항만 자동화를 위한 장치장내의 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜

Ad-hoc Network Routing Protocol in the Yard of Automated Container Terminal

이승주*, 박두진**, 최영복*
동명대학교 정보통신공학과*, 동명대학교 산학협력단**

Seung-Ju Lee(leeseungzu@naver.com)*, Doo-Jin Park(djpark@tu.ac.kr)**,
Young-Bok Choi(ybchoi@tu.ac.kr)*

요약

본 논문에서는 장치장에서 대역폭의 낭비없이 실시간으로 경로 복구를 효율적으로 하기 위한 방안으로 RFID태그를 YT의 위치파악에 사용하는 RFID기반의 ad-hoc 네트워크 구축방안을 제시한다. 장치장 내 YT와 GC 및 YT와 TC간 ad-hoc 통신을 통해 중앙 서버의 통제 없이 양·적하 작업을 수행하여, 실시간적인 작업 대응으로 장치장의 효율적 운영이 가능하도록 한다. RFID 태그의 위치정보를 이용하여 컨테이너 터미널의 장치장 환경에 적합한 라우팅 프로토콜을 제안하고, 네트워크 시뮬레이터를 통한 성능평가를 수행하여 성능이 우수함을 확인했다.

■ 중심어 : | RFID | Ad-hoc 네트워크 | 라우팅 프로토콜 |

Abstract

In this paper, the RFID-based ad-hoc network is presented for the efficient yard management of the container terminal. The loading and unloading work is performed through the ad-hoc communication between YT and GC, YT and TC within the yard without the control of the central server. That makes the efficient operation of the yard with real task correspondence. Using the location information of the RFID tag, we have proposed the routing protocol which is suitable for the yard environment of the container terminal. The performance evaluation has been carried out through the network simulator and gained an effective results.

■ keyword : | RFID | Ad-hoc Network | Routing Protocol |

I. 서 론

최근 언론에 보도된 내용에 의하면 우리나라의 IT경쟁력은 세계 8위로 5계단이나 하락하면서 IT 산업의 경쟁력이 급속하게 약화되고 있다. 항만물류분야에서도 항만 운영시스템이나 항만 정보시스템, 항만생산성 측면에서는 홍콩이나, 싱가포르 등에 뒤지는 것으로 나타나고 있다. 이는 그 동안 부족한 항만시설 확충하는 하드웨어 측면만 치중한 나머지 항만의 질적인 측면인 항만 자동화 등과 같이 첨단화된 운영시스템 등 소프트웨어 측면은 다소 등한시 되었다. 따라서 선진 항만이 되기 위해서는 항만 자동화를 위한 소프트웨어 측면에도

* "본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음." (IITA-2009-C1090-0902-0004)

접수번호 : #090420-001
접수일자 : 2009년 04월 20일
심사완료일 : 2009년 06월 01일
교신저자 : 최영복, e-mail : ybchoi@tu.ac.kr

관심을 기울여야 한다[1].

최근 국내에서는 RFID 시스템을 이용한 U-Port 구축을 위해 많은 연구·개발이 이루어지고 있다. RFID는 각종 물품에 소형 반도체 칩을 부착해 사물의 정보와 주변환경 정보를 무선주파수로 전송·처리하는 비접촉식 인식시스템으로 2005년을 전후로 전 산업을 막론하고 획기적인 시스템으로 관심을 집중시키고 있다. 미국은 911 테러 이후, 항만에서도 화물 보안 강화를 위해 RFID기술의 도입이 급속히 확산되었고, e-seal뿐만 아니라 컨테이너 터미널 양·적하 작업의 생산성 향상과 위험화물 관리 강화를 위한 감지 및 추적에도 널리 적용되고 있다[2-5].

Ad-hoc 네트워크는 다수의 이동 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 분산 네트워크로써, 임시적으로 네트워크를 구성하기 위한 목적으로 연구되어 왔다.

본 논문에서는 항만 자동화를 위한 장치장 내의 ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜을 제안한다. 항만 의 장치장에서 이동 모듈인 GC (Gantry Crane)와 TC(Transfer Crane), YT(Yard Tractor) 간의 ad-hoc 네트워크에서 데이터 손실 및 중복 없이 원활하게 송·수신 되기 위해서는 장치장의 특성을 잘 고려되어야 한다[6]. 본 논문에서는 RFID 기반의 장치장 내부 네트워크 구성을 제안하고, 장치장 환경에 적합한 ad-hoc 라우팅 프로토콜을 제안한다.

