JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 17, No. 10 : 2288~2293, Oct. 2013

RFID 미들웨어를 위한 부하 분산

노영식[1] · 변영철[2] · 이동철[3*]

Load Balancing for RFID Middleware

Young-sik Noh[1] · Yung-Cheol Byun[2] · Dong-Cheol Lee[3*]

[1] Regional Industry Evaluation Agency, Jeju Institute For Regional Program Evaluation, Jeju 690-140, Korea
[2] Department of Computer Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea
[3] Department of Management Information Systems, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

요 약

RFID 미들웨어는 네트워크를 통하여 다수의 리더로부터 다양한 태그 데이터들을 수집하여 식별정보를 처리한다. 한편, 다양한 유비쿼터스 서비스의 등장으로 대량의 RFID 데이터를 처리할 수 있는 미들웨어가 필요하게 되었다. 본 논문에서는 EPCglobal의 ALE 스펙을 기반으로 구현된 RFID 미들웨어를 이용하여 대량의 RFID 데이터를 가공하고 이를 클라이언트 응용에게 제공하기 위한 방법을 제안한다. 클라이언트의 RFID 데이터 수집 및 가공 처리 요청을 분산하기 위하여, 분산 환경에 구축된 여러 대의 RFID 미들웨어의 자원 정보를 수집하고, 각 RFID 미들웨어의 자원 사항에 따라 클라이언트 요청을 처리한다.

ABSTRACT

An RFID middleware system that can process a large volume of RFID data became necessary with the advent of various kinds of ubiquitous services. In this paper, we propose a method to process massive RFID data and provide it to client applications based on ALE-compliant RFID middleware systems. To distribute the requests to collect and process the RFID data from clients, the proposed system gathers the resource information for RFID middleware systems and processes the requests from clients according to the information.

키워드 : RFID, ALE, 미들웨어, 부하분산

Key word : RFID, ALE, Middleware, Load balancing

접수일자 : 2013. 06. 04 심사완료일자 : 2013. 06. 28 게재확정일자 : 2013. 07. 09

*** Corresponding Author** Dong-Cheol Lee(E-mail:dchlee@jejunu.ac.kr, Tel:+82-64-754-3185)
Department of Management Information Systems, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.10.2288 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 라디오 주파수 신호를 이용하여 자동으로 사물을 식별하는 기술로써 유비쿼터스 실현을 위한 핵심 기술로 부각되고 있다[1]. 유비쿼터스 실현의 핵심 기술인 RFID 기술이 중요해짐에 따라 기술의 표준화가 요구되었고, EPCglobal에서 RFID와 관련된 Hardware, Software 기술에 대한 국제 표준을 제정하였다[2,3].

RFID 미들웨어는 RFID 장치와 응용 사이의 계층에 위치하여 장치와 응용간의 독립성을 제공한다. 최근 들어 RFID 기술은 물류, 유통, 의료, 항만, 제조 등 다양한 환경에 적용되고 있으며 사업자의 필요에 따라 서로 다른 종류의 RFID 장치를 사용한다. 이러한 장치의 비일관성은 다양한 응용에서 RFID 리더를 통해 직접 태그 데이터를 수집하도록 만든다[4]. 다양한 유비쿼터스 응용에 RFID 미들웨어를 활용하기 위해, 국제 표준 스펙을 기반으로 구현된 RFID 미들웨어를 이용하여 대량의 RFID 데이터를 처리할 수 있도록 분산 환경을 구축하고, 효과적으로 클라이언트의 RFID 데이터 수집 및 가공 처리 요청을 분산 할 수 있는 방법이 필요하다[5].

