
GPS를 이용한 네트워크 시각 서버

황소영* · 유동희**

A Network Time Server using GPS

So-Young Hwang* · Dong-Hui Yu**

요 약

컴퓨터 시스템에서의 시각 메커니즘은 기본적으로 필수적인 요소로써 현재 시각의 유지 및 프로세스 점유 시간, 디스크 I/O 등, 시스템의 각종 성능 평가를 위한 척도이다. 분산 시스템에서 응용 프로세스들은 시스템 내 여러 노드에서 동시에 수행되며 정확한 결과를 얻기 위해서는 노드 간 시각 동기가 이루어져야 한다. 현재 통신망이 보편적 요소가 되면서 분산 환경 구성 및 네트워크 기반 운용이 일반화됨에 따라 시각 동기는 필수 사항이 되었다. 네트워크 시각 서버는 시스템의 지역 클럭을 표준 참조 시각원에 동기시킴으로써 정확하고 정밀한 시각을 획득, 유지하고 표준 시각 동기 프로토콜을 통해 시각 정보를 네트워크에 분배한다. 본 논문은 네트워크 시각 동기를 위한 시각 서버의 설계 및 구현에 대해 제시한다. 시스템은 표준 참조 시각원으로 GPS (Global Positioning System)를 사용하며 NTP (Network Time Protocol)를 통해 표준시 (UTC: Universal Time Coordinated)를 제공한다.

ABSTRACT

Precise time synchronization is a main technology in high-speed communications, parallel and distributed processing systems, Internet information industry and electronic commerce. Synchronized clocks are useful for many reasons. Often a distributed system is designed to realize some synchronized behavior, especially in real-time processing in factories, aircraft, space vehicles, and military applications. Nowadays, time synchronization has been compulsory thing as distributed processing and network operations are generalized. A network time server obtains, keeps accurate and precise time by synchronizing its local clock to standard reference time source and distributes time information through standard time synchronization protocol. This paper describes design issues and implementation of a network time server for time synchronization especially based on a clock model. The system uses GPS (Global Positioning System) as a standard reference time source and offers UTC (Universal Time Coordinated) through NTP (Network Time Protocol). Implementation result and performance analysis are also presented.

키워드

GPS, NTP, 시각 동기, 시각 서버, 클럭 모델

1. 서 론

정밀 시각 기술은 초고속 통신, 병렬/분산 처리 시스템, 인터넷 정보 산업 및 전자 상거래 등에 근

*부산대학교 전자계산학과 박사과정
접수일자 : 2004. 3. 31

**부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 조교수

간이 되는 기술로써 정보화 사회 및 첨단 사회 환경 조성에 필수적으로 요구된다. 동기화 과정(절차)의 목표는 지역 클럭의 안정도 및 정확도를 향상시키는데 있다. 시각 기술에 대한 연구 방향은 정확한 표준 시각원 획득, 로컬 시각원 안정화, 효과적 분배 및 통계적 오류 수정 등 3가지 측면으로 분류해 볼 수 있으며 관련 소재 분석부터 구조 설계, 통신망 기술까지 심도 있는 연구를 필요로 한다. 네트워크 시각 서버는 서버의 지역 클럭을 표준 시각원에 동기시킴으로써 정확하고 정밀한 시각을 획득 유지하는 시스템이다. 또한 이는 표준화된 시각 동기 프로토콜을 통해 시각 정보를 네트워크에 분배하는 기능을 가진다.

