

Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM Communication 환경 자동 구축 기법 제안

곽준호, 김지훈, 조정훈*
경북대학교, *경북대학교

junho7513@knu.ac.kr, jihun@knu.ac.kr, *jcho@knu.ac.kr

Proposal for an Automatic Construction Method for an Inter-VM Communication Environment Based on Shared Iptables in Xen Hypervisor

Junho Kwak, Jihun Kim, Jeonghun Cho*
Kyungpook National Univ., *Kyungpook National Univ.

요 약

최근 하이퍼바이저 기술의 발전에 따라 하이퍼바이저가 차량용 시스템 개발 환경에도 많이 활용되고 있다. 하이퍼바이저 기반 차량용 시스템 개발 환경은 네트워크 통신을 사용하여 가상머신 간 SOME/IP 통신이 구현되어 있는데, 이는 네트워크 스택으로 인한 오버헤드가 성능을 낮추고 직접적인 네트워크 설정이 요구되어 개발 비용 및 시간을 증가시킨다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM Communication (IVC) 환경 자동 구축 기법을 제안한다. 해당 기법은 dom0에 있는 IVC Controller가 네트워크 설정 파일 (SOME/IP 설정 파일)과 매핑 정보를 읽어 SOME/IP 서비스 및 통신 구조를 파악하고 이에 따라 공유 메모리 할당 및 데이터 경로 설정을 수행하여 공유 메모리 통신 환경을 자동으로 구축하는 방법이다. 또한, 구축된 공유 메모리 통신 환경에서 domU에 있는 IVC Wrapper가 공유 메모리에 접근하여 데이터 전송을 수행한다. 해당 기법을 통해 Xen 하이퍼바이저 내부 통신만 공유 메모리 기반 통신으로 수정하여 기존 Xen 하이퍼바이저 내/외부 통신 동작은 유지하며 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 어플리케이션 수정없이 공유 메모리 기반 통신 환경을 자동으로 구축하여 개발 비용 및 시간을 크게 감소시킬 수 있다.

I. 서 론

최근 클라우드 컴퓨팅 기술, 컨테이너 기술, 그리고 가상화 기술이 발전함에 따라 하이퍼바이저 기술이 눈에 띄게 발전하고 있다. 하이퍼바이저 기술은 서로 다른 운영체제를 설치할 수 있는 여러 개의 가상머신을 만들어 하나의 물리적 서버에서 여러 운영체제를 동시에 실행할 수 있는 능력을 제공한다 [1].

하이퍼바이저는 용도 및 환경에 따라 다양하게 사용되며 차량용 시스템의 소프트웨어 개발 환경으로도 많이 활용되고 있다 [2]. 그림 1은 차량용 시스템의 소프트웨어 개발을 위해 Xen 하이퍼바이저를 기반으로 구축된 개발 환경을 보여준다. 차량용 시스템 내 각 장치들은 가상머신 (dom1, dom2, ..., domU)들로 만들어진다. 각 가상머신들은 네트워크 스택을 통해 SOME/IP 통신을 한다. 이때, dom0은 각 가상머신들의 네트워크 통신을 지원하기 위해 가상의 네트워크 인터페이스 (vif), Bridge 인터페이스, 그리고 Netfilter 설정을 한다. 이와 같은 개발 환경에서 각각의 가상머신은 대응되는 장치에 대한 소프트웨어를 개발 및 검증할 수 있고, 가상머신 간의 SOME/IP 통신을 통해 여러 장치의 통신 및 연동 동작까지 검증할 수 있다. 하지만 SOME/IP 통신 과정에서 많은 네트워크 스택을 거쳐야 하기 때문에 큰 오버헤드가 존재한다. 또한, 네트워크 통신을 지원하기 위한 dom0에서의 설정은 가상머신 구조에 맞게 개발자가 직접 설정해야 한다.