기존 RFID 미들웨어의 부하 분산 시스템에서는 CPU 사용율과 클라이언트의 RFID 태그 데이터 수집 및 가공 처리 유형이 기술된 ECSpec의 수, 논리 리더에서 수집되는 RFID 태그 데이터의 수, RFID 미들웨어서 처리하고 있는 데이터의 수만을 고려하고 있어 부하 분산 처리를 수행하는데, 보다 세부적이고 RFID 미들웨어의 특성을 고려한 부하 분산을 위해서는 추가적인 DB 접속 수, 스레드 처리, 모듈 처리, ECSpec에 기술된 클라이언트의 RFID 태그 데이터 수집 및 가공 처리 주기에 해당하는 이벤트 사이클 처리와 같은 자원 정보가 필요하다.

본 논문에서는 대량의 RFID 데이터를 수집 및 처리하기 위하여 RFID 데이터 수집, 데이터 가공 처리, 클라이언트 요청 처리 등의 기능을 처리하도록 ALE 스펙을 기반으로 구현된 RFID 미들웨어들의 분산 환경을 구축하고, 클라이언트의 요청을 분산 할 수 있는 부하 분산 시스템을 설계 및 구현하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. EPCglobal 네트워크 아키텍처와 부하 분산을 위한 스케줄링 기술에 대하여 2장에서 설명하고, 3장에서는 제안하는 부하 분산 시스템을 설명한다. 4장에서는 시스템 구현 및 실험 결과에 대하여 분석하고, 마지막 5장에서는 본 연구에 대한 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1. EPCglobal 네트워크 아키텍처

EPCglobal 네트워크 아키텍처에서 ALE는 리더로부터 읽혀진 RFID 태그 정보를 애플리케이션 계층으로 전달하는 역할을 하는 미들웨어이다. ALE는 RFID 리더, 관리자, 클라이언트 애플리케이션을 포함하고 있는 환경에서 동작하며, 원리는 다음과 같다.

ALE 관리자는 RFID 리더의 환경 설정 부분을 담당하며, 시스템 환경이 설정되면 EPC 데이터가 리더에서 ALE로 전달된다. 클라이언트는 수신하려는 데이터나 데이터를 갖고 있는 리포트 생성 조건(ECSpec)을 ALE 인터페이스를 통해 지정하고, ALE로부터 ECReport 객체 형태로 정보를 제공받는다.

2.2. EPCglobal 네트워크 아키텍처

일반적으로 부하를 분산시키기 위해 기존 서버 환경에서 사용하는 스케줄링 알고리즘에는 라운드 로빈(Round-Robin), 가중치 기반 라운드 로빈(Weighted Round-Robin), 최소 접속(Least-Connection), 가중치 기반 최소 접속(Weighted Least-Connection) 스케줄링 방법 등이 있다[7-10].

라운드 로빈(Round Robin) 방식은 사용자의 요청이 들어오면 서버에 연결되어 있는 접속자의 수나 네트워크의 응답시간 등은 고려하지 않고 차례대로 서버에게 작업을 할당하는 방식이다. 이 방식은 서버의 수행능력 상태나 네트워크의 상태를 고려하지 않기 때문에 실제 서버 사이에 동적인 부하 불균형이 심각해질 수 있다.

최소 접속(Least-Connection) 방식은 서비스를 사용하는 접속자의 수가 가장 적은 서버로 요청을 직접 연결하는 방식으로 각 서버에서 동적으로 실제 접속한 사용자의 연결 개수를 파악하여 스케줄링을 수행한다.

가중치 기반 라운드 로빈(Weighted Round-Robin) 방식은 실제 서버에 서로 다른 성능 가중치를 부여하여 로드 밸런싱을 수행하는 방식이다. 각 서버에 가중치를

임의로 부여할 수 있으며, 여기서 지정한 가중치 값을 통해 처리 순서를 정한다.

이 방식은 요청에 대한 부하가 지속적으로 발생할 경우 불균형 상태를 초래할 수 있다. 가중치 기반 최소 접속(Weighted Least-Connection) 방식은 가중치 기반 라운드 로빈 방식과 마찬가지로 실제 서버에 서로 다른 성능 가중치를 부여하고, 접속자수를 고려하여 가중치를 부여한다.

