

컴포넌트기반 자바가상머신을 위한 컴포넌트 명세에 관한 연구

고종원, 서영준, 이승룡, 송영재
경희대학교 컴퓨터공학과

e-mail:tavy95@cvs2.khu.ac.kr

A Study on Component Specification for Component-based Java Virtual Machine

Jong-won Ko, Young-jun Seo, Sung-young Lee, Young-jae Song
Dept of Computer Engineering, Kyung-Hee University

요 약

최근 급격히 보급되고 있는 정보기기 종류의 다양화와 인터넷의 급속한 확산됨에 따라 이동내장형 시스템에 탑재하기 위한 기술로 다양한 이기종 제품간의 호환성과 이식성 제공하는데 핵심 역할을 수행하는 자바가상머신(Java Virtual Machine)이 주목 받고 있다. 이러한 내장형 시스템은 빠르고 신뢰성 있게 개발이 이루어져야 하나, 내장형 시스템을 위한 효율적인 방법이 부족하다. 이에 대한 대안으로 본 논문에서는 이동내장형 시스템에 탑재하기 위한 자바가상머신을 컴포넌트 설계하고, 실시간 속성 등을 고려한 컴포넌트 조립을 위한 명세방법에 대해서 제안한다.

1. 서론

최근 디지털 가전과 모바일 컴퓨팅이 화두로 떠오르면서 임베디드 기술이 주목을 받고 있다. 급격히 보급되고 있는 정보기기의 다양화와 인터넷 기술이 발달함에 따라 이동 내장형 시스템에 탑재하기 위한 기술로 다양한 이기종 제품간의 호환성과 이식성을 제공하는데 핵심역할을 수행하는 자바가상머신(Java Virtual Machine)에 대한 관심이 높아지고 있다.

또한 임베디드 시스템에서 요구되는 실시간 속성을 바탕으로 하는 실시간 컴포넌트 기반의 자바가상머신 설계 및 라이브러리를 통해서 제공되는 자바가상머신 컴포넌트를 선택하여 조립하는데 따른 명세정의가 필요하다. 자바가상머신이 실시간 컴포넌트 기반 미들웨어 기술을 사용하여 구성되어 진다면, 소프트웨어 재사용과 재구성성을 통해 빠르고 신뢰성 있는 가상머신 개발이 가능해진다. 그러나, 컴포넌트기반 내장형 실시간 시스템을 개발하기 위한 효율적인 방법이 부족한 실정이며, 그 대안으로 컴포넌트기반 개발 틀셋을 필요로 하고 있다.

마찬가지로, 실시간 컴포넌트 명세에 대한 연구는 다양하게 진행되고 있지만 임베디드 시스템을 위한 자바가상머신 컴포넌트의 조립 및 임베디드 시스템이 가지는 한정된 메모리 용량이나 저전압, 경량화 등의 여러 제약조건과 실시간 속성을 바탕으

로 한 컴포넌트 명세에 기존의 일반적인 실시간 컴포넌트 명세를 적용하기에는 그 한계점이 있다. 따라서 본 논문에서는 실시간 컴포넌트 모델인 PBO(Port-Based Object) 모델을 기반으로 자바가상머신을 컴포넌트로 설계했으며, 컴포넌트 조립을 위한 컴포넌트 명세를 함에 있어 임베디드 시스템에 탑재될 자바가상머신에서 요구되는 실시간 속성 및 컴포넌트 사이의 관계 등을 나타내는 명세방법을 제안한다.

2. 관련연구

본 장에서는 자바가상머신의 컴포넌트 설계 및 명세와 관련하여 컴포넌트 기반 내장형 실시간 시스템과 자바가상머신 컴포넌트의 기반이 된 PBO 모델, 그리고 실시간 컴포넌트 명세에 대하여 살펴보도록 하겠다.

