

RFID 물류창고 시스템을 위한 애드 호크 라우팅 프로토콜에 관한 연구

우수창, 이신형, 유 혁
고려대학교 컴퓨터학과 운영체제 연구실
e-mail : scwoo@os.korea.ac.kr, shlee@os.korea.ac.kr, hxy@os.korea.ac.kr

A Study on Ad hoc Routing Protocols for RFID Warehouse Systems

Su-Chang Woo, Shin-Hyoung Lee, Hyuck Yoo
Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

RFID 기술은 직접 접촉하거나 가시대역 상에 스캐닝을 할 필요가 없는 장점 때문에 다양한 분야에 활용되고 있으며, 특히 유통·물류분야에 부각을 나타내고 있다. 본 논문에서는 대표적인 애드 호크 라우팅 프로토콜인 DSR, AODV, CBRP, DSDV의 특성을 간략히 살펴 본 후, RFID를 기반으로 하는 물류창고 시스템의 특성을 반영하여, 앞서 언급한 라우팅 프로토콜들을 서로 비교하고, 장단점을 찾아본다.

1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification)는 물체나 동물 또는 사람 등을 식별하기 위해 전자기 스펙트럼 부분의 무선 주파수 내에 전자기 또는 정전기 커플링 사용을 통합시킨 기술이다. RFID는 직접 접촉을 하거나 가시대역 상에 스캐닝을 할 필요가 없다는 장점 때문에 각 분야에서 활발히 연구되고 있다. 특히, 이 기술은 유통·물류분야에 부각을 나타내고 있다. 이미 미국의 월마트에서는 오는 2006년부터 주요 공급업체를 상대로 전자 태그 사업을 시범 운영할 것을 계획하고 있으며, 메트로 등 유럽 선진국가들의 대형 유통업체들도 잇따라 사업 계획을 내놓고 활발한 추진 중에 있다.

RFID 물류창고 시스템은 고유한 식별자(ID)를 가지는 태그가 부착된 상품과 이 태그 정보를 읽을 수 있는 RFID 리더(Reader), 그리고, 태그 정보를 물류시스템에 전달하는 RFID-미들웨어(Middleware)로 구성된다. 여기서, 물류창고 시스템의 운영 방식을 고려해보면, 각각의 상품들의 입·출고는 창고의 입구에서 확인될 수 있으며, 정확한 재고의 확인을 위해서는 입·출

고 시의 확인 이외의 절차가 필요하다. 입·출고 시에 입구에서 이루어지는 확인 절차는 입구에 설치된 고정된 RFID 리더를 통해 확인될 수 있지만, 창고 내에 적재된 상품에 대한 재고 조사는 창고를 모두 포괄하여 스캔할 수 있는 RFID 리더들을 설치하거나, 이동성을 지닌 RFID 리더들을 활용하여야 한다. 전자의 경우는 많은 수의 RFID 리더들을 설치해야 하므로, 후자에 비해 많은 비용이 요구되기 때문에 비효율적이다. 본 논문에서는 후자와 같이 물류창고 내에 이동성을 지닌 RFID 리더들이 상품에 부착된 태그 정보를 읽어서 RFID-미들웨어를 통해 물류시스템에 전달하는 상황을 가정한다.

이동성을 지닌 RFID 리더 단말에서 읽은 태그 정보를 RFID-미들웨어로 전달하기 위해서는 리더 단말과 RFID-미들웨어 서버 간의 네트워크 망이 구성되어야 한다. 앞서 언급한 것과 같이 RFID 리더 단말과 RFID-미들웨어 서버 간의 통신은 물류창고 내의 재고 조사 시에 필요하다. 재고 조사의 경우 빈도가 높지 않기 때문에(일 단위 이상), 재고 조사를 위해 물류창고 전체에 네트워크 인프라를 설치하는 것은 효율적

이지 못하다. 그러므로, 인프라 없이 사용할 수 있는 애드 혹 환경의 적용이 효율적이며, RFID 물류창고 시스템의 특성을 반영하는 애드 혹 라우팅 프로토콜에 대한 고려가 필요하다.

