

파이프라이닝 기법을 적용한 USN 물류관리 시스템 효율성 향상에 관한 연구

김석수^{1*}, 정성모¹

¹한남대학교 멀티미디어공학과

A Study on Efficiency Improvement of USN Logistics Management System applied Pipelining Techniques

Seok-soo Kim^{1*} and Sung-mo Jung¹

¹Dept. of Multimedia Engineering, Hannam University

요 약 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술이 발전하면서 다양한 분야에서 이를 활용하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 특히 물류관리 분야에서의 연구가 활발히 진행되고, 세계적인 대형마트 및 대형 물류 창고 등과 연계되어 실제 적용되고 있다. 이렇게 활용도가 높아지고 있는 USN 기술이지만, 완벽하게 실시간으로 데이터처리를 하기란 쉽지 않다. 수천, 수만 개의 센서를 사용하는 초대형 물류창고와 같이 대량의 데이터 값이 오차 없이 수집되어야 하는 분야의 경우, 기존의 데이터처리 방식으로는 실시간 데이터를 수집의 효율성이 낮을 수밖에 없다. 이와 맞물려 하드웨어의 고속화는 이루어졌지만, 소프트웨어적 구현이 미미한 현재, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 파이프라인 기법을 통한 소프트웨어 고속화를 실현 시키는 것이 관건이다. 따라서 본 논문에서는 파이프라이닝 기법을 적용하여 물류관리 시스템의 실시간 데이터 수집의 효율성을 높이고 값의 오차를 줄일 수 있는 USN 물류관리 시스템을 제안하였다.

Abstract Many studies are being applied for various parts of USN (Ubiquitous Sensor Network) technology. The world's large retail stores and warehouses that apply logistic management are also studied. With this, USN technology is increasing in its utilization. However, to handle and process real-time data will never be never easy if these huge warehouses are using too many sensors, and real-time data correction is almost impossible. Software implementation and high-speed hardware are insufficient to solve these complex problems. To solve this problem, a key solution is to implement high-speed software. Hence, this paper suggests a USN logistics management system that applies pipelining techniques for efficiency in real-time data correction and reduces errors of generated values.

Key Words : Pipelining, USN, LMS, Real-time Data Correction

1. 서론

컴퓨팅 패러다임이 변화하면서 이용환경 측면이 사용자 친화적으로 개선되면서 수많은 데이터를 수집하고 관리하여야 하는 분야에 종사하는 관리자의 부담을 줄이고, 보다 다양한 업무를 동적으로 충족시키기 위한 시도들이 이루어지고 있다.

특히 물류의 개념이 기업경영에 적용되어 그 합리화를 추구하는 형태인 물류관리라는 개념을 처음 도입되었을 때에는 주로 마케팅 관점에서 교환기능에 상대되는 개념, 즉 제품이 생산되어 소비부터 이용에 이르기까지 재화의 이동 및 취급을 관리하는 유통이라는 협의의 개념으로 이해되었다. 하지만 2차 대전을 계기로 군사적인 목적에 물류라는 개념이 도입되면서 물류관리는 과거보다 광의

이 논문은 2009학년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

*교신저자 : 김석수(sskim@hnu.kr)

접수일 09년 05월 01일

수정일 (1차 09년 05월 25일, 2차 09년 06월 01일)

게재확정일 09년 06월 17일

로 해석되어 원자재의 생산 공정 투입과정인 조달물류의 영역도 포함하게 되었으며, 최근 물류관리의 개념이 기업에 응용되면서 원자재의 조달에서부터 생산과 상품화 되어 고객에게 인도될 때까지의 전체 흐름을 관리하는 영역으로 확대된 개념으로 이해되고 있다[1].

또한 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing) 환경에 대한 연구가 활발히 진행 되면서 RFID(Radio Frequency Identifier) 시스템에 대한 관심이 높아지게 되면서 필연적으로 USN(Ubiquitous Sensor Network)에 대한 연구도 여러 분야에서 활발히 연구되고 있다.