2.1 컴포넌트 기반 내장형 실시간 시스템

컴포넌트 기반 내장형 실시간 시스템으로는 Choices, OS-Kit, Coyote, PURE 와 같은 시스템들이 있으며, 컴포넌트 합성을 통해서 Operating System의 구성을 처리해야 하는 공통적인 목표를 가지고 있다. 따라서 이들 시스템들은 모두 Operating System Component를 정의하기 위해 노력하고 있다.

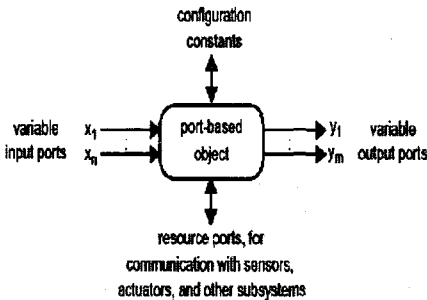
Choices나 OS-Kit와 같은 초기 시스템에서는 Operating System에서의 Component Software 뿐만 아니라 Operating

1 본 연구는 한국과학기술연구원(과제번호 : R01-2001-000-00357-0) 지원으로 수행되었음.

System Configuration 과 Customization 이슈에 대해서 강조하고 있다. 보다 최근의 시스템인 **Coyote**의 경우, Coyote는 통신 프로토콜들에 초점이 맞추어져 있으며, 객체지향기술을 기반하지 않는 접근방법에서의 Configuration, Reconfiguration 문제를 강조하고 있다. 또 다른 시스템인 **PURE**는 Embedded Application 을 위한 Operating System의 Configuration 과 Composition 에 대한 Operating System Component들을 제공하는 것에 명시적으로 문제를 삼고 있다. PURE는 Embedded Application을 위한 OS Configuration 과 Customization 을 위한 다른 컴포넌트들을 지원하기 위해 객체지향방법론을 사용한다.

2.2 PBO(Port Based Object)모델

PBO모델은 Carnegie Mellon Univ에서 개발하였으며, 내장형 실시간 제어 시스템의 개발을 위한 컴포넌트 모델이다[1].



[그림 1] PBO 모델

PBO모델은 독립적인 동시적 프로세스처럼 실행하며, 다른 모듈과의 통신은 Input/Output port 를 통해서 이루어진다. Resource port는 I/O 하드웨어를 통해서 교환되어지는 데이터의 Source 와 Destination 을 보여주기 위해서 사용된다. Resource port는 I/O 하드웨어의 register에 읽고 쓰는 것과 같이 하드웨어 의존적인 개념으로 구현되었다. PBO모델은 재사용 컴포넌트 개발의 필수인 계층적 조립 개념이 없으며, 시간 속성들은 있으나 시간 제약을 표현하는 능력이 약한 문제점이 있다.