애드 혹 라우팅 프로토콜은 Proactive 와 Reactive, Hierarchical 로 분류된다. Proactive 프로토콜은 table-driven 프로토콜로도 불리며, 대표적인 예로는 DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector) [7]와 WRP(Wireless Routing Protocol) [8], TORA(Temporally-Ordered Routing Algorithm) [9], OLSR(Optimized Link State Routing) [10] 가 있다. Reactive 프로토콜은 on-demand 프로토콜로도 불리며, 대표적인 예로는 AODV(Ad hoc On Demand Distance Vector) [4,5]와 DSR(Dynamic Source Routing) [2,3]이 있다. Hierarchical 프로토콜의 대표적인 예로는 CBRP(Cluster based routing protocol) [6]을 들 수 있다. 본 논문에서는 DSR, ADOV, CBRP, DSDV 를 RFID 물류창고 시스템의 특성을 고려하여 비교한다.

다음 장에서는 본 논문에서 다루고자 하는 물류창고 시스템에 대해 정의하고, 3 장에서는 대표적인 애드 혹 라우팅 프로토콜인 DSR, ADOV, CBRP, DSDV 에 대해 알아보고, 4 장에서는 지연시간과 오버헤드 등을 기준으로 라우팅 프로토콜 간의 비교를 통해 RFID 물류창고 시스템에 적합한 라우팅 프로토콜을 고려해본다. 마지막으로, 5 장에서 결론을 내리는 것으로 본 논문은 구성된다.

2. RFID 물류창고 시스템

RFID 물류창고 시스템은 서론에서 간략히 언급한 것과 같이 태그를 부착한 상품과 태그 정보를 읽는 RFID 리더, 그리고, RFID 리더 단말에 의해 수집된 태그 정보를 물류시스템에 전달하는 RFID-미들웨어로 구성이 된다.(그림 1)

RFID 태그는 고유한 식별자를 가지며, 물류창고에 저장되는 상품에 부착되게 된다.

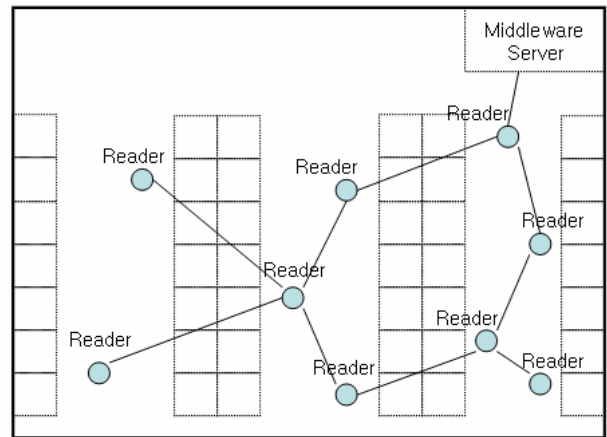
RFID 리더는 무선 네트워크를 기반으로 리더 단말 간에 애드 혹 네트워크를 구성한다. RFID 리더 단말은 물류창고 내에서 이동하며 상품에 부착된 태그 정보를 읽어 RFID-미들웨어로 전송하는 역할을 담당한다. 이 단말은 이동성을 지녀야 하기 때문에 작은 메모리 용량, 낮은 연산 능력, 배터리와 같은 제한된 전력을 가진다.

RFID-미들웨어는 RFID 리더 단말이 보내온 태그 정보를 전체 물류시스템에 전달하는 역할을 담당한다.

RFID 물류창고 시스템의 운영은 크게 입·출고 시의 재고 조사와 창고에 적재된 상품의 재고 조사로 나눌 수 있다. 입·출고 시의 재고 조사는 물류창고의 입구에 위치한 RFID 리더를 통해 수행된다. 적재된 상품의 재고 조사는 물류창고 내에 적재된 상품과 데이터베이스에 저장된 상품 목록을 정확히 일치시키기 위해, 입·출고 시 재고 조사에서 누락된 정보 등을 보완하기 위한 부가적인 일로 이런 재고 조사는 일(하루) 단위 이상으로 이루어 진다.