이처럼 USN 기술의 활용도가 높아지고 있기 때문에 증가하고 있는 데이터를 실시간 처리하기 위한 지속적인 연구가 요구된다. 수천, 수만 개의 센서를 사용하는 초대형 물류창고와 같이 대량의 데이터 값이 오차 없이 수집되어야 하는 분야의 경우, 실시간으로 데이터를 수집하는 것은 기존의 데이터 수집 기술로는 한계에 다다를 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 소프트웨어 성능 향상을 위하여 파이프라이닝 기법을 적용한 데이터처리 방안을 제안하고자 한다.

다양한 분야에서 데이터의 고속처리에 관한 방안으로 CPU 기술이 지속적인 발전을 거듭해 오면서 반도체 제조 프로세스의 향상에 의존해버리는 경향이 발생하였다. 이러한 고속화를 실현하기 위한 소프트웨어 기술은 그 복잡성으로 인하여 아직까지도 활용이 미비한 상태이며, 특히 물류관리 시스템에서의 하드웨어 의존경향이 높다.

따라서 본 논문에서는 소프트웨어 성능 향상을 위하여 파이프라이닝 기법을 통해 데이터 처리의 효율성을 높이고, 기존의 오차 값을 줄일 수 있는 USN 물류관리 시스템을 제안하였다.

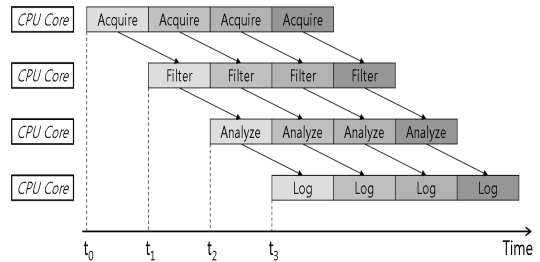
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 소개하고, 3장에서는 물류관리 시스템의 설계를 제안하였으며 4장에서는 결론 및 향후연구에 대해 기술하였다.

2. 관련 연구

2.1 파이프라이닝 기법

파이프라인(Pipeline)이란 CPU의 처리동작을 전술한 시분할 회로에 의해 처리하는 것을 말한다. 대부분의 어플리케이션은 연속적인 다단계 처리구조를 가지고 있는데, 이러한 어플리케이션들에 파이프라이닝 기법을 이용하면 성능 향상이 가능하다. 하지만 파이프라이닝 기법을 적용하기 위해서는 하드웨어적인 요소가 뒷받침되어야 하는데, 쿼드코어용 소프트웨어를 단일코어 하드웨어를

갖고 있는 장치에서 실행을 해도 성능향상을 기대할 순 없다. 이처럼 파이프라이닝 기법은 파이프라인 단계의 수를 결정시, CPU의 코어수를 반드시 고려해야만 한다[2]. 처리시간이 가장 긴 단계가 제한요소로 작용하는 단점이 있지만 단계간의 균형을 조율하는 것으로 극복이 가능하다. 그림 1은 쿼드코어를 사용한 파이프라이닝 기법의 도표이다[3].



[그림 1] 파이프 라인링 기법

이처럼 명령의 처리단계를 나누고, 한 명령의 처리시간 동안에 다른 명령들을 중첩시켜서 수행하는 것을 파이프라이닝이라 한다. 그리고 그림 1처럼 명령을 수행하는 각 단계들이 4개인 것을 4단 파이프라인 구성이라고 부른다. 4단 파이프라인의 기본 처리과정은 크게 표 1과 같다.

[표 1] 4단 파이프라인 기본 처리과정

처리동작	내 용
FET (Fetch)	메모리로부터 명령을 꺼냄
DEC (Decode)	명령 해석
EXE (Execute)	명령 실행
WRB (Write Back)	결과 입력

각 처리과정을 진행할 때마다 하나의 클럭이 소비되는데, 그림 1과 같은 경우는 하나의 명령을 실행하는데 4 클럭이 필요하다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 4단 파이프라이닝을 통한 USN 물류관리 시스템의 효율이 단일 파이프라이닝보다 높다는 것에 착안하여 시스템을 제안하였다.