II. 장치장 내의 Ad-hoc 라우팅 프로토콜 제안

Ad-hoc 라우팅 프로토콜은 장치장 내 GC와 TC, YT 간 통신 성능을 결정하는 중요한 요소로서, 장치장의 특성상 노드들이 이동성이 많은 점을 고려하여 환경에 적합한 프로토콜을 결정해야만 한다. 본 장에서는 장치장 내 효율적인 ad-hoc 통신을 위한 라우팅 프로토콜을 제안한다.

1. 기존 ad-hoc 네트워크 라우팅 방식들의 문제점

Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜에서 Proactive 방식은 모든 이동 노드들이 항상 최신의 경로 정보를 유지할 수 있도록 주기적으로 라우팅 정보를 송신하기 때문에 전송 지연은 없지만, 노드의 이동성이 많은 환경일 경우 라우팅 프로토콜 메시지의 오버헤드가 커지는 문제점을 가지고 있다. Reactive 방식인 DSR은 단말의 이동과 같은 변화에 빠르게 적응 가능하고, 변화가 발생하지 않는 주기 동안은 라우팅 프로토콜의 오버헤드가 없지만, 전송지연이 발생하므로 실시간으로 정보를 주고 받아야하는 장치장의 환경에는 적합하지 않다. AODV 방식은 DSR 방식과 Proactive 방식인 DSDV 방식의 장점을 취합한 방식으로 차량간 통신을 위한 라우팅 프로토콜로 많이 고려되고 있다[7-9].

AODV 방식은 경로 탐색을 위해서 RREQ와 RREP 메시지를 사용하며, DSDV방식에서 사용했던 것처럼 순차번호를 사용해서 경로의 최신성을 유지한다. 발신지와 목적지 사이에 하나의 경로를 유지하며 일정 시간이 경과하면 엔트리에서 삭제된다. 경로설정 후에는 주기적인 Hello 메시지를 통해 노드간 경로의 유효성을 알 수 있다. Hello 메시지는 해당 노드의 IP주소와 순차번호를 가지고 있으며, IP 헤더의 TTL 값을 '1'로 설정하여 이웃 노드들에게만 전송되도록 한다. 일정 시간동안 이웃 노드로부터 Hello 메시지나제어 메시지를 수신하지 못한다면 해당 노드와의 경로가 단절된 것으로 판단하고 소스노드에게 RERR 메시지를 전송한다[10-13].

AODV 방식의 지역 경로 복구는 경로 단절이 목적지 노드와 가까운 곳에서 발생할 때 수행되는 메카니즘으로 경로단절이 발생한 노드에서 목적지노드까지의 홉수가 10보다 작으면 지역 경로 복구를 수행한다. 해당 노드는 RREQ 메시지를 전송하고 Discovery period 동안 기다린 후, RREP 메시지를 수신하지 못하면 소스노드로 RERR 메시지를 전송하여 경로 탐색 과정을 다시 수행한다[14-16]. 이러한 지역 경로 복구는 많은 이동성으로 인해 경로단절이 자주 발생할 경우 RREQ 메시지로 인한 오버헤드가 증가하게 되어 대역폭을 낭비하게 되고, 신속한 경로복구가 이루어져 최신의 정보를 실시간으로 업데이트 해야 하는 장치장 환경에는 적합하지 않다고 할 수 있다.

2. Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜 제안

본 논문에서는 항만 장치장에 적합한 RAODV (RFID based AODV) 라우팅 프로토콜을 제안한다. 앞서 언급한바와 같이 장치장에서 노드에 해당하는 GC와 TC, YT는 이동 중 RFID 태그로부터 수신한 정보로 이웃한 노드의 위치정보를 알 수 있다. 이웃한 노드에게 전송하는 Hello 메시지에 자신이 읽어들인 태그번호와 자신의 라우팅 테이블 정보 중 목적지 노드의 정보를 포함시켜 전송하면 이를 수신한 이웃노드는 자신이 가진 태그정보를 바탕으로 해당 노드와의 거리정보뿐만 아니라 순번대로 배치된 태그정보를 통해 해당 노드가 데이터의 전송 방향을 기준으로 자신보다 앞쪽에 위치해 있는지, 뒤쪽에 위치해 있는지를 구분할 수 있고, 해당 노드를 통하여 갈 수 있는 목적지노드 정보 또한 알 수가 있다. 이렇게 수신된 거리 테이블 정보는 새로운 Hello 메시지를 수신할 때 마다 갱신되어 거리 테이블에 저장된다[17].