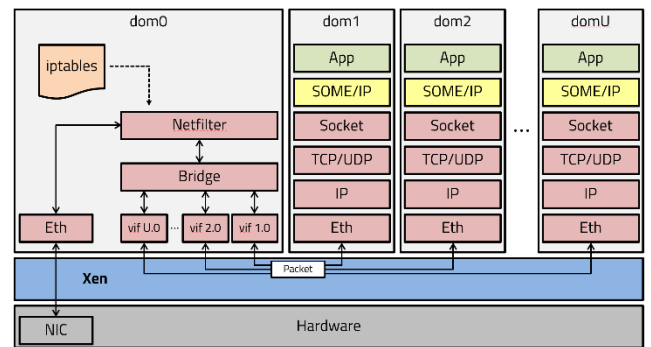


그림 1. 기존 Xen 하이퍼바이저 네트워크 통신 기반 차량용 시스템 개발 환경

이는 개발 환경에서의 동작 성능을 떨어뜨리고, 직접 설정으로 인해 개발 비용과 시간을 증가시킨다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM Communication (IVC) 환경 자동 구축 기법을 제안한다. 해당 기법은 네트워크 설정 파일과 매핑 정보를 바탕으로 네트워크 스택 대신 공유 메모리를 통해 데이터 통신을 수행하는 환경을 자동으로 구축하여 오버헤드를 줄이고 통신 성능을 향상시킬 수 있다.

본 논문은 2장에서 제안하는 Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 IVC 환경 자동 구축 기법에 대해 설명하고, 3장에서 결론을 맺는다.

II. Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM

Communication 환경 자동 구축 기법

Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 IVC 환경 자동 구축 기법은 그림 2 와 같이 IVC Controller 와 IVC Wrapper 에 의해 동작한다. IVC Controller 는 dom0 에 존재하며 domU 에 해당하는 각 가상머신들이 SOME/IP 통신을 할 수 있는 공유 메모리 환경을 구축하고, IVC Wrapper 는 domU 에 존재하며 공유 메모리에 접근하여 SOME/IP 통신을 수행한다.

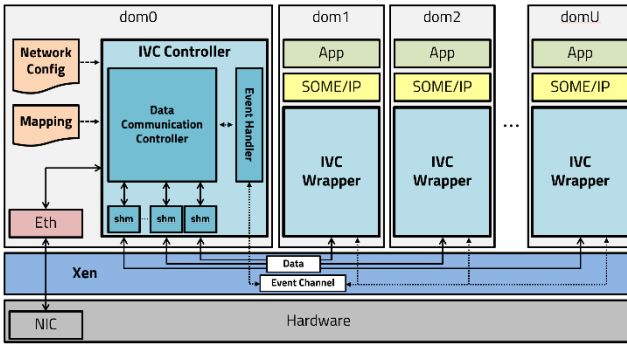


그림 2. 제안하는 Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM Communication 환경 자동 구축 기법의 구조

1. Inter-VM Communication Controller

IVC Controller 는 dom0 에서 공유 메모리를 통한 통신 환경을 자동으로 구축한다. IVC Controller 는 네트워크 설정 파일 (SOME/IP 설정 파일)과 매핑 정보를 입력으로 받는다. 네트워크 설정 파일을 통해 SOME/IP 서비스와 네트워크에 포함되어 있는 노드 정보를 파악하고 매핑 정보를 통해 각 노드의 Xen 하이퍼바이저 내/외부 매핑 상태를 파악한다. 이후, IVC Controller 는 파악한 정보를 바탕으로 공유 메모리 기반 통신 환경을 구축한다. Xen 하이퍼바이저 내부에 매핑되어 있는 노드 (가상머신)에 대해서는 공유 메모리를 할당하고, 해당 노드가 공유 메모리에 접근할 수 있도록 설정한다. Xen 하이퍼바이저 외부에 매핑되어 있는 노드에 대해서는 이더넷 인터페이스를 통해 네트워크 통신을 할 수 있게 패킷에 대한 설정을 한다.

설정이 완료되면 IVC Controller 내 Data Communication Controller 는 통신 구조에 맞게 데이터 송수신 경로를 설정하고, 실제 동작 시 설정된 경로에 따라 데이터를 전달한다. 이는 Xen 하이퍼바이저 내/외부 모두 통신이 가능한 상태를 유지하며 내부 통신에 대해서는 공유 메모리를 통해 성능을 향상시킬 수 있다.

