

지능형 항만을 위한 위치기반 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜

Location based Ad-hoc Network Routing Protocol for Ubiquitous Port

이봉희, 최영복

동명대학교 대학원 전기전자정보통신공학과

Bong-Hee Lee(bhlee@tu.ac.kr), Young-Bok Choi(ybchoi@tu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 컨테이너 터미널의 효율적인 장치장 운영방안을 위해 RFID/USN 기반의 ad-hoc 네트워크 구축방안을 제시하였다. 장치장 내 고정 혹은 이동 장치들 간의 통신은 ad-hoc 노드를 통해 운용되며, 컨테이너의 상태정보를 실시간으로 수집하여, ad-hoc 통신을 통해 중앙통제실은 물론 외부의 화주에게도 컨테이너의 상태정보를 공유할 수 있게 해준다. 또한 RFID 태그의 위치에 따라 장치장 내의 최대 무선전송 범위를 예측할 수 있는 LAODV(Location based AODV) 라우팅 프로토콜을 제안하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 성능평가를 수행하여 유효성을 입증하였다.

■ 중심어 : RFID | Ad-hoc network | routing protocol | AODV |

Abstract

In this paper, the RFID / USN-based ad-hoc network structure is presented for efficient operation of a container terminal yard. Communication between fixed or mobile devices in the container terminal yard is accomplished through the ad-hoc node, to collect the status information of a container in real time. Any outside shipper of the container as well as central server allows to share the status information of a container through ad-hoc communication. In addition, to predict the maximum wireless transmission range of nodes by RFID tag position in the yard, LAODV (Location based AODV) routing protocol is proposed. The validity is proved by performance evaluation via computer simulation.

■ keyword : RFID/USN | Ad-hoc Network | Routing Protocol | AODV |

1. 서론

세계 경제 전반에 걸쳐 일어나고 있는 변화의 중심에는 정보기술의 발달이 있다. 이제 세계의 산업구조는 제조업 중심의 하드웨어적 산업사회에서 지식, 기술 및 정보 중심의 소프트웨어적 지식, 정보사회로 변화되고

있다. 이러한 기술을 활용하여 최근 해운업은 전 세계의 화물을 언제 어디서든 선박뿐만이 아닌 모든 수송 수단을 활용하여 가장 빠르고 안전하게 수송해 주는 Door-to Door 서비스체제로 개편되고 있다. 여기에는 화물의 효율적인 흐름을 관장할 정보기술(IT)의 활용이 필수적이다[1].

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"
(NIPA-2010-(C-1090-1021-0006))

접수번호 : #101104-001

접수일자 : 2010년 11월 04일

심사완료일 : 2010년 12월 15일

교신저자 : 최영복, e-mail : ybchoi@tu.ac.kr

그 중에서도 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 핵심 구성요소인 RFID(Radio Frequency Identification : 전파 식별) 기술은 미국과 EU를 비롯한 선진 주요 항만에서 컨테이너터미널 자동화를 위한 블루칩이 된지 오래다[2-5]. 더욱이 미국 세관은 2007년도 e-Seal 적용 법제화 움직임과 ISO의 RFID 관련 기술표준 수립, WSC(World Shipping Council) RFID 워킹그룹과 ISO의 표준화 활동에 의하여 e-Seal 부착을 의무화 하고 있다. 『Seal Verification Rule』 규칙에 따라 e-Seal의 탈부착 검증이 가능한 항만으로 수·출입 화물의 유입 증가가 예상되기 때문에 각국의 항만은 RFID 인프라 구축이 반드시 필요하게 되었다[6].

이에 본 논문에서는 RFID 기술을 활용한 태그의 위치정보를 이용하여 이송장비인 YT(Yard Tractor)와 수출·입 및 하역 장비인 GC(Gantry Crane), TC(Transfer Crane)의 흐름을 통제하고 컨테이너 터미널의 현재 상황을 반영할 수 있는 ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜을 제안한다. 2장에서는 컨테이너 터미널 장치장의 RFID/USN 기반 통합 네트워크 설계에 대해서 기술하고, 3장에서 위치기반 라우팅 프로토콜을 제안한 후, 4장에서 제안된 라우팅 프로토콜에 대한 성능 평가 결과에 대하여 비교 분석 한다. 5장에서는 결론 및 검토사항에 대하여 기술한다.