Ⅲ. 제안하는 방법

3.1. 개요

그림 1은 본 논문에서 제안하는 ALE 처리 측면의 구조도이다. 제안하는 부하 분산 시스템의 논리 리더 데이터 브로드캐스터(broadcaster)는 RFID 태그 데이터들을 수집하여 미들웨어 분산 시스템의 RFID 미들웨어로 전송하며, 로드 밸런서(load balancer)는 클라이언트의 RFID 데이터 수집 및 가공 처리 요청을 받아 처리할 적절한 RFID 미들웨어를 선정하여 ECSpec 정보와 클라이언트 처리 요청에 따른 ALE API를 호출한다.

처리 요청을 받은 ALE 기반 RFID 미들웨어는 해당 ECSpec에 따라 RFID 데이터를 처리하여 ECReports 형태로 클라이언트에게 전송한다.

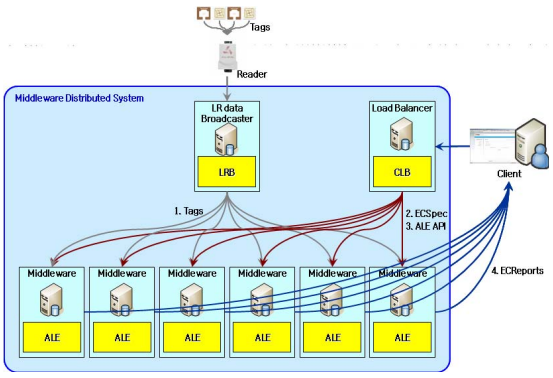

그림 1. ALE 처리 구조
Fig. 1 Structure of ALE Process

3.2. RFID 미들웨어 자원 정보 수집

제안하는 시스템은 클라이언트의 RFID 데이터 수집 및 가공 처리 요청을 분산하기 위하여, 분산 환경에 구축된 여러 대의 RFID 미들웨어의 자원 정보를 수집하고, 각 RFID 미들웨어의 자원 상황에 따라 클라이언트 요청을 처리한다. 이를 위하여 기 구현된 ALE 스펙 기반 RFID 미들웨어의 자원 상황을 하드웨어 자원, 미들웨어 자원, ALE 자원으로 구분하여 개별 저장하며, 부하 분산 시스템에서 자원 정보를 요청할 경우 개별 저장된 자원 정보를 SOAP을 이용하여 XML 형태로 로드 밸런서에 제공한다.

표 1은 본 논문에서 부하 분산을 위하여 수집하는 자원 정보이다

표 1. 자원 정보
Table. 1 information of Resource

자원 구분	자원 정보
하드웨어 자원 정보	프로세스 수, OS 메모리 사용량, CPU 사용률, 힙・논힙・스왑・VM 메모리 사용량, 커넥션(응답) 속도
미들웨어 자원 정보	DB 컨넥션 수, 총 스레드 수, 피크・실행된 스레드 수, 생성된・로드된 클래스 수
ALE 자원 정보	등록된 논리 리더수, 실제 RFID 태그를 수집하고 있는 논리 리더 수, ECSpec 수, Acrive 된 이벤트 사이클 수, 수집된 RFID 태그 수, 가공 처리중인 RFID 태그 수

3.3. RFID 미들웨어의 부하 분산 시스템

그림 2는 본 논문에서 제안하는 대량 RFID 데이터 처리를 위한 부하 분산 시스템의 아키텍처이다. ALE RFID 미들웨어에는 자원 정보 수집, 자원 정보 저장, 자원 정보 제공 모듈이 ALE 스펙을 기반으로 구성된 미들웨어 기능과 함께 구성된다.

자원 정보 수집 모듈은 클라이언트의 RFID 태그 데이터 수집 및 가공 처리를 수행 시에 서버에서 실행되고 있는 CPU 사용률, 메모리 사용량 등의 하드웨어 자원 정보, 미들웨어에서 실행되고 있는 스레드 수 등의 미들웨어 자원 정보, 등록된 논리 리더의 수와 처리되고 있는 태그 정보 등의 ALE 자원 정보를 RFID 미들웨어 분산 환경에 구축된 각 미들웨어에서 수집한다.