RFID 물류창고 시스템에서 RFID 리더가 읽은 태그

정보는 RFID-미들웨어에 확실히 전달이 되어야 한다. RFID 리더가 태그를 읽는 속도는 리더에 따라 차이가 있지만, 초당 수십에서 수백 개의 태그들을 읽기 때문에 작은 메모리 용량을 가진 RFID 리더 단말은 적은 지연시간이 요구된다. 또한, 리더 단말은 제한된 전력을 이용하기 때문에 오버헤드로 인한 부가 프로세스를 줄여야 한다. 마지막으로, 태그 정보를 손실 없이 적은 비용으로 RFID-미들웨어로 전달하기 위해 RFID 리더 단말이 가지는 이동성이 네트워크 위상 변화에 반영되어야 한다. 이런 특성들이 고려된 애드 혹 라우팅 프로토콜이 필요하다.



(그림 1) RFID 물류창고 시스템

3. 애드 혹 라우팅 프로토콜

3.1 DSR 라우팅 프로토콜

DSR(Dynamic Source Routing) 라우팅 프로토콜[2,3]은 소스 라우팅을 기반으로 한다. 소스 라우팅은 송신자가 경로를 결정 한 후에 패킷에 경로를 포함하여 전송하고, 중간 호스트는 패킷에 포함된 경로를 통해 패킷을 전달한다.

DSR은 route discovery 와 route maintenance 의 두 가지 오퍼레이션을 가진다. 패킷 전송 시에 목적지까지의 경로를 모르는 경우, route discovery 프로세스가 수행된다. 목적지 주소를 담은 RREQ (Route Request) 메시지를 브로드캐스팅하면, 이 메시지를 받은 호스트는 자신이 목적지인지 혹은 목적지로 가는 경로를 가지고 있는지 여부를 확인하여, 경로에 대한 응답을 할 수 있으면 RRES (RRES, Route Response) 메시지를 보내고, 할 수 없는 경우 RREQ 의 route record 에 자신의 주소를 추가하여 다시 브로드캐스팅한다.

호스트가 이동하게 되면 기존의 경로가 변경될 수 있다. 이런 변화를 빠르게 적용하기 위해, 각각의 호스트는 패킷을 전달하는 링크를 주시하다가, 패킷 전달이 실패할 경우, RERR(Route Error) 메시지를 전송하여 유효하지 않은 루트를 제거한다.

3.2 AODV 라우팅 프로토콜

AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector routing) 라우

팅 프로토콜[4,5]은 DSR 과 비슷한 on-demand 라우팅 프로토콜이지만, 라우팅 정보를 유지하는 부분은 많은 차이를 보인다. AODV 에서는 하나의 엔트리가 하나의 목적지를 가지는 전형적인 라우팅 테이블을 유지한다.

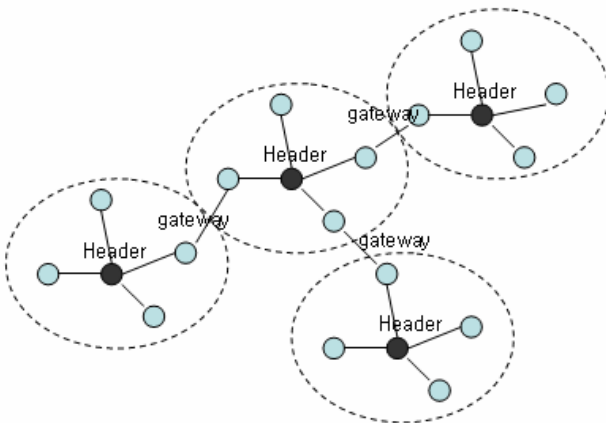
DSR 과 비슷하게, AODV 는 루트를 찾기 위해 RREQ 메시지를 브로드캐스팅한다. 이 RREQ 메시지는 목적지까지 전달되거나 목적지까지의 경로를 알고 있는 호스트까지 전달되면서, 역 경로(reverse path)를 생성한다. RREQ 메시지가 목적지에 도착하면 역 경로를 따라 RRES 메시지가 전달되고, 이 과정에서 송신지에서 목적지까지의 경로를 결정하게 된다. 브로드캐스팅되는 메시지에는 연속된 번호를 사용하여 가장 최신 정보만을 이용하게 한다.