공유 메모리를 통한 데이터 전송에서의 동기화를 위해 IVC Controller 는 Event Handler 를 포함한다. Event Handler 는 Xen 하이퍼바이저가 지원하는 가상머신 간 이벤트 전송 기능을 활용한다. 특정 가상머신이 데이터 전송을 위해 공유 메모리에 데이터를 작성하고 이벤트를 발생시키면 Event Handler 는 해당 이벤트를 수신하고 이를 Data Communication Controller 에게 알린다. Data Communication Controller 는 설정된 데이터 경로를 보고 데이터의 타겟 노드가 Xen 하이퍼바이저 내부의 가상머신이라면 해당하는 공유 메모리에 데이터를 작성하고, Event Handler 를 통해 해당 가상머신에게 이벤트를 발생시킨다. 이와 같은 이벤트 기반 처리를 통해 공유 메모리를 통한 데이터 전송을 동기화한다.

2. Inter-VM Communication Wrapper

IVC Wrapper 는 domU 에 존재하며 데이터 통신을 수행한다. IVC Wrapper 는 IVC Controller 가 할당한 공유 메모리에 직접 접근하여 데이터를 작성하거나 읽어 데이터 송수신을 수행한다.

데이터를 송신하는 경우, IVC Wrapper 는 어플리케이션과 SOME/IP 스택을 통해 전달된 SOME/IP 메시지를 공유 메모리에 작성하고, 이벤트를 발생시킨다. 반대로 데이터를 수신하는 경우, IVC Wrapper 는 이벤트를 수신하고, 공유 메모리로부터 SOME/IP 메시지를 읽어 SOME/IP 스택 및 어플리케이션에 해당 메시지를 전달한다.

IVC Wrapper 는 SOME/IP 스택 아래의 네트워크 스택을 대체하고 공유 메모리 사용 기능을 추상화하여 제공한다. 그렇기 때문에 기존 네트워크 스택을 사용할 때의 어플리케이션은 수정없이 IVC Wrapper 를 통해 공유 메모리를 통한 통신을 할 수 있다. 이는 불필요한 개발 비용 및 시간을 요구하지 않는다.

III. 결론

본 논문에서는 Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM Communication 환경 자동 구축 기법을 제안했다. 해당 기법에서 IVC Controller 는 네트워크 설정 파일과 매핑 정보를 바탕으로 공유 메모리 기반 통신 환경을 자동으로 구축하고 통신 구조에 따라 데이터를 전달하며 IVC Wrapper 는 공유 메모리에 접근하여 데이터를 송수신한다. 해당 기법은 기존 어플리케이션의 수정없이 Xen 하이퍼바이저의 내/외부 통신 상태를 그대로 유지하면서 내부 통신을 공유 메모리 기반 통신으로 수정하여 통신 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 내부 통신을 공유 메모리 기반 통신으로 수정하는 과정이 자동으로 수행되어 개발 비용 및 시간을 줄이고 개발 효율성을 크게 증가시킬 수 있다.

우리는 본 논문에서 제안한 Xen 하이퍼바이저 공유 메모리 기반 Inter-VM Communication 환경 자동 구축 기법을 구현하고 있는 중이다. 앞으로 우리는 구현을 완료하고 실제 성능을 확인할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 1711160343, 차량 ECU 응용소프트웨어 개발 및 검증자동화를 위한 가상 ECU 기반 차량레벨 통합 시뮬레이션 기술개발).

참고 문헌

- [1] Pletnev, Alexander & Ignatjeva, Olga. "The Newest Virtualization Trends: From The Future To The Post-Future," 2020.
- [2] Z. Zhang, Y. Liu, J. Chen, Z. Qi, Y. Zhang and H. Liu, "Performance Analysis of Open-Source Hypervisors for Automotive Systems," 2021 IEEE 27th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS), Beijing, China, 2021, pp. 530-537.