는 경우가 있고 수신인 경우 명령 데이터 수신과 응답 데이터 수신의 2가지 경우가 존재한다. 데이터 송수신의 경우 지정된 패킷 포맷에 맞게 램프를 온/오프 하였는지 여부를 전달한다. 명령 데이터 송신의 동작은 다음과 같다. 노드는 무선 네트워크 초기화를 마친 후 PAN 코디네이터의 명령 또는 버튼 스위치의 입력을 기다린다. 버튼 스위치가 눌러지면 전송할 데이터를 데이터 버퍼에 저장한다. DIP S/W 2의 연계 범위 최소값을 초기 라우터 ID로 결정하고 데이터 버퍼에 저장된 데이터를 SendDataRequest()를 통해서 송신한다. 응답이 오기까지의 시간을 체크하기 위해 dead time 카운터와 응답 시간 카운트를 초기화 시키고 체크한다. Dead time 카운터가 제한 값을 초과하기 전에 응답 수신 확인되면 데이터 송신 성공, 응답 수신 전에 dead time

카운트가 제한 값을 초과하면 응답시간 플래그가 셋 되고 통신 실패 횟수가 증가한다.

```

01: being procedure Node
02: network_initiation();
03: while(1) {
04: if(button_switch == 1) {
05:   send data to RouterID_init;
06:   SendDataRequest(&data, num);
07:   if(communication# > communication_limit)
08:     goto 13 line;
09:   else if(routerID_init >= routerID_max)
10:     routerID_init = routerID_min;
11:   else routerID_init++;
12:   goto 05 line;
13:   communication_ERROR();
14: }
15: }
    
```

그림 7. 노드의 동작 알고리즘
Fig. 7. The algorithm of node

IV. 성능 평가

본 장에서는 MRbPS의 성능을 단일 라우터 피킹 시스템과 비교한다. 또한 노드의 개수 변화에 따라 라우터 개수를 변화 시키며 패킷 전송 성공률을 도출해낸다.

실험 환경은 실제 MRbPS가 설치된 물류 공장에서 측정하였으며, 실제 설치 환경에서는 2개의 라우터와 100 ~ 150 개의 노드가 하나의 클러스터를 이루어 동작한다.

그림 8은 라우터의 수와 노드의 수를 변화 시키가면서 전송성공률을 측정 한 결과이다. 라우터가 1개 일 때는 단일 라우터 기반 피킹 시스템이고 라우터가 2개 이상일 때는 MRbPS 이다. 라우터의 수는 1~4개로 변화 시키며 실험하였고, 노드는 50개 단위로 50, 100, 150 으로 변화 시키면서 라우터 개수에 따른 전송 성공률을 도출해 내었다. 전송 성공률 측정 시 전송 실패가 일어난 후 재전송을 통해 성공하는 경우는 실패로 처리하였다. 즉 PAN 코디네이터에서 라우터를 거쳐 목적지 노드가 한번 만에 데이터를 수신하는 패킷 전송 성공률을 측정하는 것이다. 실험 결과에서 보듯 피킹 시스템의 통신 방식은 시분할 다중 접근 (TDMA) 방식을 사용하기 때문에 노드의 수

가 증가하더라도 전송 성공률에 영향을 미치지 않는다. 대신 총 전송 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 따라서 라우터의 개수에 따라 전송 성공률만 살펴볼도록 한다. 라우터가 하나일 경우 전송 성공률은 약 80% 이다. 무선 환경인데다가 장애물 때문에 전송 성공률이 상당히 낮다. 라우터가 2개일 때는 전송 성공률이 약 96%이다. 첫 번째 라우터가 전송 실패하더라도 두 번째 라우터가 동일한 패킷을 다른 경로로 전송하기 때문에 이와 같은 결과가 나온다. 마찬가지로 라우터가 3개일 때는 99.2% 라우터가 4개 일 때는 약 100%의 전송 성공률을 보였다. MRbPS은 다중 라우터를 이용하여 전송 실패 시 다른 라우터를 이용하여 다른 경로로 패킷을 전송하기 때문에 전송량의 증가 없이 더 좋은 전송 성공률을 얻을 수 있다.