자원 정보 저장 모듈은 자원 정보 수집 모듈에서 수집한 하드웨어, 미들웨어, ALE 자원 정보를 공용 데이터베이스에 저장하며, 자원 정보 제공 모듈은 이렇게 저장된 자원 정보를 로드 밸런서에 제공한다.

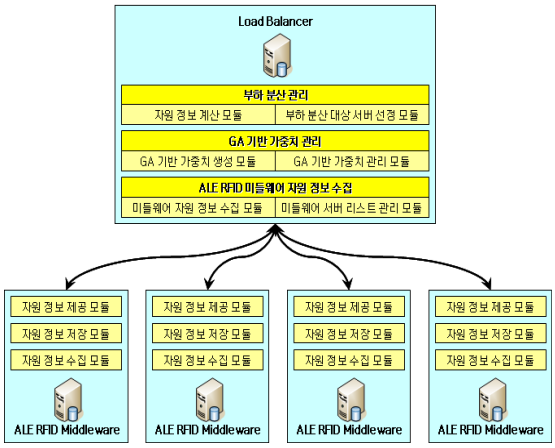

그림 2. 부하 분산 시스템의 아키텍처
Fig. 2 Architecture of Load Balancing System

부하 분산 시스템에서 로드 밸런서는 미들웨어 서버 리스트 관리, 미들웨어 자원 정보 수집, GA 기반 가중치 생성, 가중치 정보 관리, 자원 정보 계산, 부하 분산 대상 서버 선정 모듈로 구성된다.

미들웨어 서버 리스트 관리 모듈은 RFID 미들웨어 분산 환경에 구축된 RFID 미들웨어의 서버 프로파일 정보를 관리하며, 미들웨어 자원 정보 수집 모듈은 ALE RFID 미들웨어의 자원 정보 제공 모듈을 호출하여 분산 환경에 구축된 각 미들웨어의 자원 정보를 수집한다. GA 기반 가중치 생성과 관리 모듈은 클라이언트의 RFID 태그 데이터 처리 사항이 기술된 ECSpec에 따른 가중치 정보를 생성 및 관리하며, 자원 정보 계산 모듈은 수집된 자원 정보와 생성된 가중치 정보를 바탕으로 종합 자원 정보를 계산하고, 부하 분산 대상 서버 선정 모듈은 자원 정보 계산 모듈에서 계산한 자원 정보를 바탕으로 순위화하여 클라이언트의 RFID 태그 데이터 수집 및 가공 처리를 수행할 ALE RFID 미들웨어를 선정한다.

Ⅳ. 실험 및 고찰

4.1. 실험환경

표 2는 대량 RFID 데이터 처리를 위한 부하 분산 시스템의 구현 및 실험 환경이다.

표 2. 시스템 구현 및 실험 환경
Table. 2 System Implementation and Test Environment

구 분	하드웨어	소프트웨어
Load Balancer System	AMD Single Core 2.00GHz RAM 2048MB	Windows XP Java SDK 1.5
Middleware1	Intel Dual Core 2.00GHz RAM 2048MB	Windows 7 Java SDK 1.5
Middleware2	AMD Quard Core 3.00GHz RAM 2048MB	Windows 7 Java SDK 1.5
Middleware3	AMD Quard Core 3.00GHz RAM 4096MB	Windows 7 Java SDK 1.5
Middleware4	AMD Quard Core 3.00GHz RAM 3072MB	Windows XP Java SDK 1.5

RFID 미들웨어 분산 환경에 4대의 미들웨어 서버를 구성하고, Java 언어를 사용하여 구현 및 테스트하였다.