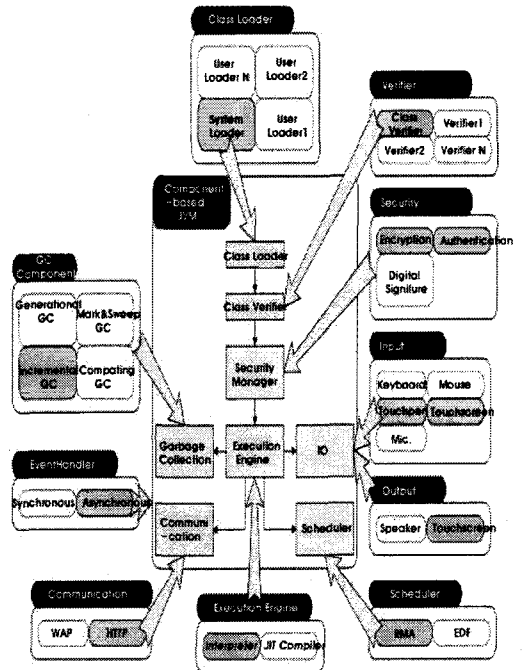
2.3 실시간 컴포넌트 명세

실시간 컴포넌트의 명세연구는 주로 시간제약과 이벤트흐름에 대한 처리를 위주로 진행되어왔다[2]. 실시간 컴포넌트에 대한 명세는 상태변화도나 스테이트 차트를 통한 시스템의 제어 흐름이나 사건흐름도를 통해 이벤트 발생 순서와 객체제어에 대한 내용을 표현하였으며, RUBUS 시스템에 와서는 선점형 및 우선 순위 스케줄링을 지원하면서 end-to-end deadline 계산이나 WCET를 명세하기 위해 시간속성 등을 태스크 단위의 컴포넌트 내부에 표현했다. 하지만, 합성 컴포넌트를 생성하기 위한 지원이 제공되지 않은 단점이 있다. UML의 확장 메카니즘을 이용한 Rose RT 에서의 실시간 컴포넌트 명세는 컴포넌트간의 구조적인 명세 및 UML에서의 스테이트 다이어그램을 이용한 상태 기계 표기로서 행동명세를 나타낸다.

3. 자바가상머신 컴포넌트 명세

3.1 자바가상머신 컴포넌트

본 논문에서는 내장형 실시간 경량 자바가상머신에 대해 컴포넌트로 설계하고, 각 기능별로 세부 설계된 JVM 컴포넌트는 컴포넌트기반 내장형 실시간 시스템을 위한 컴포넌트 모델인 PBO 모델을 기반으로 구성하였다. 아래 그림 2는 전체적인 자바가상머신 구성 컴포넌트이며, 표1 은 이들 컴포넌트의 기능을 요약한 것이다. 자바가상머신은 클래스로딩을 담당하는 클래스로더, 클래스검증기, 암호화와 인증 및 전자서명을 담당하는 보안관리자, 실행엔진, 가비지콜렉터, 실시간 및 비실시간 자바 쓰레드 와 자바가상머신의 컴포넌트 수행을 제어하고 관리하는 스케줄러 및 통신과 입출력을 담당하는 컴포넌트를 주요 컴포넌트로 가지며, 서브 컴포넌트로서 RMA 나 EDF 와 같은 스케줄링 알고리즘 컴포넌트나 다양한 쓰레기 수집 알고리즘을 가진 메모리 관리 컴포넌트, 암호화 및 인증과 관련된 기능을 가진 컴포넌트 등이 있다.



[그림 2] 내장형 실시간 경량 자바가상머신 컴포넌트

그림 2에서 보는 바와 같이 내장형 실시간 경량 자바가상머신 컴포넌트들을 각 기능별로 구분하여 라이브러리에서 컴포넌트를 선택, 컴포넌트를 조립한다. 각 컴포넌트는 명세도구를 통해서 명세되며, 조립도구를 통해 Glue-code 형식으로 지원되어 Visual Composition 이 가능하게 한다.

[표1. 자바가상머신 세부 컴포넌트의 기능]