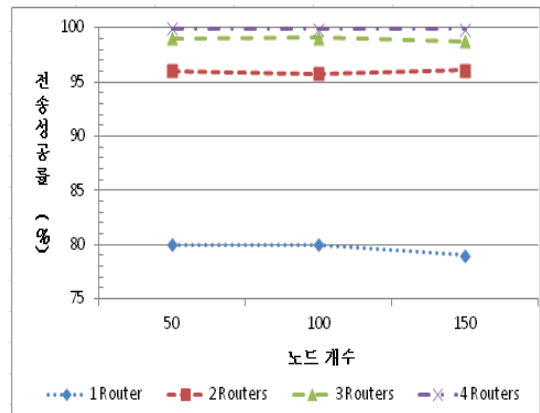


그림 8. 라우터 개수에 따른 전송 성공률
Fig. 8. Successful transmission ratio with varying the number of routers

표 1은 라우터 개수에 따른 재전송을 포함한 최종 목적지 노드에 패킷 전달하는 성공률을 나타낸다. 노드의 개수는 100 개로 가정하였다. 라우터가 하나일 때 재전송을 통해 전송 실패한 패킷을 다시 보낼 수 있다. 이 경우 라우터의 전파가 닿지 않는 음영 구역 내에 노드가 있지 않다면 지속적인 재전송을 통해 패킷을 전달할 수 있다. 하지만 장애물 등으로 인해 음영 구역이 존재하고 전송 성공률은 97% 이다. 멀티 라우터를 사용할 경우 몇 개의 노드가 음영 구역에 존재하더라도 다른 라우터를 통해 패킷을 전송할 수 있으므로 100%의 전송 성공률을 보인다.

표 1. 재전송을 포함한 전송 성공률

Table 1. Successful transmission ratio with re-transmission

	1 Router	2 Routers	3 Routers	4 Routers
전송 성공률	97%	100%	100%	100%

본 논문에서 제안하는 MRbPS은 2개의 라우터만으로도 최종 패킷 전송률 100%를 달성할 수 있다. MRbPS는 단일 라우터 방식에 비해 데이터 전송량이 많지도 않고 라우터가 고장이 나거나 노드가 음영지역에 있을 경우에 대한 대비를 할 수 있다. 따라서 신뢰성 있는 전송을 제공한다.

V. 결론

본 논문에서는 지그비 무선 통신을 이용한 피킹 시스템을 설계하고 구현하였다. 피킹 시스템의 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 스타-트리 기반의 멀티 라우터 토폴로지로 설계하였으며, PAN 코디네이터, 라우터, 노드의 ID 설정 방법과 연계방법, 전송 경로에 대해 설명하였다. 실험을 통해 멀티 라우터 기반 피킹 시스템의 데이터 전송 성공률이 최대 20% 더 높다는 것을 확인하였다.

References

[1] ASETEC Co., DPS/DAS, <http://www.asetec.co.kr/solution/dps.asp>.

[2] J. Ashayeri and M. Goetschalckx, "Classification and design of order picking," *Logistic World*, pp. 99-106, 1989.

[3] E. H. Frazelle, S. T. Hackman, U. Passy, and L. K. Platzman, "The Forward Reserve problem," *Optimization in industry*, vol. 2, 1994.

[4] M. L. Russel and R. D. Meller, "Cost and throughput modeling of manual and automated order fulfillment systems," *IIE Trans.* vol. 35, pp. 589-603, 2003.

[5] H. W. Je and Y. Oh, "Remote monitoring system of Photovoltaic inverter using zigbee Communication," *Journal of Korean Institute of Information*

Technnology, vol. 10, no. 2, pp. 94-101, 2012.

- [6] H. H. Kim, S. B. Ahn, S. J. Choi and J. K. Pan, "ZigBee Wireless Sensor Nodes and Network For Wind Turbine Condition Monitoring," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 9, pp. 4186-4192, 2012.
- [7] B. C. Jeon, S. R. Ryu and G. S. Choi, "Implementation of a Monitering System for Solitary Citizens using Zigbee Solution," *Journal of the The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 8, no. 6, pp. 41-48, 2008.

저자 소개

김 영 일(정회원)



- 1984년 : 전남대학교 계산통계학과 학사
- 1986년 : 한국외국어대학교 경영정보대학원 응용전산학과 석사
- 1999년 : 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사
- 1986년 2월~2013년 2월 : KT 선임

연구원, 연구실장, 담당상무, 네트워크서비스센터장

- 2013년 3월~현재 : KICA 대외협력실장

<주관심분야 : 유무선네트워크, 정보통신플랫폼, 네트워크 SW, 네트워크 운용관리, 클라우드컴퓨팅 등>