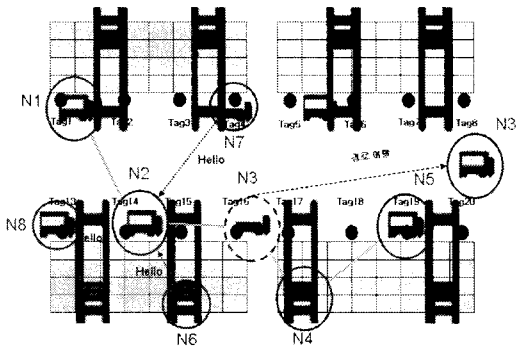

그림 1. 경로 단절의 발생 예

[그림 1]의 예와 같이 N1에서 N5까지 경로가 설정된 노드 중 N2노드는 이웃한 Tag15, Tag4, Tag13의 정보를 가진 각각의 노드 N6, N7, N8들로부터 Hello 메시지를 수신 받아서 노드와의 거리정보와 각각의 노드가 가진 목적지 정보를 거리 테이블에 저장한다. 이때, 세 번째 노드 N3이 TC로부터 하역작업을 완료하고 GC로 이동하면 경로의 단절이 발생하게 된다. 경로단절을 감지한 두 번째 노드 N2는 자신이 가진 거리 테이블을 참고하여 목적지로 갈수 있는 가장 짧은 거리에 위치한 노드를 우선순위로 하여 NRREQ (Next node RREQ) 메시지를 유니캐스트 하고, RREP 메시지를 수신받아 경로복구를 수행한다. 만약, 해당 노드로부터 RREP 메시지를 수신하지 못하면 거리 테이블을 참고하여 그 다음 짧은 거리에 위치한 노드로 NRREQ 메시지를 유니캐스트하여, RREP 메시지를 수신받아 경로를 복구하고, 거리 테이블에 있는 노드들로부터 어떠한 RREP 메시지도 수신받지 못하면 기존의 AODV방식과 같은 방식으로 경로를 복구한다. 이처럼 기존의 AODV방식보다 작은 오버헤드로 대역폭의 낭비를 줄일 수 있고, 신속한 경로복구를 통해 최신의 정보를 실시간으로 업데이트해야 하는 장치장 환경에 적합한 프로토콜을 구현할 수 있다. [그림 2]는 기존 AODV 방식의 Hello 메시지 구조에 태그번호와 목적지 노드 정보가 추가된 제안하는 방식의 Hello 메시지 구조이다.

Type	R	A	Reserved	Pfx Sz	Hop Count
This node's IP Address					
This node's latest Sequence Number					
ALLOWED_HELLO_LOSS*HELLO_INTERVAL					
Tag Number					
Destination node info					

그림 2. RAODV의 Hello 메시지 구조

N3의 이동으로 경로가 단절된 N2는 이웃노드들로부터 받은 Hello 메시지와 RFID 태그로부터 얻어진 거리 테이블을 참조하여 가장 가까운 거리에 있는 노드를 우선순위로 하여 NRREQ 메시지를 보낸다. NRREQ 메시지의 구조는 [그림 3]과 같다.

Type	R	A	Reserved	Pfx Sz	Hop Count
RREQ ID					
Destination IP Address					
Destination Sequence Number					
Originator IP Address					
Originator Sequence Number					
Next node's IP Address					

그림 3. NRREQ 메시지 구조

NRREQ 메시지는 기존 RREQ 메시지 구조에 Next node's IP Address를 추가하여 경로단절이 발생하면 거리 테이블을 참조하여 자신보다 앞쪽에 위치한 가장 짧은 거리에 위치한 노드에게 유티캐스트 할 수 있도록 하였다.

[그림 4]는 RAODV 프로토콜을 이용하여 경로복구가 이루어진 네트워크 구성이다.