주요컴포넌트	세부컴포넌트	기능
Garbage Collector Component	Generation GC	세대별 쓰레기 수집 알고리즘을 적용한 메모리관리 컴포넌트
	Mark & Sweep GC	마크스weep 쓰레기 수집 알고리즘을 적용한 메모리 관리 컴포넌트
	Incremental GC	순차적 쓰레기 수집 알고리즘을 적용한 메모리관리 컴포넌트
	Compacting GC	단순 수거 쓰레기 수집 알고리즘을 적용한 메모리 관리 컴포넌트
EventHandler Component	Synchronous	이벤트가 발생한 시점에 이벤트를 먼저 처리하는 동기화 이벤트 관리기법을 사용하는 이벤트 관리자 컴포넌트
	Asynchronous	이벤트의 발생시점과 상관없이 이벤트 인플러기 스케줄러에 의해 스케줄 되어 동작하는 이벤트 관리자 컴포넌트
Communication Component	WAP	무선 프로토콜인 WAP 을 지원하기 위한 컴포넌트
	HTTP	HTTP 프로토콜을 지원하기 위한 컴포넌트
Execution Engine Component	Interpreter	실연연 컴포넌트
	JIT Compiler	실연연 컴포넌트
Scheduler Component	RMA	Rate Monotonic 알고리즘을 적용한 스케줄러 컴포넌트
	EDF	earliest deadline first 알고리즘을 적용한 스케줄러 컴포넌트
Output Component	Speaker	내청형 환경에서의 일반적인 출력장치를 지원하는 컴포넌트
	touchscreen	내청형 환경에서의 일반적인 출력장치를 지원하는 컴포넌트
Input Component	Keyboard	내청형 환경에서의 일반적인 입력장치를 지원하는 컴포넌트
	Mouse	내청형 환경에서의 일반적인 입력장치를 지원하는 컴포넌트
	touchpen	내청형 환경에서의 일반적인 입력장치를 지원하는 컴포넌트
	touchscreen	내청형 환경에서의 일반적인 입력장치를 지원하는 컴포넌트
Security Component	Encryption	암호화와 관련된 기능을 담당하는 컴포넌트
	Authentication	인증과 관련된 기능을 담당하는 컴포넌트
	digital signature	전자서명과 관련된 기능을 담당하는 컴포넌트
Verifier Component	Class Verifier	클래스 검증을 담당하는 컴포넌트
Class loader Component	Class loader	자바가상머신의 클래스 로딩을 담당하는 컴포넌트

3.2 컴포넌트 명세를 위한 요소 정의

라이브러리로부터 자바가상머신 컴포넌트를 선택하여 내장형 시스템에 탑재할 자바가상머신을 개발하고자 할 때, 컴포넌트의 기능 및 컴포넌트간의 관계를 나타내기 위해 필요한 속성 등에 대한 정의는 아래와 같다.

- 정의 1. 컴포넌트 A는 컴포넌트에 의해서 제공되는 서비스 Function(F), 컴포넌트 실행을 제어하는 Task(T), In/Out port(I,O), 컴포넌트 파라미터(P), 컴포넌트의 상태를 나타내는 State(S), 시간속성을 정의하기 위한 Temporal property(TP), 제약조건(C)의 일곱 개의 튜플을 가진다.
- 정의 2. 컴포넌트 A의 Temporal property(TP)는 시간에 대한 정확성이 중요한 RT System에서 요구되는 시간 특성을 정의하기 위한 속성인 Frequency, Priority, Execution Time, Deadline들로 컴포넌트의 실시간 속성을 나타낸다.
- 정의 3. 컴포넌트 A의 Constraint(C)는 임베디드 시스템이 가지는 다양한 제약조건인 Memory, Size, Power 등을 기술할 때 사용한다.
- 정의 4. 컴포넌트 A1 와 A2 간의 관계는 다음 다섯 가지의 관계로 정의한다.

가. Data Flow Connection

: 컴포넌트의 In/Out port를 통해서 전달되는 데이터 흐름이다. Dependency: 컴포넌트 간의 의존관계 명칭

다. Precedence: 컴포넌트의 수행순서 정의

라. Mutual exclusion(MUTEX)

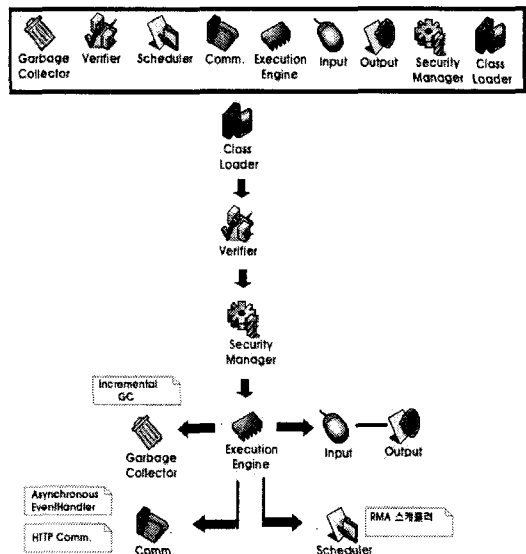
: 컴포넌트의 수행 중에 쌍으로 동시에 수행될 수 없는 관계

마. Association: 컴포넌트 간의 연관관계

이상 정의 1,2,3,4 를 통해서 설명한 것과 같이 자바가상머신 컴포넌트에 대한 명세를 위한 요소로서 컴포넌트간의 의존성을 비롯하여 실시간 속성 및 수행순서에 대한 관계들을 정의한다.