AODV 는 지속적인 HELLO 메시지를 주변 노드에 브로드캐스팅하면서 이웃 노드에 대한 정보를 유지한다. 이 정보를 기반으로 RREQ 및 RRES 메시지가 이동하며, 유효하지 않은 노드를 확인한다. HELLO 메시지가 링크 계층의 ACK 확인을 통해, 유효하지 않은 노드가 발생할 경우, RERR 메시지를 브로드캐스팅하여 주변 노드에 이 변화를 라우팅 정보에 반영하도록 한다.

3.3 CBRP 라우팅 프로토콜

CBRP(Cluster Based Routing Protocol) 라우팅 프로토콜[6]은 클러스터를 생성하여, RREQ 와 같은 브로드캐스팅 메시지를 클러스터 헤더들에게만 전달하여, 전체 트래픽을 줄인 라우팅 프로토콜이다. RREQ 메시지를 클러스터 헤더간에 주고 받기 위해서는 각 헤더는 인접한 클러스터 헤더와 게이트웨이(gateway) 노드의 주소로 가지는 클러스터 인접 테이블(cluster adjacency table)을 유지한다.

클러스터 헤더간에 라우팅은 DSR 을 이용하여 목적지를 멤버로 가지는 클러스터 헤더까지의 경로를 결정한다. 패킷의 전달은 클러스터 헤더와 연결된 게이트웨이를 통해 인접 클러스터 헤더로 전달이 되며, 해당 목적지를 클러스터 멤버로 가지는 클러스터 헤더에게 전달된다. 패킷을 받은 클러스터 헤더는 목적지로 받은 패킷을 전달한다.(그림 2)



(그림 2) Cluster based routing protocol

3.4 DSDV 라우팅 프로토콜

DSDV(Destination Sequenced Distance Vector) 라우팅 프로토콜[7]은 대표적인 table-driven 프로토콜로, 각 호스트는 노드의 나이(age) 혹은 시퀀스 번호, 현재 이웃한 노드의 집합, 각 목적지에 대한 엔트리를 가지는 라우팅 테이블을 유지한다. 목적지로 향하는 패킷은 목적지로 향하는 경로의 다음 홉(next hop)을 통하여 전달된다. 시퀀스 번호는 호스트에서 목적지 사이의 정보가 최신임을 나타낸다.

각 호스트들은 주기적으로 자신의 라우팅 테이블과 나이(age)를 주변 노드로 통보한다. 이렇게 전달되는 정보를 통하여 자신의 라우팅 테이블을 업데이트한다.

4. RFID 물류창고 시스템을 위한 라우팅 프로토콜의 비교

애드 혹 라우팅 프로토콜은 table-driven 방식과 on-demand 방식에 따라 기본적인 차이를 보인다. table-driven 방식은 주기적인 정보를 주고 받음으로써 각 목적지에 대한 경로 정보를 언제나 즉시 사용할 수 있다. 이에 반해, on-demand 방식은 패킷을 전송할 경우에 경로를 찾기 때문에 언제나 유효한 경로를 이용할 수 있다. 또한, 주기적인 정보를 통하기 보다는 실시간으로 주시함으로써 경로를 유지하기 때문에 노드의 이동 등에 따른 위상 변화에 빠르게 대처할 수 있다. 이런 기본적인 차이 외에도 각각의 프로토콜들은 다음과 같은 고려사항에 따른 장단점을 가진다.

RFID 물류창고 시스템을 위한 애드 혹 네트워크에서는 경로 설정을 위한 지연시간(on-demand 의 경우)과 오버헤드, 노드 이동으로 인한 네트워크 위상 변화를 빠르게 반영할 수 있는지에 대해 고려해 보아야 한다.

RFID 리더 단말은 이동성을 가지기 위해, 작은 메모리 용량과 낮은 연산 능력을 가진대 반하여, RFID 리더의 성능은 초당 수십에서 수백 개의 태그 정보를 읽어 올 수 있다. 그렇기 때문에, 읽어 들인 태그 정보를 RFID-미들웨어 서버로 전달하기 위해서는 경로 설정에 대한 지연시간이 짧아야 한다. [1]의 실험 결과에 따르면, CBRP 와 DSR 과 같은 소스 라우팅을 이용하는 경우 지연시간이 다른 프로토콜에 비해 크게 나왔다. 또한, RFID 리더 단말은 배터리와 같은 제한된 전력을 이용하기 때문에, 라우팅을 위한 오버헤드가 적어야 전력 소비를 줄일 수 있다. 오버헤드의 측면에서 보면, 주기적인 메시지를 가지지 않는 DSR 이 가장 작은 오버헤드를 가지며, 클러스터 내에서만 브로드캐스팅을 하는 CBRP 가 주기적인 HELLO 메시지를 발생하는 AODV 에 비해 적게 나타났다[1].