본 논문은 네트워크 시각 동기를 위한 시각 서버의 설계 및 구현에 대해 제시한다. 시스템은 표준 참조 시각원으로 GPS(Global Positioning System)를 사용하고 NTP(Network Time Protocol)를 통해 표준시(UTC: Universal Time Coordinated)를 제공한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구로 시각 동기의 필요성과 표준 시각의 획득 및 분배에 대해 다룬다. 3장에서는 네트워크 시각 서버의 설계 요소를 다루며 특히 클럭 모델 설계에 대해 제시한다. 4장에서는 구현 및 성능 평가 결과를 분석하며 5장의 결론으로 끝을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 시각 동기의 필요성

모든 컴퓨터는 컴퓨터 클럭이라 불리는 자체의 시각 기법을 갖고 있으며 이는 현재의 시스템 시각 유지 및 각종 성능 측정의 척도로 활용된다. 즉, 임의 프로세스의 CPU 점유 시간, 디스크 I/O 성능 등을 알아보기 위해서는 정확한 시각 및 정밀한 시각 정보가 필요하게 되고 이를 관리하는 관리자는 이러한 요구에 합당한 관리 및 유지를 해야 한다. 분산 시스템에서 임의의 응용 처리는 시스템 내 다수의 노드에서 동시에 수행되는 여러개의 프로세스로 이루어질 수 있으며 정확한 결과를 얻기 위해 각 노드들의 클럭은 동기화 되어 있어야 한다 [1][2][5]. 현재 네트워크를 기반으로 한 운용 및 분산 처리가 일반화됨에 따라 네트워크 시각 동기는 필수적인 요소가 되었다. 네트워크 운용은 최적화된 네트워크 성능을 끌어내기 위해 시각 동기화된 정보를 요구한다. 에러 및 장애 복구, 문제점 해결 능력에 시각 동기는 주요 요소가 된다. 즉, 시각 동

기 없이 네트워크 프로세스는 동작할 수 없는 것이다 [6]. 시각 동기화 관련된 연구 분야를 아래 [표 1]에 정리하였다.

표 1. 시각 동기 관련 연구 분야
Table. 1 Research area related with time synchronization

	대상	관련연구내용
참조시각	GPS Radio station	클럭 제어 클럭 오류 보정
시각원	원자 시계 수정 발진자	정확도 정밀도 안정도
시각분배	인터넷 Radio방송 Dedicated media	표준 프로토콜 동기화 기법

2.2 표준 시각의 획득

시각원 (Reference Clock)은 표준 시각의 획득 및 시간에 따른 오차를 보정하기 위해 필요하며 외부로부터 도입되어 사용되는 것이 일반적이다. [표 2]는 사용 가능한 시각원을 나타낸 것이다.

표 2. 사용 가능한 시각원
Table. 2 Available reference time source

Time Reference	Source	Precision	특징
GPS Satellite Time Source	1개의 세습 클럭과 2개의 루비듐 클럭을 탑재	$10^{-11} \sim 10^{-12}$ s	지구 어느 곳에서나 최소 6개 이상의 인공위성이 잡혀 고정밀의 시각정보를 확보할 수 있다.
GOES Satellite Time Service	NOAA 에서부터 master clock을 받아 중계	us (10^{-6} s)	2개의 인공위성이 각각 동반구, 서반구에 위치해서 시각정보를 방송한다.
Radio Clocks	Atomic Clock	1ms (10^{-3} s) (received accuracy)	전파전달 조건, 내부 노이즈 레벨 등에 영향을 받는다.
Automated Computer Time Service	인공위성이나 Radio, 또는 직접적인 atomic clock등과 같은 시각제공장치	수십 ms	네트워크를 통해 제공

표에서 보면 환경이나 네트워크의 상태에 민감한 GOES나 Radio, Computer Time Service와는 달리 GPS 인공위성은 총 24개로 구성되며 1개의 세습 클럭과 2개의 루비듐 클럭을 가지고 시각 정

보를 제공하므로 지구상의 모든 곳에서 자신의 위치와 시각을 알아낼 수 있다.