2.2 물류관리 시스템

uID(Ubiquitous Identity)를 이용한 물류관리 시스템은 기존의 Auto ID[4] 시스템과 uID를 결합시킨 시스템으로

uID를 통해서 해당 제품의 정보를 검색한다. 제품을 만든 회사에서는 제품의 상태(서비스, 리콜 등)를 업데이트 할 수 있고, 사용자는 이렇게 업데이트된 제품의 상태를 확인 할 수 있다[5]. 그림 2는 개념적인 물류관리 시스템을 나타낸다.



[그림 2] 물류관리 시스템

그림 2처럼 물류관리 시스템은 제품의 데이터 값을 센싱하면 데이터 수집 서버에 이를 저장하고 분석하여 관리자가 모니터링 할 수 있는 구조를 가지고 있다[6]. 하지만 제품의 상태를 실시간으로 요구하는 경우, 센싱되는 데이터 값이 많다면 하나의 데이터 수집 서버만으로는 이를 실시간으로 처리할 수가 없다.

따라서 본 논문에서는 제품의 상태를 실시간으로 요구할 경우 센싱되는 데이터 값이 많더라도 이를 실시간으로 처리할 수 있는 시스템의 구조를 제안하였다.

3. 파이프라이닝 기법을 적용한 물류관리 시스템

3.1 4단 파이프라인

일반적으로 각공정의 처리에 필요한 시간이 다르기 때문에 파이프라이닝 기법을 깨끗이 적용하기 위해서는 최소 6개의 공정으로 나뉘어서 처리를 행해야 한다. 표 2는 6개의 분할 공정을 나타낸다.

[표 2] 분할 공정

처리동작	내 용
명령 FET	메모리로부터 명령을 꺼냄
DEC	명령 해석
ADR	연산수의 어드레스 산출
연산수 FET	연산수를 꺼냄
EXE	명령 실행
WRB	결과 입력

표 2와 같이 6개의 분할 공정을 거친다 하더라도 각공정의 처리시간 차는 생기기 때문에 각 공정을 클럭 (Clock)을 기초로 그림 3과 같이 한층 더 분할해 주어야

한다.



[그림 3] 클럭을 기반으로 한 단계 더 시분할 된 파이프라이닝

파이프라인은 물리적인 처리속도만을 생각하면 단수가 많을수록 처리는 빨라지고, 하나의 클럭 당 하나의 명령 실행에 한하지 않고 접근한다. 실제 CPU에서는 20단 이상인 구성도 있다. 파이프라인은 시분할에 의해 복수의 명령을 처리할 수 있다는 메리트가 있는 반면, 복수의 명령이 동시에 행해질 수 있기 때문에 하나의 명령이 확정되기 전에 다음의 처리가 행해질 수 있어서 앞의 명령에서 반환했던 연산수의 값을 다음의 명령에 반영할 수 없다. 그러나 이러한 문제점은 지연 로드처리, 지연 분기 처리 및 분기 예측 처리 구조를 이용하여 극복이 가능하다.

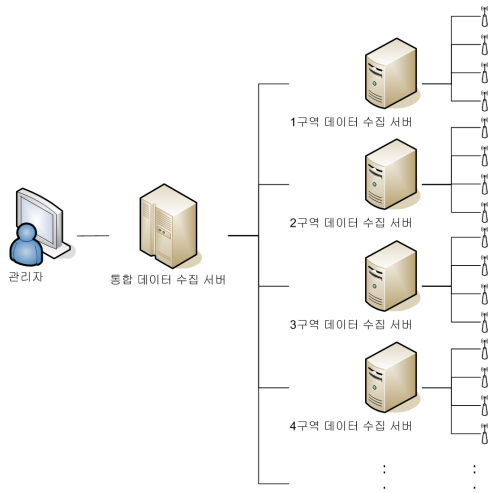
단일 코어의 시간당 명령 처리량은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$1 \text{ op} / t \tag{1}$$

이는 단위시간에 하나의 명령만을 처리할 수 있는 것이므로 효율성이 낮다. 그러나 그림 3과 같은 4단 파이프라이닝을 통하여 처리를 하게 되면 다음과 같이 효율성이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

$$(4+3+2+1) / 4 \text{ op} = 2.5 \text{ op} / t \tag{2}$$

앞의 그림 2와 같은 소규모 물류관리 시스템의 경우는 단일 코어와 4단 파이프라이닝을 통하여 데이터 수집을 처리할 경우 속도차이는 거의 느끼기 힘들다. 오히려 4단 파이프라이닝은 각 공정의 처리시간 차로 인하여 단일코어가 더 빠른 데이터 처리 속도를 보일 가능성이 높다. 하지만 그림 4와 같이 대량의 데이터를 처리할 경우 성능의 차이를 보이게 된다.