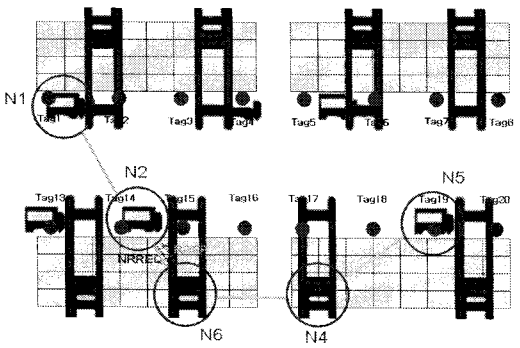

그림 4. 경로 복구가 이루어진 ad-hoc 네트워크 구성

III. 항만 자동화를 위한 장치장내의 Ad-hoc 네트워크 구축 방안

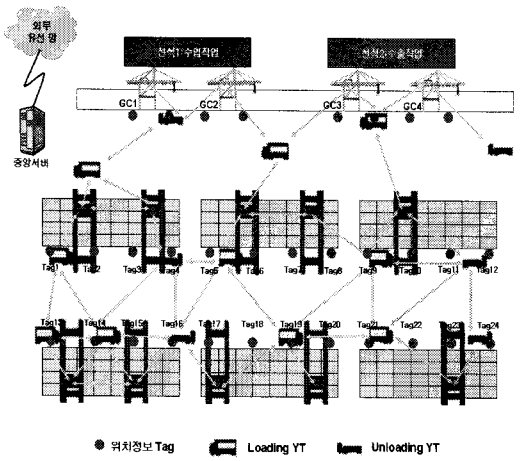

그림 5. RFID 기반의 장치장 ad-hoc 네트워크

[그림 5]는 장치장에서 실시간으로 경로복구를 위해 대역폭을 낭비되는 문제를 효율적으로 적용하기 위해 RFID태그를 YT의 위치파악에 사용하는 RFID기반의 ad-hoc 네트워크 구축방안을 제안한다.

모든 GC와 TC 그리고 YT는 RFID 태그의 정보를 판독할 수 있는 RFID 리더기와 획득한 정보를 통신할 수 있는 ad-hoc 모드 무선 LAN 모듈을 장착하고 있다. 이동 중인 YT는 ad-hoc 모드 통신을 이용하여 유선 네트워크의 도움 없이 GC 혹은 TC와 통신을 수행함으로써 YT를 효율적으로 운용할 수 있도록 한다. 컨테이너가 적재되어있는 장치장에는 위치정보를 가진 RFID 태그가 일정간격을 두고 매설되어 있으며, YT혹은 TC가 이동 중에 태그 정보를 획득함으로써 위치를 파악할 수 있다. 장치장 내 RFID 태그에 저장된 위치정보는 GC와 이웃한 태그와의 거리정보이다. 이때의 거리정보는 GC와 이웃한 태그와의 직선거리가 아닌 YT가 실제로 이동해야할 거리를 나타낸다. 예를 들어, [그림 6]의 위치정보를 획득한 YT가 GC2로부터 브로드캐스팅 정보를 수신한다면, 현 위치에서 GC2까지 128m라는 것을 알 수 있다. Unloading상태일 경우 YT는 28m라는 값을 GC2로 전송하게 된다.

단위 : m

Tag번호	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8
거리	50	28	27	32	48	50	65	66
Tag번호	Tag2	Tag3	Tag4	Tag13	Tag14	Tag15	Tag16	
거리	6	10	16	7	9	11	13	

그림 6. 장치장 RFID 태그의 예

장치장 구성에 따른 전체 컨테이너터미널의 수입작업 흐름은 [그림 3]과 같다. 최초 중앙서버에서 GC로 작업지시 명령이 이루어지고, 작업 지시를 수신한 GC는 현재 대기하고 있는 YT의 대기수를 '0'으로 설정하고 이를 모든 YT로 ad-hoc 모드 wireless LAN을 이용하여 브로드캐스팅하여 작업이 개시되었음을 알린다. 이때, 각 GC는 멀티캐스팅 통신을 통해 다른 GC와 YT 대기수를 비교하여 자신의 YT 대기수가 최소인 경우에 YT 요청메시지를 전체 YT로 브로드캐스팅하게 되고, 모든 GC의 YT 대기수가 동일한 경우에는 우선순위가 높은 GC부터 YT 요청메시지를 브로드캐스팅하게 된다. 이 정보를 수신한 YT는 현재 자신이