2.3 시각 분배

1985년 이후, 시각 동기 프로토콜로 가장 널리 알려지고 광범위하게 쓰이고 있는 NTP가 인터넷 기반으로 등장 활용되고 있다. 이는 컴퓨터 시스템의 클럭을 라디오, 위성 수신기, 혹은 모뎀을 통한 외부 참조 시각원에 동기화 시키는 것으로 1992년부터 NTPv3가 널리 쓰이고 있다 [3]. 가장 최근의 NTP 버전은 NTPv4로써, 많은 개정이 이루어졌으나 아직 RFC로 공인되지는 않은 상태이다. NTP는 인터넷을 통해 네트워크 지연, 오류 요소 등을 분석 관리함으로써 1초 이하의 정확도를 유지하면서 지역 클럭을 동기화 시킨다. NTP는 시각 동기를 위해 계층적 설계 기법을 갖고 있으며 트리 구조의 최상위에는 표준 시각을 유지하는 stratum-1 클럭이 있고, 이 stratum-1 클럭을 참조, 동기화 시키는 시스템은 stratum-2 클럭이 된다. 이러한 계층 구조는 stratum 16까지 이어진다 [3].

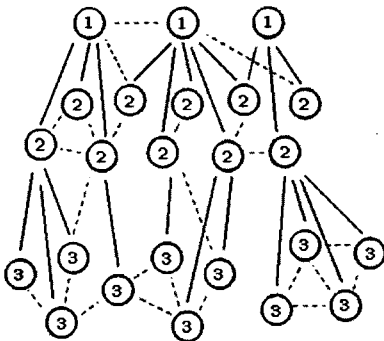


그림 1. NTP 네트워크 토폴로지
Fig. 1 NTP Network topology [3]

III. 네트워크 시각 서버

시각 동기를 위한 네트워크 시각 서버의 설계 고려 사항은 다음과 같다. (1) 표준 시각을 획득하는 방법, (2) 정확하고 정밀한 지역 클럭의 유지 방법, (3) 시각 정보를 분배 하는 방법이다. 본 장에서는 네트워크 시각 동기를 위한 시스템의 기능적 구조와 시각 동기의 요구 조건을 만족시키기 위한 클럭 모델에 대해 제시한다.

3.1 시스템의 기능적 구조

네트워크 시각 동기 시스템은 표준 시각을 획득하는 시각 처리부, 표준 시각을 유지하는 time-keeper, 클라이언트로부터의 요구 사항을 처리하기 위한 패킷 처리부로 구성된다. 기능적 관점에서 살펴본 네트워크 시각 동기 시스템의 구조를 [그림 2]에 나타내었다.

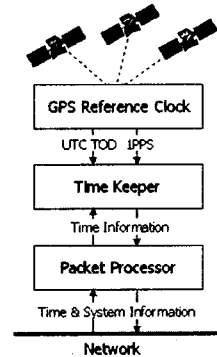


그림 2 시스템의 기능적 구조
Fig.2 Functional Architecture

경제적 측면 및 성능을 고려하여 참조 시각원으로 GPS를 적용하였다. 참조 시각 처리부는 GPS 위성 신호를 처리하는 GPS 엔진과 GPS 엔진을 제어하고 감시하기 위한 관리 태스크가 요구되어 진다. Timekeeper의 동작 구조는 다음 클럭 모델 부분에서 자세히 다룬다. 패킷 처리부는 지역 클럭의 동기를 필요로 하는 클라이언트의 요구 사항을 처리한다. 본 논문에서는 인터넷 기반의 환경을 고려하였다.

3.2 시스템 클럭 모델

시각 동기를 이루기 위한 클럭 모델은 안정적인 시각 유지, 정밀한 해상도를 가진 정확한 표준 시각 제공의 요건을 만족해야 한다. 본 논문에서 제안하는 시각 동기 시스템의 시각 유지 기법을 [그림 3]에 제시하였다.