4.2. 부하 분산 시스템 구현

부하 분산 시스템은 그림 3과 같이 ga, core, db, framework, resource, msg, soap 패키지로 구성된다. ga 패키지의 GALB Weight 클래스는 실수형 유전자 인코딩 방법을 기반으로 초기 유전자를 정의하여 모의 집단을 생성하고, GAApplet 클래스는 GALB Weight 클래스를 바탕으로 유전자 알고리즘의 처리 과정에서 적합도가 높은 유전자를 찾아가는 과정을 JApplet을 이용하여 평균 유전자 값과 평균 적합도 값을 각 세대마다 그래프로 표현한다.

core 패키지의 LoadBalancer 클래스는 부하 분산 시스템에서 클라이언트의 처리 사항을 분산하는 주된 처리를 수행하며, CARULBServiceImpl 인터페이스 구현 클래스는 subscribe 인터페이스가 클라이언트에 의해 호출될 시에 처리되는 부하 분산 과정과 선정된 ALE RFID 미들웨어로 클라이언트의 처리 사항을 전달하는 역할을 수행한다.

db 패키지의 DBConnector 클래스는 부하 분산 시스템의 데이터베이스에 저장된 자원 정보 및 가중치 정보 등을 불러오기 위해 데이터베이스의 커넥션 객체를 관리하고, resource 패키지의 ResourceCollection 클래스는 분산 미들웨어 환경에 구축된 ALE RFID 미들웨어의 하드웨어, 미들웨어, ALE 자원 정보를 XML 형태로 제공받는다.

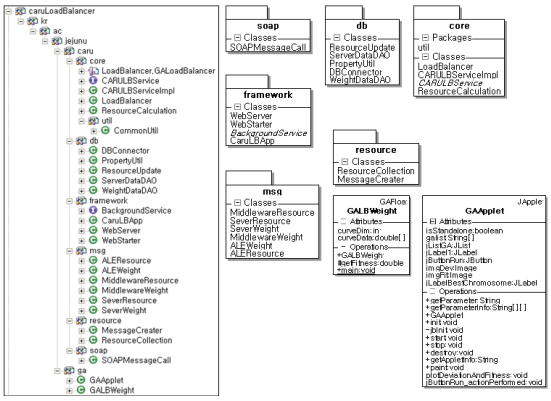

그림 3. 부하 분산 시스템 및 패키지 다이어그램
Fig. 3 Diagram of Package

4.3. 성능평가

그림 4는 기존의 부하 분산 방법인 Round-Robin, Random, Weighted Round-Robin 방법과 본 논문에서 제안하는 GA Weighted(GAW), GA Average Weighted (GAAW) 부하 분산 방법을 실험하여 CPU 사용률의 평균값을 측정한 것이다.

ecspec_lb1부터 ecspec_lb150까지 150개 처리 유형의 ECSpec를 50회에서 500회까지 실험을 하였으며 50회 단위로 5가지 각 부하 방법을 사용하여 CPU 사용률의 평균값을 측정하였다.

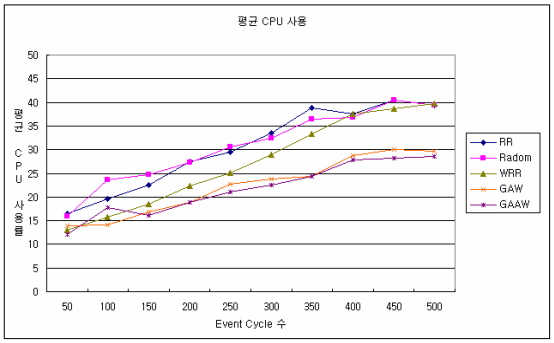

그림 4. 로드 분산에 따른 평균 CPU 사용률
Fig. 4 Average CPU use for Load Balancing

평균 CPU 사용률을 분석한 결과 본 논문에서 제안하는 GA Weighted, GA Average Weighted 방식이 Round-Robin, Random, Weighted Round-Robin 방식 보다 평균 CPU 사용률이 낮음을 알 수 있었으며, 이는 본 논문에서 제안한 GAW, GAAW 방식이 50회에서 500회의 이벤트 사이클 처리에 대하여 4개의 미들웨어로 적절히 부하 분산이 수행되었음을 의미한다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 기 구현된 ALE 스펙 기반 RFID 미들웨어의 부하 상황 정보에 해당하는 자원인 하드웨어 자원, 미들웨어 자원, ALE 자원 정보 등 다양한 부하 정보를 수집하여 효율적인 부하 분산과 미들웨어 분산 환경에 구축된 ALE 기반 RFID 미들웨어들이 일정하게 부하 균형을 이룰 수 있도록 제안하였다.