unloading상태인지 loading상태인지를 판단하여, unloading상태이면 브로드캐스팅 정보를 보낸 GC로 자신의 현재 태그정보를 전송한다. 태그정보에는 상기한 바와 같이 위치정보를 포함하고 있다. unloading상태에 있는 YT로부터 각각의 태그정보를 수신한 GC는 가장 근접한 곳에 위치하고 있는 YT를 선택하여 일대일 통신으로 해당 YT를 불러들이고, 다른 GC들에게 현재 자신의 YT 대기 수 '+1'의 값을 멀티캐스팅한다. 선택된 YT는 해당 GC로 이동하여 작업을 수행하고, 이후 GC가 YT에 작업을 완료하면 다시 대기수 '-1'의 값을 다른 GC들에게 멀티캐스팅한다. 만일, YT가 loading상태로 판단되면, YT는 지시받은 TC로 이동하여 하역작업을 수행한다. 하역작업을 완료한 YT는 unloading상태가 되고, 다시 YT간 ad-hoc 통신을 통해 전달 받은 GC의 브로드캐스팅 정보에 응답하게 된다. 전체작업이 종료되면 GC는 자신의 YT 대기수를 '∞'로 설정하여 브로드캐스팅하고, 이를 수신한 YT들은 대기하게 된다.

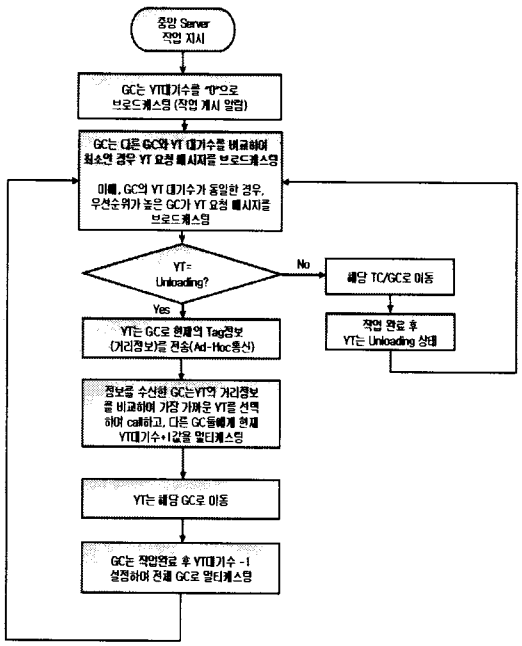

그림 7. 수입 작업시 장치장 동작 알고리즘

Ⅳ. 성능평가

Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜 중 AODV 방식과 제안하는 RAODV에 대한 성능평가는 NS-2 시뮬레이션 툴을 사용하여 성능평가를 수행하였다. 제안한 방식의 성능평가를 확인하기 위해 노드의 이동성에 따른 성능평가를 수행하였다. 이를 위해 Pause time 변화를 주면서 경로 복구 시간과, 단대단 지연시간, RREQ 전송수, Delivery ratio를 측정하였다.

시뮬레이션 환경은 다음과 같이 가정하였다.

- 시뮬레이션을 하기 위한 망 모델로는 컨테이너 터미널 장치장 규격인 2-3단계에 맞춘 1,400m*600m의 영역(Yard) 상에서 움직이는 모바일 노 드(YT)들을 대상으로 수행
- 모바일 노드(YT)의 개수 또한 같은 규격을 적용하여 47개로 가정
- 최대 전송 반경 반경은 250m의 무선 전송 범위를 고려
- 2Mbps의 데이터 전송률을 가정
- CBR(Constant Bit Rate) 소스는 초당 4개의 패킷을 전송, 데이터 페이로드는 512byte로 가정
- 시뮬레이션 시간은 100초 동안 진행
- 모바일 노드들은 random way-point model에 따라 불규칙하게 임의로 움직인다고 가정
- YT의 운행 최대 속도는 20km/h로 가정
- 일시정지 시간은 0, 5, 10, 20, 30초로 가정하고 시뮬레이션을 수행