RFID 물류창고 시스템의 특성상 RFID 리더 단말이 읽어 들인 태그 정보는 반드시 RFID-미들웨어로 전달되어야 한다. 이를 위해서는 RFID 리더 단말의 이동성으로 발생하는 네트워크 위상 변화를 라우팅 정보에 확실히 반영되어야 한다. DSR 이나 CBRP 의 경우, 소스 라우팅을 하기 때문에 위상 변화를 빠르게 적용

시킬 수 있지만, 동일한 경로에 집중되는 경향이 있기 때문에 병목현상으로 인한 혼잡 상황이 링크의 문제로 인식되어 새로운 문제를 발생 시킬 수 있다. DSDV 나 AODV 의 경우, 정보교환의 주거나 HELLO 메시지의 주기가 RFID 리더 단말의 이동 속도를 충분히 반영할 수 있도록 작아야 한다. RFID 리더 단말은 사람이거나 지게차 등의 속도를 가지기 때문에, AODV 와 같이 1 초 단위의 HELLO 메시지는 위상 변화에 충분히 대처할 수 있다.

5. 결론

RFID 물류창고 시스템을 위한 애드 혹 네트워크에서 라우팅은 경로 설정을 위한 지연시간과 오버헤드, 네트워크 위상 변화를 적시에 반영할 수 있는지에 대해 고려되어야 한다. 애드 혹 네트워크의 대표적인 라우팅 프로토콜인 DSR, AODV, CBRP, DSDV 에서, 지연시간은 DSR, CBRP 가 다른 프로토콜에 비해 크게 나왔고, 오버헤드는 주기적인 메시지가 없는 DSR 이 가장 작게 나왔고, CBRP, AODV 순으로 크게 나왔다. 네 가지 프로토콜 모두 애드 혹 네트워크를 위해 만들어진 만큼 위상 변화에 대한 반영은 문제가 없으나, DSR 은 특성상 집중된 경로를 사용될 수 있어, 병목현상으로 발생한 혼잡상황이 링크 문제로 인식되어 문제가 발생 할 수 있다.

RFID 물류창고 시스템에 대한 명확한 예나 시나리오를 선정하지 못하여 적합한 라우팅 프로토콜을 제시할 수 없으나, 향후 RFID 물류창고 시스템의 명확한 모델이 제시되면, 이에 적합한 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Azzendine Boukerche, "Performance Evaluation of Routing Protocols for Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Networks and Applications, vol. 9, pp. 333-342, 2004.
- [2] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Computing (Kluwer Academic, 1996) chapter 5, pp.153-181.
- [3] D. B. Johnson, D. A. Maltz and Y.-C. Hu, " The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," IETF Draft, July 2004, work in progress. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt>
- [4] C. E. Perkins and E. M. Royer, " Ad-hoc on-demand distance vector routing," Proc. of 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1999.
- [5] C. E. Perkins, E. M. Royer, and S. Das, " Ad hoc on-demand distance vector (AODV) Routing," RFC 3561, July 2003, Category: Experimental, work in progress. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- [6] M. Jiang, J. Li and Y. C. Tay, "Cluster based routing protocol(CBRP)," IETF MANET Working Group, Internet-Draft, July 1999.
- [7] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) for Mobile Computers," Proc. of the SIGCOMM 1994 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications, Aug 1994, pp 234-244.
- [8] S. Murthy and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "An efficient routing protocol for wireless networks," Mobile Networks and Applications 1, pp.183-197, 1996.
- [9] V. D. Park and M. S. Corson, "A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks," Proc. of IEEE INFOCOM'97, Kobe, Japan, pp. 1405-1413, April 1997.
- [10] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Muhlethaler, a. Qayyum et L. Viennot, "Optimized Link State Routing Protocols for Ad Hoc Networks," IEEE INMIC Pakistan , 2001.