II. RFID/USN 기반의 장치장 통합 네트워크

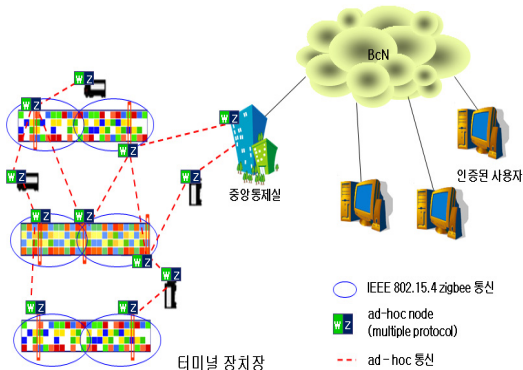


그림 1. 컨테이너 관리를 위한 통합 네트워크

유비쿼터스 항만에서 실시간으로 컨테이너 내부의 상태정보를 수집하기 위해 zigbee(IEEE 802.15.4) 통신은 효과적이지만 상태정보를 멀리 떨어진 이동 노드까지 보내기에는 전송거리의 제약이 따른다. 또한 장치장의 생산성 향상을 위해 하역장비인 GC, TC, 이송장비인 YT 등에 부착될 여러 가지 모듈과의 통신을 고려할 경우 이를 통합할 수 있는 기반 기술이 필요하다 [13-15]. 이를 위해 zigbee 통신의 기능과 WLAN 통신 기능을 통합 수행할 수 있는 ad-hoc node(multiple protocol)를 활용한 네트워크를 구축하고, 실시간으로 변하는 ad-hoc 네트워크의 경로를 분석하여 유비쿼터스 항만에 적합한 통합 네트워크를 [그림 1]과 같이 구축 하였다.

컨테이너 내부의 온도, 습도, 충격량 등을 감지하는 센서 노드에서 수집된 상태정보는 GC, TC 및 YT에 부착된 ad-hoc node에 전달되고, ad-hoc node들 간의 ad-hoc 통신을 통해 컨테이너의 상태정보를 공유할 수 있게 된다.

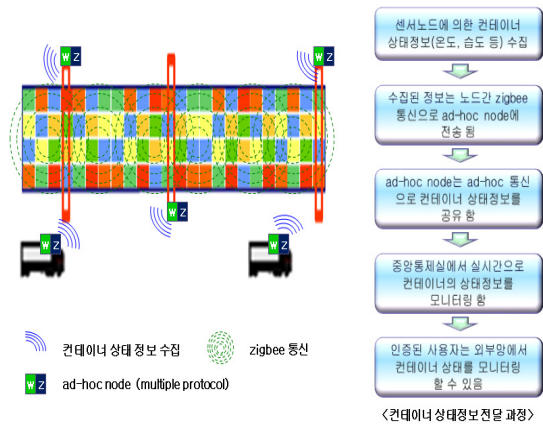


그림 2. 컨테이너의 상태정보 수집 과정

이렇게 수집된 컨테이너의 상태 정보는 중앙통제실은 물론 인증된 절차를 거쳐 외부망에서 접속을 하는 화주에게 자신의 컨테이너에 대한 상태 정보를 파악할 수 있게 해준다.

장치장 내의 모든 GC, TC 및 YT는 ad-hoc node와 함께 능동 태그를 판독할 수 있는 RFID 리더를 장착하

고 있어 장치장내에 일정간격으로 매설되어 있는 RFID 능동태그의 위치정보를 획득함으로써 자신의 위치정보는 물론 능동 태그를 중심으로 한 이송장비 및 하역장비의 밀집도를 알 수 있다[14]. 이러한 정보는 ad-hoc node들 간의 ad-hoc 통신을 통해 하역 생산성 향상과 네트워크 성능향상에 기여를 한다.