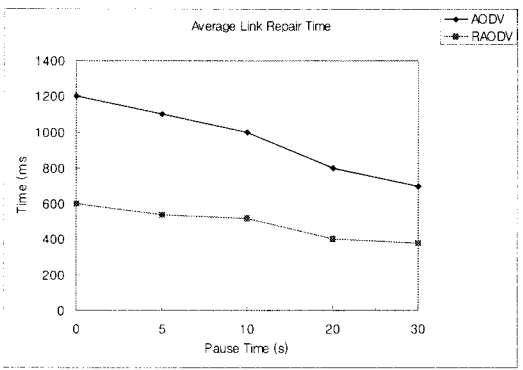

그림 8. 평균 경로 복구 시간

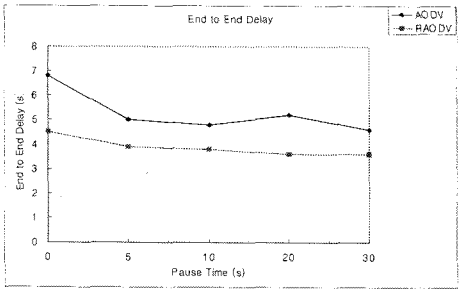

그림 9. 평균 단대단 지연시간

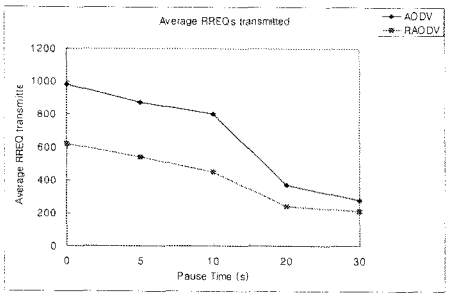

그림 10. 평균 RREQ 전송 수

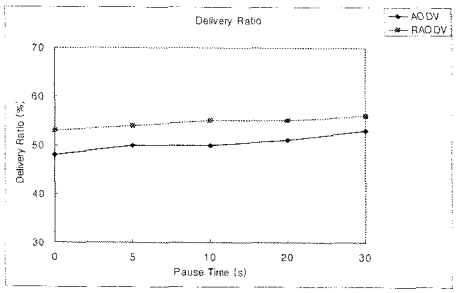

그림 11. Delivery Ratio

[그림 8]과 [그림 9]는 Pause time에 따른 경로복구 시간과 단대단 지연시간 결과를 나타낸다. 성능평가 결과 Pause time인 0초, 5초, 10초, 20초, 30초에서 RAODV 방식이 기존의 AODV 방식보다 평균 경로 복구 시간이나 단대단 지연시간이 단축되었다. [그림 10]과 평균 RREQ를 나타낸다. 성능평가 결과 경로 탐색을 위해 사용하는 RREQ 전송 수가 감소되어 전체 트래픽이 감소됨을 알 수 있다. 또한 [그림 11]은 Delivery Ratio을 나타내는데 제안한 RAODV가 전송 비율이 상대적으로 높아 경로 손실이 낮아 전송 비율이 개선되었음을 알 수 있다.

V. 결 론

Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜을 컨테이너터미널 장치장 환경에 적용했을 경우 지속적으로 움직이는 노드(YT, TC, GC)들의 특성으로 인하여 노드간 경로 단절이 빈번하게 발생한다. GC와 TC 및 YT가 실시간으로 장치장의 상황을 갱신하여 통신하기 위해서는 경로 복구가 신속하게 이루어져서 전송 지연을 줄일 수 있어야하고, 동시에 오버헤드로 작용하는 전송 제어 메시지의 양을 줄일 수 있어야 한다.

따라서 본 논문에서는 빠른 경로 복구와 전송제어 메시지를 효율적으로 줄이기 위한 방안으로 RFID 기반의 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 성능평가를 통하여 제안한 방안이 신속한 경로복구로 인해 단대단 전송지연시간과 전송비율이 개선되었음을 알 수 있었다. 뿐만 아니라, RFID 태그의 위치정보는 현 위치에서 목적지까지의 실제이동거리로 RFID 리더를 통해 쉽게 획득할 수 있으며, 오차율이 낮아 신뢰도 면에서도 우수하다.

참 고 문 헌

[1] 양창호, 최종희, 최용석, 하태영, "차세대 컨테이너 터미널 운영시스템의 기술개발 방향과 전략수립에 관한 연구", 한국해양수산개발원, 2003(12).