[그림 4] 대량 물류관리 시스템의 예

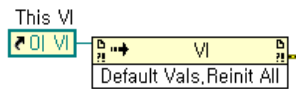
3.2 테스트 시스템 구현 및 분석

그림 4는 대량의 물류관리 시스템의 개략적인 도표이다. 각 구역의 데이터 수신 서버는 약 1,000개의 데이터를 센싱할 수 있다고 가정할 때, 10개의 구역에서 데이터를 수집할 경우 통합 데이터 수집 서버에 일시적으로 수신되는 데이터의 양은 10,000개로 일반적인 단일코어는 이를 실시간으로 처리할 수 있는 능력이 없다.

따라서 본 연구에서는 단일코어를 사용한 물류관리 시스템의 취약점을 분석하여 4단 파이프라인을 적용하였다.

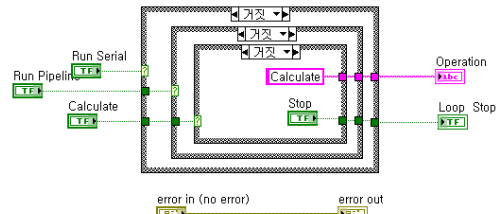
임의의 데이터 값을 랜덤 생성하기 위한 Create Matrixes 함수를 설계하고, 각 데이터를 배열로 분할하였다. 그리고 Matrix Multiply 함수에 시프트레지스터를 적용하여 각각의 코어에 처리과정을 할당한 뒤, 실행에 걸린 속도를 계산하도록 설계하였다.

4단 파이프라인의 핵심 구조 다이어그램은 다음과 같다.



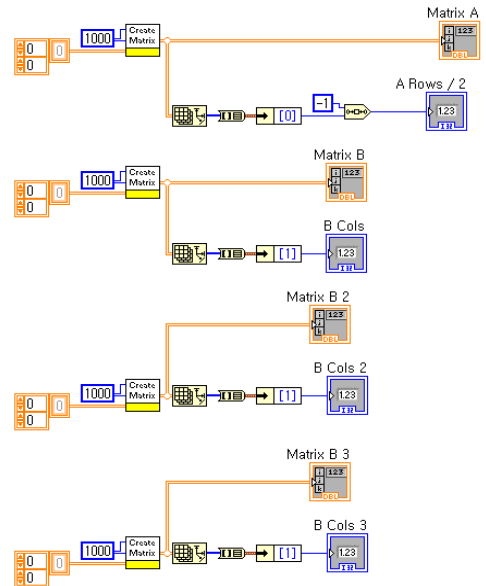
[그림 5] 기본 값으로 초기화

그림 5는 실행된 프로그램의 데이터를 기본 값으로 초기화 하여 테스트를 실행 준비를 한다.



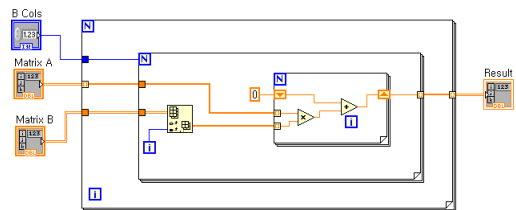
[그림 6] 실행 선택 다이어그램

그림 6은 단일코어 또는 4단 파이프라이닝을 적용했을 경우를 선택하여 성능 테스트를 시행할 코어를 지정해 준다.



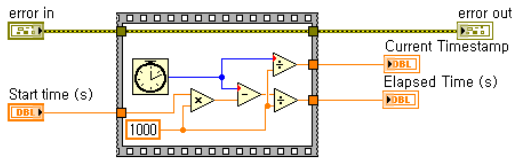
[그림 7] 4단 파이프라이닝에서 처리할 데이터 생성

그림 7은 4단 파이프라이닝을 적용한 코어가 처리해야 할 데이터를 임의로 생성한다.