III. 장치장을 위한 위치기반 ad-hoc 네트워크

1. 기존 AODV 프로토콜의 문제점

AODV는 경로 획득 단계에서 노드의 잦은 이동성으로 인해 경로 획득을 위한 제어 패킷 수가 급격히 증가한다[7-10]. 이렇게 불필요한 제어패킷의 발생을 제한하기 위해 AODV에서는 ERS(Expanding Ring Search) 알고리즘을 사용한다. ERS 알고리즘은 처음에는 유선 멀티 캐스팅에서 사용되었다. ERS의 중요한 목적은 RREQ(Route Request) 메시지가 처음부터 넓은 네트워크에 플러딩(flooding)되는 것을 방지하고, 점진적으로 범위를 넓게 확장하여 목적지 노드를 찾는 데 발생하는 불필요한 RREQ 메시지를 제한하고자 하는데 있다.

표 1. AODV 파라미터

파라미터	기본값
ACTIVE_ROUTE_TIMEOUT	3,000 ms
ALLOWED_HELLO_LOSS	2
BLACKLIST_TIMEOUT	$RREQ_RETRIES * NET_TRAVERSAL_TIME$
BROADCAST_PERIOD_TIME	$2 * NET_TRAVERSAL_TIME$
HELLO_INTERVAL	1,000 ms
LOCAL_ADD_TTL	2
MAX_REPAIR_TTL	$0.3 * NET_DIAMETER$
MY_ROUTE_TIMEOUT	$2 * ACTIVE_ROUTE_TIMEOUT$
NET_DIAMETER	35
NEXT_HOP_WAIT	$NODE_TRAVERSAL_TIME * 10$
NODE_TRAVERSAL_TIME	40
REV_ROUTE_LIFE	$NET_TRAVERSAL_TIME$
NET_TRAVERSAL_TIME	$3 * NODE_TRAVERSAL_TIME * NET_DIAMETER / 2$
RREQ_RETRIES	2
TTL_START	1
TTL_INCREMENT	2
TTL_THRESHOLD	7

ERS는 경로 획득시 TTL(time to live)값을 이용해 점진적으로 탐색 범위(search ring)를 확장시켜 가며

목적지 노드를 찾는다. [표 1]에서 보여주는 것처럼 출발지 노드는 RREQ 패킷 IP 헤더에 TTL을 $TTL = TTL_START (=1)$ 로 처음에 사용하고 타임아웃을 시간을 $2 * TTL * NODE_TRAVERSAL_TIME (2 * 1 * 40)ms$ 로 하여 RREP(Route Reply) 메시지를 기다린다. 타임아웃 시간까지 RREP를 수신하지 못하여 타임아웃 되었을 때, 출발지 노드는 $TTL_INCREMENT (=2)$ 만큼 증가시킨 $TTL = 3$ 을 이용하여 $2 * TTL * NODE_TRAVERSAL_TIME (2 * 3 * 40)ms$ 시간까지 RREQ를 재방송한다. 이러한 절차는 RREQ에 TTL이 $TTL_THRESHOLD (=7)$ 까지 도달 할 때 까지 계속된다. TTL이 $TTL_THRESHOLD (=7)$ 까지도 RREP를 수신하지 못하였다면, TTL을 $TTL = NET_DIAMETER (=35)$ 를 사용하여 RREQ를 발생시키는 횟수는 $RREQ_RETRIES (=2)$ 까지 재방송 할 수 있다. 그래도 RREP를 수신하지 못한다면 출발지 노드는 이 네트워크에 목적지 노드가 존재하지 않는다고 판단하여 더 이상 RREQ를 발생시키지 않는다[11][12].

그러나 NET_DIAMETER의 고정 값은 고정되어 있어 최대 무선 전송범위를 예측할 수 있는 터미널 장치장에서는 불필요한 전송지연을 발생시키며, 네트워크 토폴로지 변화에 따른 네트워크 상황을 적절히 반영할 수 없다.

2. LAODV

본 논문에서는 on-demand 상황인 노드의 위치에 따라 RFID 태그를 이용하여 획득한 위치정보를 이용함으로써 현재 위치에서 장치장 내의 최대 거리에 있는 노드간의 무선 전송 범위를 예측하여 라우팅을 수행하는 LAODV(Location based AODV) 프로토콜을 제안한다 [16]. LAODV는 경로설정 단계에서 위치정보를 활용하여 RREQ 메시지를 발생시키는 특징을 가지고 있다.