[2] 박승창, 남상엽, 류영달, 이기혁, 김완석, *유비쿼터스 센서 네트워크 기술*, 진한엠엔비, 2005(9).

[3] 한국표준협회, *항만물류분야 RFID 표준확산 보급을 위한 사례조사 및 분석 연구*, 2007(5).

[4] 표철식, 채종석, 김창주, "RFID 시스템 기술", 한국전자파학회지, 제15권, 제2호, 2004(4).

[5] 박현태, "*RFID를 활용한 부산항의 U-port 전환 방안에 관한 연구*", 석사학위논문, 2005.

[6] 김상하, "이동 Ad Hoc 네트워크 라우팅 프로토콜

기술", 전파특집II Ad Hoc, 전파 제108호, 2002(9).
[7] 권혜연, 이병복, 박애순, "위치기반 이동 ad-hoc 네트워크 기술 동향", 정보통신진흥연구원, 주간 기술동향 1186호, 2005.
[8] 노경용, *Ad-Hoc 네트워크 기술을 활용한 컨테이너 터미널의 장치장 운영 개선 방안*, 석사학위논문, 2006.
[9] 박두진, *USN 기반의 유비쿼터스 항만운영시스템 구현 방안에 관한 연구*, 한국해양대학교, 박사학위논문, 2007.
[10] 김문정, 엄영익, "무선 이동 애드-혹 네트워크를 위한 다중 경로 소스 라우팅 프로토콜과 Mobile-IP의 연동기법", 정보처리학회논문지C, 제12-C권, 제7호, 2005(12).
[11] 임화정, 차영환, "이동 애드 혹 네트워크를 위한 다중경로 동적 소스 라우팅 프로토콜", 정보처리학회논문지C, 제12-C권, 제1호, 2005(2).
[12] 박종태, 이위혁, 조영훈, 나재욱, "유비쿼터스 센서네트워크에서 위치 측정 기술", 전자공학회지, 제32권, 제7호, 2005(7).
[13] 박두진, 이승주, 노경용, 최영복, "Ad-hoc 기반 컨테이너 터미널의 장치장 운영 개선 방안", 전자공학회지, 제29권, 제1호, 2006(6).
[14] 이은주, *차량간 통신을 위한 AODV 라우팅 프로토콜의 구현*, 제주대학교, 석사학위논문, 2007.
[15] 김민근, *ns2를 이용한 ad-hoc 라우팅 프로토콜의 성능 비교 분석*, 중앙대학교, 석사학위논문, 2006.
[16] 서현곤, 김기형, 서재홍, "애드 혹 네트워크에서 AODV 에 기반한 효율적인 경로 복구 기법", KNOM Review Vol.6, No.1, 2003(6).
[17] 이승주, *컨테이너 터미널 장치장에서의 RFID 기반 Ad-hoc 네트워크 구축 방안*, 동명대학교, 석사학위논문, 2008.

저 자 소 개

이 승 주(Seung-Ju Lee) 준회원

- 2007년 2월 : 동명대학교 정보통신공학과 공학사
- 2009년 2월 : 동명대학교 정보통신공학과 공학석사

<관심분야> : ad-hoc 네트워크, 임베디드시스템

박 두 진(Doo-Jin Park) 정회원

- 2000년 2월 : 동명정보대학교 정토통신공학과(공학사)
- 2002년 8월 : 부경대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2007년 8월 : 한국해양대학교 동북아물류시스템학과(물류학박사)
- 2005년 3월 ~ 2007년 2월 : 동명대학교 정보통신공학과 겸임교수
- 2008년 9월 ~ 현재 : 동명대학교 산학협력단

<관심분야> : U-Port, RFID, RTLS, Ad-Hoc 네트워크, 항만물류자동화시스템

최 영 복(Young-Bok Choi) 정회원

- 1984년 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1988년 : 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1996년 : 오사카대학 대학원 통신공학과 졸업(공학박사)
- 1984년 ~ 1985년 : LG전자 가전연구소 연구원
- 1985년 ~ 1992년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1996년 ~ 현재 : 동명대학교 교수

<관심분야> : ad-hoc 네트워크, 광 인터넷, 임베디드 네트워크