3.3 자바가상머신 컴포넌트 명세

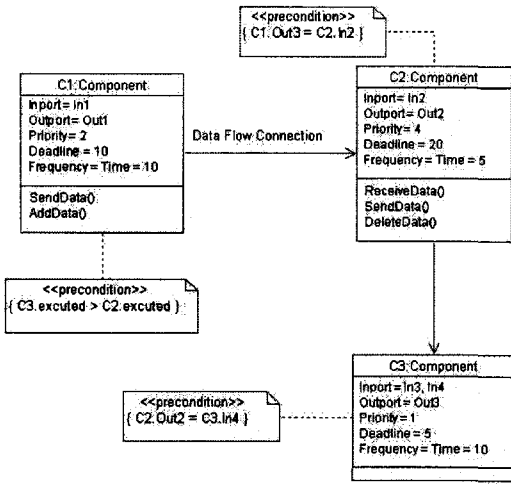
자바가상머신 컴포넌트 명세는 크게 컴포넌트 레벨 다이어그램, 컴포넌트 인터페이스 다이어그램, 그리고 상세 컴포넌트 레벨 다이어그램으로 구분하여 명세를 한다. 컴포넌트 레벨 다이어그램은 앞서 설계된 주요 컴포넌트와 세부 컴포넌트들을 라이브러리로부터 선택하여 컴포넌트들의 조립으로 자바가상머신을 표현하고 이들 컴포넌트간의 의존관계를 나타내며, 컴포넌트 인터페이스 다이어그램은 각 컴포넌트의 포트 정의 및 컴포넌트간의 관계를 구체적으로 명시한다. 또한, 상세컴포넌트 레벨 다이어그램에서는 컴포넌트 내부와 컴포넌트가 가지는 속성 및 포트가 어떻게 구성되어 있는지를 나타낸다. 아래 그림 3은 앞으로 구현할 컴포넌트 명세도구에서의 툴바 아이콘을 이용해서 컴포넌트 레벨 다이어그램을 구성하는 예를 나타낸 것이다.



[그림 3] 컴포넌트 레벨 다이어그램과 컴포넌트 툴바

컴포넌트 레벨 다이어그램에서는 자바가상머신을 구성하기 위해 라이브러리에서 제공되는 가상머신 구성 컴포넌트를 선택하여 다이어그램으로 표현한다. 그림 4는 명세정의에 기반한 상세 컴

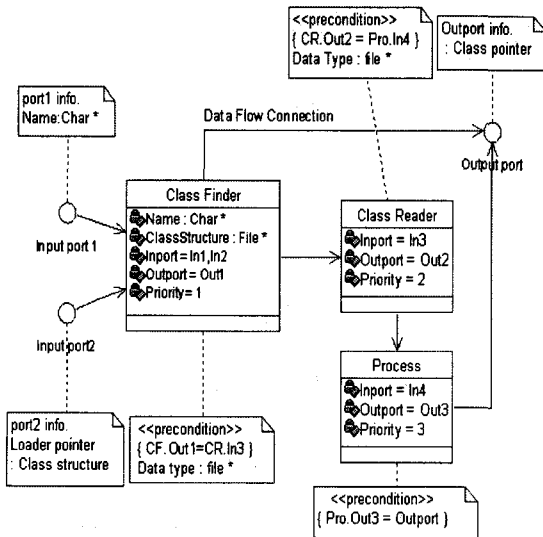
포넌트 레벨 다이어그램의 한 예이다.