[그림 3]은 컨테이너 터미널의 정방향 모델을 나타낸 것으로, 일정한 간격을 두고 능동 태그가 매설 되어있으며 태그의 위치에 따라 각기 다른 NET_DIAMETER 값이 정해져있다. 그림에서 가장 중심부에 있는 태그의 NET_DIAMETER의 값은 17로써 중심부에서 외각으로 갈수록 태그의 NET_DIAMETER의 값은 점진적으로

로 큰 값을 가지게 되고, 최외각 지역에서는 최대 NET_DIAMETER로써 31의 값을 가지게 된다.

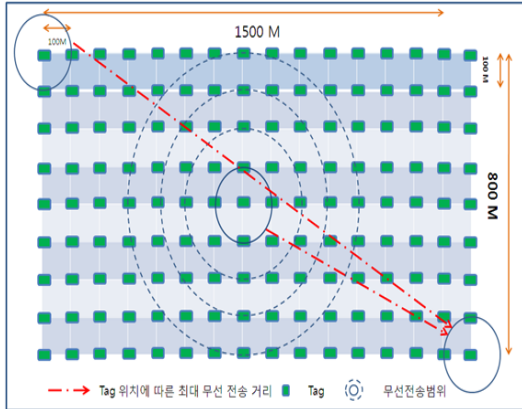
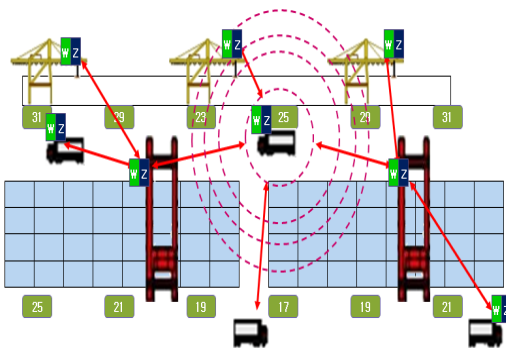


그림 3. 컨테이너 터미널의 정방형 모델

위치에 따라 다른 NET_DIAMETER의 값을 가짐으로써, 표준안의 고정된 값을 사용하였을 때보다 제어 폭이 줄어들어 성능이 개선될 것이다.



W Z ad-hoc node (multiple protocol) 능동태그

그림 4. 위치정보의 획득 과정

GC, TC 및 YT는 이동 중 RFID 리더를 통해 위치 정보를 읽어 들인다. 이러한 정보는 수시로 AODV 파라미터인 NET_DIAMETER의 값을 변경시키고 on-demand 상황 시 현재 NET_DIAMETER의 값을 이용해 목적지 노드의 응답을 기다리는 최대 시간을 결정한다. [그림 4]는 YT가 이동 중에 RFID 리더를 통해

위치 정보를 획득하는 과정을 예를 들어 도식화 한 것이다.

YT는 현재의 위치에서 on-demand 상황 발생 시 RREQ 패킷을 IP 헤더에 TTL(=1)부터 TTL_THRESHOLD(=7)까지 증가시키면서 RREP를 기다린다. TTL_THRESHOLD(=7)까지도 RREP를 수신하지 못한 경우에는 현재 NET_DIAMETER 값인 25를 TTL 값으로 하여 RREQ를 재전송 후 기다리게 된다. 현재 위치에서의 NET_DIAMETER 값 25는 목적지가 어느 노드이던지 현재 위치에서 터미널 장치장 내의 최대 전송거리에 대한 지연시간을 예상한 값이므로 지정된 시간동안 RREP가 수신되지 못하면 목적지 노드가 존재하지 않는다고 판단할 수 있다.

[그림 5]는 GC, TC 및 YT에 부착되어져 NET_DIAMETER의 값과 YT Count의 값을 결정하는 RFID 리더의 동작 알고리즘이다.