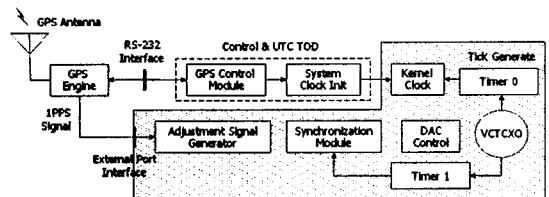


그림 3. 클럭 모델
Fig. 3 Clock model

시스템 클럭은 GPS 위성으로부터 획득한 세계 표준시로 초기화 된다. 시스템은 두가지 타이머를 유지한다. 첫 번째는 NTP를 통한 시각 분배 및 스케줄링, 타이머 시각 관련 함수 등에 관계 하는 커널 클럭을 위한 것, 두 번째는 지역 클럭을 참조 시각원인 GPS에 동기화 시키기 위한 것이다. 전자는 후자의 타이머에 직접적으로 영향을 받는다. 1 초의 시간 간격을 갖는 주기적 신호 (1PPS)는 지역 클럭을 동기화 시키기 위해 외부 인터럽트를 통해 입력되고, 동기화 모듈은 지역 클럭의 오류 분석, 참조 시각원과 두 번째 타이머를 이용해 시각 보정 값을 계산한다. 시각 보정 값은 DAC (Digital Analog Converter)를 통해 지역 시각에 적용된다.

IV. 구현 및 성능 평가

4.1 네트워크 시각 서버의 구현

시스템 구현을 위한 플랫폼은 Advanced RISC Machines, Ltd. (ARM)에 의해 개발된 범용 32-bit ARM7TDMI 마이크로 프로세서를 대상으로 하였다 [7]. 프로세서의 핵심 구조는 Reduced Instruction Set Computer (RISC) 기법을 기반으로 하고 있고, 네트워킹을 위해 이더넷 인터페이스를 적용하였다. 지역 클럭 보정을 위해 GPS 엔진과 VCTCXO (Voltage Controlled Temperature Compensated Crystal Oscillator)를 탑재하였다. 시스템의 하드웨어 구조는 [그림 4]와 같다.

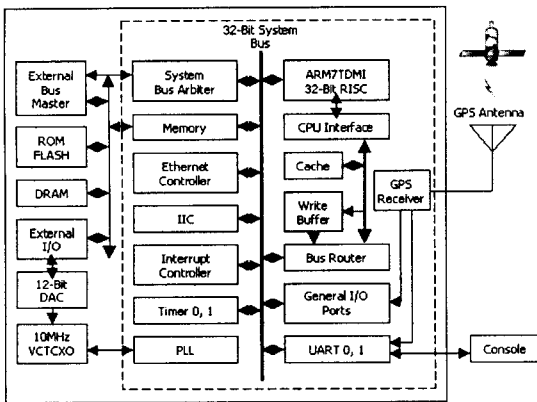


그림 4. 시스템 하드웨어 구조
Fig. 4 Hardware architecture

[그림 5]는 네트워크 시각 동기 시스템의 소프트웨어 구조를 보여준다 [8]. 표준 시각 동기 프로토

콜로서 NTP를 적용하였고, 인터넷 상에서의 시스템 관리를 위해 SNMP (Simple Network Management Protocol)을 채택, 대상 시스템을 위한 MIB (Management Information Base)를 설계 구현하였다. GPS 관리자 (GPS Manager)는 GPS 엔진 제어 및 감시의 역할을 하며 시각 관리자 (Time Manager)는 표준 시각의 획득 및 참조 시각원에 지역 클럭을 동기화 시킨다.