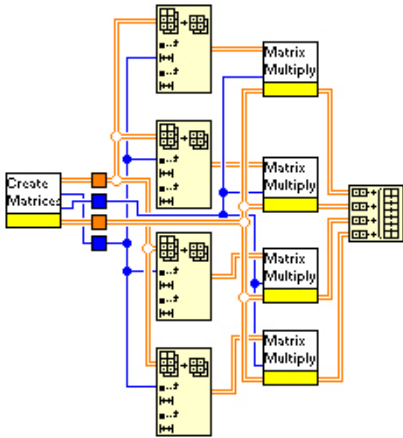
[그림 8] 멀티플렉스 데이터 처리를 통한 결과 값 추출

그림 8은 결과적으로 처리된 데이터 값을 추출하고 표시하는 메서드다.



[그림 9] 데이터 처리 시간 측정

그림 9는 추출된 결과 값을 토대로 시간을 측정하여 데이터 처리시간이 얼마나 걸렸는지를 확인할 수 있도록 한다.



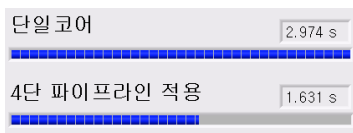
[그림 11] 4단 파이프라이닝 기법 적용한 데이터 처리

마지막으로 그림 11은 4단 파이프라이닝 기법을 적용하여 Create Matrices 메서드와 Matrix Multiply 메서드를 적용하여 배열처리한 부분이다.

4. 성능결과 비교분석

4단 파이프라인의 데이터 처리 효율성 증명을 위하여 테스트 프로그램은 10,000개의 임의의 데이터 값을 랜덤 생성하여 단일코어만을 사용하여 데이터를 처리하는 모듈과 4단 파이프라인을 적용하여 데이터를 처리하는 모듈을 비교할 수 있도록 설계하였다.

테스트 프로그램 실행결과는 그림 10과 같다.



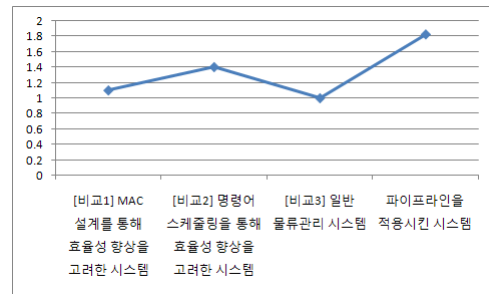
[그림 10] 처리속도 비교

위와 같은 테스트 프로그램을 이용하여 단일코어와 파이프라인이 적용된 경우의 속도차이는 다음과 같다.

$$2.974s / 1.631s \div 1.82 \quad (3)$$

이론적으로 4단 파이프라인을 적용하였을 때, 단일코어와의 속도차이는 2.5배이다. 하지만 테스트를 실행한 하드웨어적인 특성과 프로그램의 특성상 1.82배의 속도 차이를 보인다. 이것은 이론적으로 2.5배의 속도차이를 보이더라도 실제 적용 시에는 이론보다 조금 낮은 속도 차이를 보이는 것임을 증명한다.

본 연구의 효율성 검증을 위하여 실시간 정보 제공을 위한 MAC 설계를 통하여 효율성을 향상시킨 연구[7]와 소프트웨어 파이프라인 명령어 스케줄링을 통하여 효율성을 향상시킨 연구[8] 그리고 파이프라인을 적용하지 않은 물류관리 시스템에 관한 연구[9]를 비교분석을 하였으며 그래프를 통하여 분석한 내용은 다음과 같다.



[그림 12] 성능 평가를 위한 비교분석 그래프

본 연구에서는 파이프라인을 적용한 소프트웨어 설계를 통하여 효율성을 재고하였다. 이처럼 실시간 (Real-time)으로 데이터수집이 필요한 물류관리 시스템의 경우, 본 논문에서 제안한 파이프라인 기법을 적용하게 되면 효율성이 높고, 발생할 수 있는 오차 값을 줄일 수 있는 시스템을 구현할 수 있다.