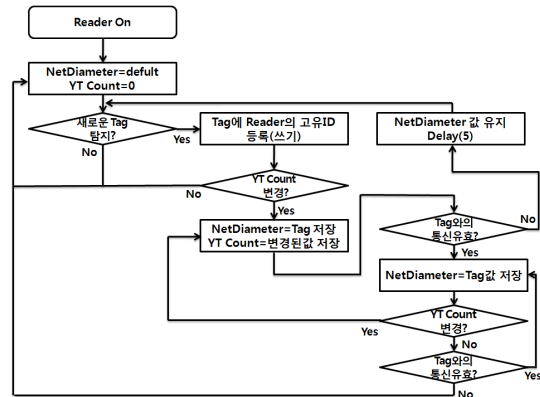


그림 5. RFID 리더의 동작 알고리즘

리더의 초기 상태는 NetDiameter = default로 시작된다. 새로운 태그를 탐지하면 태그에 리더의 고유 ID(예; YT 001, YT 002 등)를 기록하고 YT Count의 변경 사항이 있는지 확인 한다. YT Count 값은 능동 태그에 의해 임혀지는 값으로, YT Count를 통해 GC 및 TC에 대한 YT의 대기 수와 장치내의 이송 및 양·적하 장비들의 밀집도를 확인 할 수 있다. 리더는 지속적으로 태그와의 통신 유무를 판단하면서 현재 임혀진 태그의 값(Net_Diameter)과 YT Count에 대한 값들을 ad-hoc

node에게 실시간으로 전송한다. ad-hoc node는 전달받은 값들을 통해 지속적으로 파라미터를 수정함으로써 토폴로지 변화에 따른 네트워크를 신속히 구성할 수 있다.

[그림 6]은 컨테이너 터미널에 일정 간격으로 매설된 능동 태그의 동작 알고리즘이다.

초기 태그의 상태는 전력을 줄이기 위해 Power Save Mode로 동작한다. 외부 리더에 의해 전압이 수신되면 YT Count를 +1시키고 리더에 현재 Count 값을 전송해 준다. 외부 리더의 고유 ID가 자동 저장되며 지속적인 RF 통신을 통해 새로운 YT의 추가 및 YT Count 값을 현재 통신 중인 리더에 전달해준다. YT가 아닌 GC, TC 의 RF 통신 역시 유효하지만 GC, TC는 Net_Diameter의 정보만 획득할 뿐 YT Count에는 포함시키지 않는다. 이렇게 Count 된 YT Count는 발신지 노드와 수신지 노드의 링크 설정 후 브로드캐스팅 되는 hello 메시지의 확장 필드에 저장되어 GC의 작업 대기 요청 및 장치장 모니터링에 활용된다.

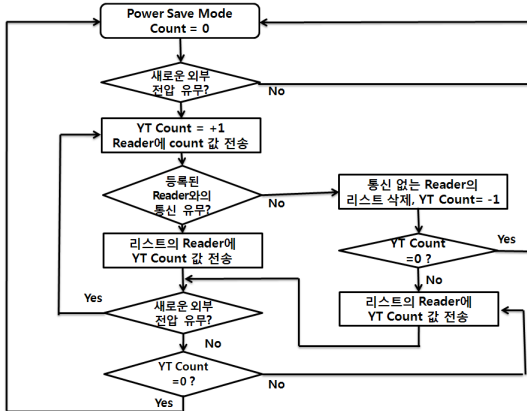


그림 6. 능동태그의 동작 알고리즘

IV. 성능평가

Ad-hoc 라우팅 프로토콜 중 AODV 방식과 제안하는 방식의 LAODV에 대한 평가를 OPNET modeler 14.0 통해 비교 분석 하였다[17][18].

시뮬레이션 환경은 다음과 같이 가정하였다.

- 시뮬레이션을 하기 위한 망 모델로는 공용 터미널 장치장인 부산 신선대부두의 총 면적인 1,012,159 m²의 넓이를 정방형률에 대한 넓이로 계산한 1,500m * 800m의 영역(Yard) 상에서 움직이는 모바일 노드(GC, TC, YT)들을 대상으로 수행
- 모바일 노드(GC, TC, YT)의 개수는 30 및 70개로 교차 수행
- 최대 전송 반경은 간섭을 고려하여 200m의 무선 전송 범위를 할당
- 2Mbps의 데이터 전송률을 가정
- CBR(Constant Bit Rate) 소스는 초당 4개의 패킷을 전송, 데이터 페이 로드는 512byte로 가정
- 시뮬레이션 시간은 100초 동안 진행
- YT의 운행 최대 속도는 20km/h(5m/sec)로 가정