[그림 4] 상세 컴포넌트 레벨 다이어그램의 예

그림 4에서 보는 바와 같이 컴포넌트 C1, C2, C3에서의 시간요구 사항을 명세한 속성을 바탕으로 컴포넌트 간의 Execution Time 에 대한 Deadline 계산이나 컴포넌트의 수행순서, 또는 포트와 포트사이의 데이터 연결 등을 명세할 수 있다. 구체적인 예로 End-to-end deadline 에 대해서 첫 번째 컴포넌트의 실행 시작 시간부터 마지막 컴포넌트의 실행 종료시간까지의 최대시간을 다음과 같이 정의할 수가 있다.

$$c2e = \text{Max}(\text{execution time}(C2), \text{execution time}(C3) - \text{Earliest start time}(C1))$$



[그림 5] 클래스로더 내부 컴포넌트 명세

그림 5는 자바가상머신 컴포넌트 중에 클래스로더 내부의 세부 컴포넌트에 대한 명세이다. 주요 컴포넌트인 클래스 로더의 입력 포트인 포트1,2로부터 클래스네임정보와 클래스 스트럭처 타입의 로더포인터를 입력을 받아서 서브컴포넌트인 클래스파인더로 보내면 클래스파인더 에서는 파일포인터 타입의 정보를 출력포트로 보내거나 클래스리더 컴포넌트의 입력포트로 보낸다. 프로세스 컴포넌트는 클래스포인터 타입의 정보를 클래스로더의 출력 포트로 처리해서 보내며, 이 정보는 실행엔진 컴포넌트에서 요청이 있을 때 입력신호로 보내진다. 각 컴포넌트 간에 입출력포트를 통해서 전달되는 데이터흐름을 주요 관계정의로 나타냈으며, Priority 속성을 통해 컴포넌트의 수행순서를 정의했다.

4. 결론

본 논문에서는 PBO 모델에 기반하여 자바가상머신 컴포넌트들을 설계하고, 임베디드 시스템에서 요구하는 실시간 속성 및 컴포넌트 조립과 관련된 세부사항 등을 만족하기 위한 명세정의를 하였다. 명세요소 정의를 통해 자바가상머신 컴포넌트들 간의 구조명세는 물론 의존관계나 포트를 통한 컴포넌트 사이의 데이터 흐름, 수행순서 제어 등을 쉽게 명세할 수 있으며, 컴포넌트 조립 시에 기능적, 비기능적 속성 분석이 가능하다. 또한 자바가상머신 컴포넌트 설계의 기본모델이 된 PBO모델이 가진 시간속성에 대한 표현이 부족한 단점을 개선하여 컴포넌트 명세에 실시간 속성인 execution time 속성 등을 이용해서 end-to-end deadline 이나 컴포넌트 수행 간의 WCET 계산으로 컴포넌트 설계단계에서의 예측성이 지원가능하다.

제안된 자바가상머신 컴포넌트 명세를 바탕으로 컴포넌트기반 자바가상머신 명세도구의 설계 및 구현이 진행 중에 있다.

참고문헌

- [1] David B. Stewart, "Designing Software Component for Real-Time Applications", 2001 Embedded Systems Conference, April. 2001
- [2] Damir Isovic, Christer Norstrom, "Components in Real-Time Systems", Malardalen University, 2000
- [3] Ivica Crnkovic, Magnus Larsson, "Building Reliable Component-Based Software System", Artech House publisher, 2002.
- [4] Magnus Larsson, Anders Wall, Christer Norstrom, Ivica Crnkovic "Using Prediction-Enabled Technologies for Embedded Product line Architecture", ICSE workshop on 5th ICSE Workshop on Component-based Software Engineering, May.2002.
- [5] 서영준, 이승룡, 송영재, "컴포넌트기반 자바가상머신 개발 틀셋 설계", 한국정보처리학회 추계학술발표대회, 2002.