5. 결론

물류관리 시스템이 구동되는 시간은 짧게는 몇 달에서 길게는 몇 년 이상이 소요된다. 그러나 많은 물류관리 업체들이 소프트웨어적인 요소를 등한시하고 하드웨어적인 요소를 통하여 실시간 데이터 수집의 오차 값을 줄이려 하기 때문에 하드웨어 구입에 많은 비용이 소요된다. 이러한 하드웨어 구입비용의 일부를 소프트웨어 개발에 투

자한다면 장기적으로 비용을 절약하며 시스템을 유지할 수 있는 계기가 될 것이다.

본 논문에서는 이러한 하드웨어적 비용 낭비를 줄이기 위하여 기존 하드웨어에서 제공되는 코어의 성능을 활용할 수 있는 파이프라이닝 기법을 적용한 물류관리 시스템을 제안하였다. 또한 그 효율성을 확인하기 위하여 10,000개의 임의의 데이터를 생성하여 단일코어를 통하여 처리하였을 경우와 4단 파이프라인을 통하여 처리한 결과를 나타내는 테스트 프로그램을 구현하였고, 생성된 랜덤 데이터를 4단 파이프라인으로 분할하여 배열로 처리하는 핵심 과정의 구조를 통하여 핵심 구조 다이어그램으로 설명하였다.

향후 연구에서는 물류관리 시스템뿐만 아니라 실시간으로 데이터 수집을 필요로 하는 타 시스템에도 적용하여 각각 역할에 따른 표준 제작 프로세스 개발과 최적화할 수 있는 가이드라인을 제시하는 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 이희승, "물류관리의 시스템화를 통한 물류합리화", 통신개발연구원, 1995.
- [2] Tetsuya Fujihira, "CPU Wa Naniwositeirunoka", Subarusya Corporation, 2002.
- [3] <http://sizuha.egloos.com/2565577>.
- [4] Object Naming Service(ONS) Version 1.0 EPCglobal, <http://www.epcglobalinc.org>, 2005.
- [5] How&Why, "eIS Original v0.9", www.plugc.net, 2004.
- [6] 윤미연, 한영석, 한국인터넷정보학회 2006 춘계학술 발표대회 논문집, 6권 1호, 2005.
- [7] 박만규, 소상호, 김병철, 이재용, 임재한, 손명희, 대한전자공학회논문지, 44권 5호, 2007.
- [8] 이재목, 문수묵, IA-64를 위한 향상된 소프트웨어 파이프라인 명령어 스케줄링, 한국정보과학회 2005 가을 학술발표, 32권 2호, 2005.
- [9] 김광, 김남호, RFID를 이용한 유비쿼터스 기반 창고 물류관리 시스템 개발, 한국지능정보시스템학회 2004 춘계학술대회 논문집, 2004.

김 석 수(Seoksoo Kim)

[종신회원]



- 1989년 2월 : 경남대학교 계산통계학 (이학사)
- 1991년 2월 : 성균관대학교 대학원 (공학석사)
- 1991년 3월 : 정풍물산(주)중앙연구소 주임연구원
- 1997년 3월 : 한국 탐웨어 책임연구원
- 1998년 3월 : 경남 도립 거창전문대학교 교수
- 2000년 3월 : 동양대학교 컴퓨터공학부 교수
- 2002년 2월 : 성균관대학교 대학원 (공학박사)
- 2003년 3월~현재 : 한남대학교 멀티미디어공학과 교수

<관심분야>

USN, 원격교육 및 교육용 콘텐츠, 의료정보 및 원격진료 솔루션, 웹 시스템 구축 및 전자상거래, 유비쿼터스 보안 및 상황인식, 네트워크 및 보안솔루션, 데이터베이스

정 성 모(Sungmo Jung)

[준회원]



- 2008년 2월 : 한남대학교 멀티미디어학과 (공학사)
- 2008년 3월~현재 : 한남대학교 멀티미디어공학과 (공학석사과정)

<관심분야>

USN, 멀티미디어 콘텐츠 제작, 유비쿼터스 보안 및 상황인식, 네트워크 보안, u-Healthcare