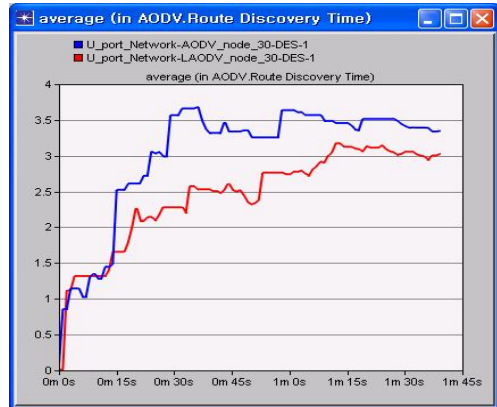


그림 7. 경로 복구 시간(노드 30)

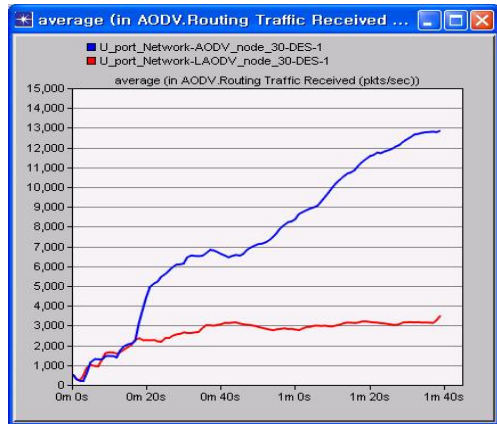


그림 8. 경로 설정 제어 패킷 수신(노드 30)

[그림 7][그림 8]에서는 node 수 30개에 대한 경로 복구 시간과 경로를 설정을 위해 사용된 제어패킷의 량을 AODV와 LAODV를 비교하여 보여주고 있다. 위의 결과를 통해 NET_DIAMETER의 최대값을 RFC3561에서 제안하는 35로 했을 경우에도 LAODV와 마찬가지로 17 또는 31이내에 경로가 형성되겠지만, 그 이후에도 불필요한 제어패킷이 네트워크에 전송되고 있기 때문에 제안하는 프로토콜보다 제어패킷이 더 많이 발생한다고 생각되어진다. 따라서 제안하는 프로토콜이 제어패킷 감량과 데이터 패킷 수신률 향상면에서 더 우수함을 알 수 있다.

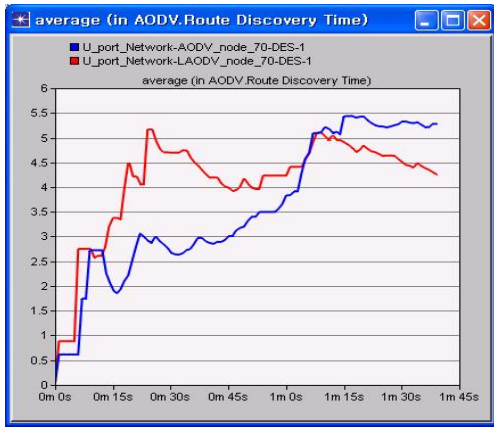


그림 9. 경로 복구 시간(노드 70)

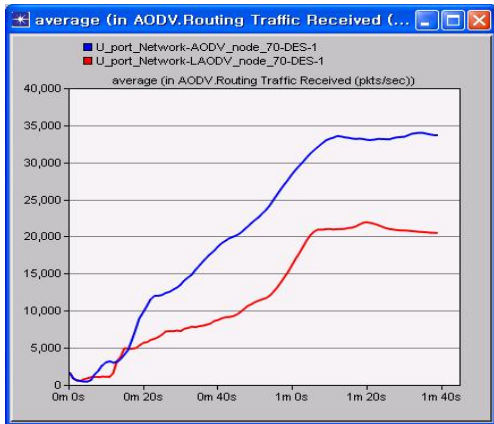


그림 10. 경로 설정 제어 패킷 수신(노드 70)

[그림 9][그림 10]은 node 수 70개에 대한 성능을 그

래프로 나타낸 것이다. 제어패킷의 수가 node 수 30일 때처럼 확연히 줄어들지는 않았지만 AODV보다는 제안하는 프로토콜의 제어패킷 수가 더 적다는 것을 볼 수 있다. 데이터 패킷의 지연에 따른 수신량 역시 제안하는 프로토콜이 보다 더 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