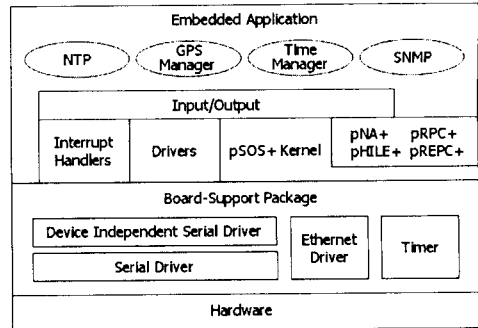


그림 5. 대상 시스템의 소프트웨어 구조
Fig. 5 Software architecture

4.2 성능 평가

대상 시스템의 성능 평가를 위한 실험 환경을 [그림 6]에 나타내었다. 지역 클럭의 안정도 및 정확도를 측정하기 위해 전자 계수기인 HP53132A 범용 카운터를 사용하고, 이 범용 카운터의 성능을 향상시키기 위해 참조 클럭 소스로 HP59551A GPS 동기 모듈을 적용하였다 [9][10]. 범용 카운터의 측정값을 기록하기 위해 IEEE 488 GPIB 인터페이스를 가진 PC를 채택하였다. PC는 감시 및 측정 데이터 기록의 역할을 한다. NTP 소프트웨어가 설치된 리눅스 워크스테이션은 구현된 시각 동기 시스템 및 다른 2개의 공용 시각 서버를 통해 지역 클럭을 동기화 시키고, 구현된 시스템의 정확도를 분석하는 역할을 한다 [11]. 테스트는 대략 2일간 진행되었다.

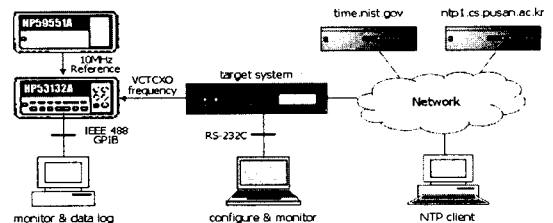


그림 6. 시스템 실험 환경
Fig. 6 Test environment

대상 시스템의 지역 클럭 주파수 측정 결과를 [그림 7]에서 보여주며, 이 결과는 약 $\pm 0.5\text{Hz}$ 의 주파수 오차를 갖고 원래 클럭이 동작해야 하는 명목상 주파수 값에 근접해 감을 보여준다.

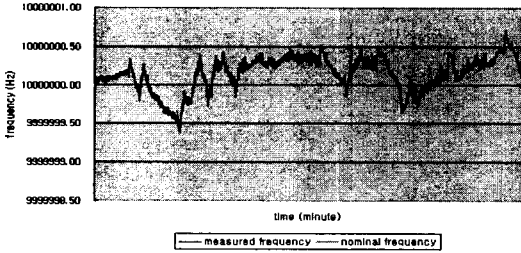


그림 7. 지역 클럭의 주파수 측정 결과
Fig. 7 Frequency result

앞에서도 언급했듯이 시스템 클럭으로 동작하는 수정 발진자는 명목상의 주파수를 갖고 있지만, 물리적 특성 및 온도, 습도 등의 환경적 요인으로 인해 그 주파수를 유지하지 못하게 된다. 즉, 미리 정의된 주파수 값을 얼마나 잘 유지하느냐에 따라 시스템 클럭의 정확도 및 안정도가 결정되는 것이다 [12]. [그림 8]과 [그림 9]는 시스템 클럭의 오프셋과 지터의 변동을 나타내는 것으로써 대상 시스템의 정확하고 안정된 동작의 모습을 보여준다.