본 논문에서 제안하는 부하 분산 방법은 기존의 연구보다 대량의 RFID 태그 데이터를 처리할 수 있어 증가되는 RFID 사용 수요에 대한 유비쿼터스 서비스를 효과적으로 제공할 수 있으며, 처리 속도 보다는 대량 및 지속적인 처리와 처리량에 중점을 두어 방대한 RFID 데이터를 처리할 수 있다.

국제 표준 방법을 기반으로 한 RFID 미들웨어에 적용하여 다양한 응용 환경에 적용할 수 있다. 또한, 다양한 유형의 ECSpec 처리사항을 분석하고, 최적화 알고리즘인 유전자 알고리즘을 이용하여 다양한 서버 상황에 대한 가중치 정보를 구하고, 최적의 ALE 기반 RFID 미들웨어 서버 선정에 사용될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

[1] S. Choi, “RFID Industry Trends and Forecasts,” Journal of TTA, vol.95, pp.48-54, 2004.

[2] EPCglobal Inc., [Internet]. Available: http://www.gs1.org/epcglobal/

[3] EPCglobal Inc., “The Application Level Events (ALE)

Specification version 1.1 Ratified Standard," Part I: Core Specification, 2008.

[4] J. Hwang, T. Cheong, Y. Kim, Y. Lee, "Trends of RFID Middleware Technology and Its Applications", Journal of Electronic Communication Trend Analysis, vol.20, no.3, 2005.

[5] B. Park, "RFID Middleware System based on XML for Processing Large-Scale Data," Journal of Korea Contents Association, vol.7, no.7, pp.31-38, Jul. 2007.

[6] EPCglobal Inc., "The EPCglobal Architecture Framework," 2005.

[7] W. Chan, J. Nieh, "Group ratio round-robin: An O(1) proportional share scheduler", Tech. Rep. CUCS-012-03, Department of Computer Science, Columbia University, Apr. 2003.

[8] A. Raha, N. Malcolm, W. Zhao, "Hard real-time communications with weighted round robin service in ATM local area networks," *Proc. of First IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS'95)*, pp. 96-103, Aug, 1995.

[9] Yu Shengsheng, Yang Lihui, Lu Song, Zhou Jingli, "least-connection algorithm based on variable weight for multimedia transmission", *Proc. of the WSEAS International Conferences*, pp. 1441-1445, Sep, 2002.

[10] Li-Hui Yang, Sheng-Sheng Yu, "A variable weighted least-connection algorithm for multimedia transmission", Journal of Shanghai University, vol.7, no.3, pp. 256-260, Jul, 2003.

노영식(Young-Sik Noh)

2011년 제주대학교 컴퓨터공학과 박사
2012년 제주대학교 첨단기술연구소 연구원
2012년 ~ 현 (재)제주지역사업평가원 지역산업평가단 선임연구원
※ 관심분야 : 지식기반시스템, 시맨틱 웹, 지능형 컴퓨팅, 유비쿼터스 미들웨어

변영철(Yung-Cheol Byun)

2001년 연세대학교 컴퓨터공학과 박사
2001년 한국전자통신연구원 선임 연구원
2002년 ~ 현 제주대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : 패턴인식, 시맨틱 웹, 지능형 컴퓨팅, 유비쿼터스 미들웨어

이동철(Dong-Cheol Lee)

2002년 성균관대학교 산업공학과 박사
2003년~현 제주대학교 경영정보학과 교수
※ 관심분야 : EC, Agent, MIS 응용