V. 결론

컨테이너 터미널 장치장 환경은 이동성을 갖는 수 많은 장비들의 특성으로 인하여 Ad-hoc 네트워크 구축 시 노드간 경로단절이 빈번하게 발생한다. 이러한 상황에서는 경로 재탐색을 위한 제어패킷의 증가로 인해 네트워크 전체 성능을 크게 떨어뜨리는 주요 원인이 된다. 이러한 환경에서는 경로설정 단계에서부터 네트워크의 상황을 반영한다면 실시간으로 변하는 토폴로지에 빠른 대응을 할 수 있다. 이에 RFID 태그를 활용하여 위치에 따른 RREP의 대기시간을 조절하는 LAODV 라우팅 프로토콜을 제안하였고, RFID 태그의 위치에 따른 장치장내의 최대 무선전송 범위를 예측하는 본 방식의 성능 평가를 한 결과 경로 생성을 위한 제어패킷의 발생 빈도가 줄어들었음에도 불구하고 사용자 데이터 패킷의 량은 기존방식보다 더 많이 수신하였음을 알 수 있었다. 또한, 컨테이너 터미널 장치장에서 그 쓰임새가 날로 커지는 능동 태그를 사용함으로써 인해서 GC, TC의 YT에 대한 작업 요청이 신속하게 이루어져 장치장 생산성 향상에 크게 도움이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] 최용록, “RFID 적용에 따른 부산항과 상해항의 경쟁력 비교”, 정석물류통상연구원, 2009(1).
- [2] 최종희, “항만물류 선진화를 위한 RFID 기술 도입 방안”, 한국해양수산개발원, 2007(12).
- [3] 표철식, “흔히 보이는 RFID/USN”, 전자신문사, 2008(6).

[4] 이근호, "RFID HANDBOOK", 영진.com, 2004(3).
 [5] 안승범, "해운항만 물류정보시스템", 박영사, 2009(2).
 [6] 정희영, "MANET(Mobile Ad-Hoc NETwork)의 연구 동향," 정보통신진흥연구원, 주간기술동향 866호, 1999.
 [7] 김상하, "이동 Ad Hoc 네트워크 라우팅 프로토콜 기술", 전자특집Ⅱ Ad Hoc, 전자 제108호, 2009(9).
 [8] 권혜연, "이동 Ad hoc 네트워크 기술 동향", 전자통신동향분석, 제18권, 제2호, 2003.
 [9] 구분준, "AODV 라우팅 프로토콜의 개요와 발전 방향", 한국정보과학회, 학술발표회 논문집 31권 제1호(A), 2004(4).
 [10] 김현창, "Ad Hoc 네트워크에서 Time stamp를 이용한 AODV 프로토콜의 최적화", 연세대학교, 석사학위논문, 2001(12).
 [11] <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
 [12] 홍윤식, "노드 이동성을 고려한 적응형 AODV 알고리즘", 정보과학회논문지, 정보통신 제35권 6호, 2008(12).
 [13] 양창호, "차세대 컨테이너 터미널 운영시스템의 기술개발 방향과 전략수립에 관한 연구", 한국해양수산개발원, 2003.
 [14] 이승주, "컨테이너 터미널 장치장에서의 RFID 기반 Ad-hoc 네트워크 구축방안", 동명대학교, 석사학위논문, 2008(12).
 [15] 박두진, "USN 기반의 유비쿼터스 항만운영시스템 구현 방안에 관한 연구", 한국해양대학교, 박사학위논문, 2007.
 [16] 이봉희, "유비쿼터스 항만을 위한 위치기반 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜 연구", 동명대학교, 석사학위논문, 2010(12).
 [17] <http://www.kbct.co.kr/>
 [18] 김 철, "OPNET 기초다지기", 홍릉과학출판사, 2008(1).

저 자 소 개

이 봉 희(Bong-Hee Lee)

준회원



- 2008년 2월 : 동명대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2010년 2월 : 동명대학교 전기전자정보통신공학과(공학석사)

<관심분야> : ad-hoc 네트워크, RFID/USN

최 영 복(Young-Bok Choi)

종신회원



- 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