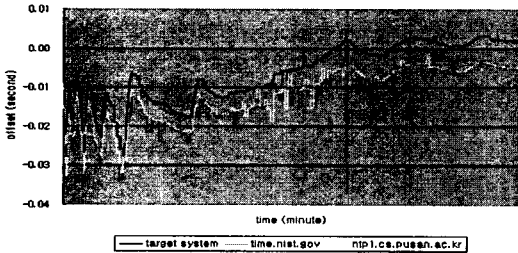


그림 8. 클럭 오프셋의 변화량
Fig. 8 Variation of clock offset

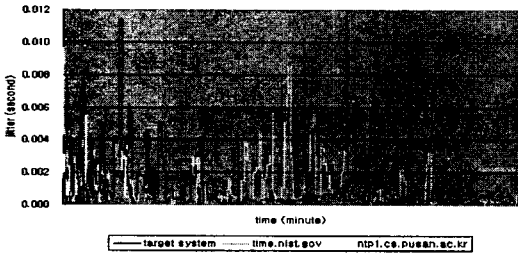


그림 9. 클럭 지터의 변화량
Fig. 9 Variation of clock jitter

V. 결론 및 향후 과제

컴퓨터 클럭은 자체의 불안정한 요소 (물리적 특성) 및 외부 환경의 요인, 사용자의 개입, 시스템의 오류 요소로 인해 정확도와 안정도에 한계를 갖는다. 따라서 정밀한 시각 관련 처리가 필요한 시스템의 경우 표준 시각에 동기화의 필요성이 요구 된다. 클럭 동기화의 목적은 분산 처리 시스템 상에 전역 시각 기준을 제공하는데 있다. 일단 시각 기준이 존재하면, 분산 시스템 상에서 처리되는 각각의 작업들은 시각을 바탕으로 제어 가능하다. 예를 들어 실시간 제어 시스템에서 공유 데이터의 관리는 각 프로세서의 클럭이 동기화 되어 있다면 각 시각 값에 의거하여 간단하게 처리할 수 있는 것이다.

본 논문에서는 시각 동기화를 위한 네트워크 시각 서버의 설계 및 구현에 대해 다루었다. 대상 시스템은 GPS를 참조 시각원으로 하여 정확하고 정밀한 표준 시각을 획득하고, 지역 클럭을 참조 시각원에 동기화 시킨다. 또한 NTP를 통해 인터넷 분산 환경하의 각 처리요소에 표준 시각 정보를 분배하는 기능을 제공한다. 시스템 구현 결과 및 성능 분석이 제시되었으며, 향후 연구 과제로 보다 정확하고 정밀한 시각 유지를 위한 지역 시각 보정 모델 및 기법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J. Levine, "Efficient time transfer using the Internet," Proceedings of Frequency Control Symposium and PDA Exhibition, pp.522-529, 2002
- [2] S.M. Jun, D.H. Yu, S.Y. Seong, and Y.H. Kim, "A time synchronization method for NTP," Proceedings of the RTCSA, pp.466-473, 1999.
- [3] N. Minar, "A survey of the NTP network," MIT Media Lab., 1999.
- [4] T. Cuatto, C. Passerone, L. Lavagno, A. Jurecska, M. Marelli, A. Damiano, C. Sansoe, "A case study in embedded system design: an engine control unit," Proceedings of Design Automation Conference, pp.804-807, 1998.

- [5] P.K. Sinha, "Distributed Operating Systems: Concepts and Design," IEEE Computer Society, pp.282-292, 1997.
- [6] P. Skoog, "The Importance of Network Time Synchronization," TrueTime, Inc.
- [7] SAMSUNG KS32C50100 Microcontroller User's Manual, 1999.
- [8] ISI, pSOSystem Concepts, ISI pSOSystem Manual.
- [9] HP 58503B and HP 59551A GPS Receivers Operating and Programming Guide, 58503-90013, Hewlett Packard.
- [10] HP 53131A/132A 225MHz Universal Counter Operating Guide, 53131-90055, Hewlett Packard.
- [11] NTPv4.1.72 User Manuals.
- [12] <http://www.boulder.nist.gov/timefreq/>

저자소개

황소영(So-Young Hwang)



1999년 부산대학교 전자계산학과(이학사)
2001년 부산대학교 전자계산학과(이학석사)
2001년~현재 부산대학교 전자계산학과 박사과정

※관심분야 : 시각 동기, 센서 네트워크, 임베디드 시스템, GPS 응용

유동희(Dong-Hui Yu)



1992년 부산대학교 전자계산학과(이학사)
1994년 부산대학교 전자계산학과(이학석사)
2001년 부산대학교 전자계산학과(이학박사)

1997년 한국전자통신연구원 연구원
2001년~2002년 이김전자 부설 연구소장
2002년~현재 부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 조교수

※관심분야 : 인터넷 시각 동기, 위치기반서비스, GPS, 홈네트워킹, 멀티미디어통신시스템