
NFC 전자 결제 시스템을 위한 Android NFC Library 실시간 실행 처리 연구

유현주*, 정민수**

Study of NFC Library Execution in Real-time on Android 플랫폼 for NFC Application

Hyun-joo Yoo*, Min-soo Jung**

요약 급격히 변모 발전하고 있는 모바일 시장에서 근거리 무선 통신인 Near Field Communication은 스마트 환경의 화두로 떠오르고 있다. 이러한 NFC 기술을 구글 사에서는 Android 플랫폼에 도입하여 전자 결제 시장에서 주도권을 확보하고 있으며 국내를 비롯한 많은 국가들이 이동통신사와 금융계의 연계로 서비스 개발과 기술 발전에 박차를 가하고 있다. 이러한 환경에서 주목할 만한 이슈 중 하나가 NFC 서비스의 안정성 확보이다. Android 플랫폼은 모바일 디바이스의 운영체제로서 제한된 하드웨어와 즉각적인 응답성이 요구되는 소프트웨어 스택이다. 하지만 제한적인 하드웨어의 특성에 적합한 구조적 특징으로 인하여 실시간 처리에 있어서 안정적인 응답성이 보장되지는 못하고 있다. 따라서 본 논문은 Android 플랫폼에서 제공하고 있는 실시간 처리 영역을 분석하고 이를 NFC Application에 적용하여 보다 안정적인 데이터 처리와 응답성을 확보를 위한 연구를 하고자 한다.

주제어 : Android 플랫폼, NFC, Mobile, Payment Service, JNI

Abstract In mobile market which has been developed drastically, short distance mobile Near Field Communication is becoming the conversation topic. Google adopted this NFC technology to Android 플랫폼 for securing the leadership and many another countries including domestic companies are putting spurs to develop service and technology by connecting mobile carrier and the financial. Within this circumstance, most noticeable issue is securing stability of nfc application service. Android 플랫폼 is operating system of mobile device and also a software stack which is required limited hardware and immediate response. However, since its structural characteristic which is suitable for limited hardware, the response is not quite stable for real time process. That is, this paper researches by analyzing real time response of NFC related library provided from Android 플랫폼 and applying the result to NFC application for securing stable data process and response.

Key Words : Android 플랫폼, NFC, Mobile, Payment Service, JNI

1. 서론

스마트 디바이스는 이제 일상생활 속에 깊숙이 자리 매김하고 있다. 스마트 디바이스의 하드웨어 발전은 매우 급격히 발전해 왔으며, 이를 뒷받침하는 소프트웨어

의 발전 또한 시시각각 성장하고 있다. 스마트 폰의 운영체제와 소프트웨어 스택으로 등장하여 엄청난 속도로 발전하고 있는 구글 사의 안드로이드 플랫폼은 이제 대표적인 임베디드 소프트웨어 플랫폼으로 발전하고 있다. 오픈 소스 플랫폼의 특성을 갖고 있는 안드로이드는

*본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

**이 논문은 2012년도정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2012R1A1B6002354)

*경남대학교 첨단공학과(융합IT전공) 박사과정수로

**경남대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)

논문접수: 2013년 1월 10일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2013년 1월 30일, 확정일: 2013년 2월 20일

다양한 기술들의 도입과 적용이 활발히 이루어지고 있어 급격한 성장을 하고 있다. 그 중 모바일 서비스의 중요한 화두가 되고 있는 기술로서 근거리 무선 통신인 NFC가 대표적이다.

근거리 무선 통신인 NFC는 스마트 폰의 등장으로 재조명 된 기술이다. 이는 RFID 기술과 비교되고 보다 안전하고 다양한 서비스를 제공할 수 있는 특징을 가지고 있다. 기존의 RFID에서 제공되지 않는 Peer to Peer 통신 모드가 가능하여 스마트 폰의 통합 서비스 구축에 매우 유용하다고 볼 수 있다. Android 플랫폼은 2.3버전부터 NFC기술을 도입하여 적용하고 있으며 그 활용은 폭발적으로 증가하고 있다[3].

다양한 서비스를 제공하는 NFC 기술은 구글 사의 구글 지갑의 발표로 다시 한 번 세계적 이슈가 되었고 이제 NFC 기술은 더 이상 생소한 기술이 아니며, 생활 곳곳의 편리한 서비스를 제공하는 기술이다.

구글 지갑 서비스는 기존의 카드 결제 시스템의 물리적 장치인 IC카드를 대체하는 획기적인 서비스이다. IC카드의 개인 정보 운용과 보안성을 만족하면서 각 기관마다 따로 발행되었던 물리적 IC 카드를 스마트 폰 디바이스에 통합하여 관리 운용할 수 있는 장점이 있으며 결제 수단의 편의성을 제공한다[4][5].

이러한 NFC를 활용한 전자 결제 시스템의 구축을 위하여 전자 결제 시스템 시나리오를 살펴보고 사용자의 결제 정보를 다루는 기술로서 보안 및 서비스의 편의성 제공 등을 위하여 애플리케이션 사용자 인터페이스 응답성은 매우 중요한 부분이다. 따라서 이러한 NFC를 활용한 Android 플랫폼의 사용자 인터페이스의 응답성 고찰이 필요하다[5][7].

따라서 NFC 전자 결제 시스템을 위하여 Android 플랫폼에서 제공하는 실시간 처리 영역을 분석하여 보다 안정적인 시스템 구축을 지향하고자 본 논문을 제안하는 바이다.

2. 관련연구

2.1 NFC Technology

2.1.1 NFC 개요

NFC기술은 13.56Mhz주파수 대역에서 10cm이내의 근거리 통신을 기반으로 인식속도가 0.1초 이내를 지원

하는 데이터 전송기술이다. NFC는 106Kbps~424Kbps의 데이터 전송 속도를 지원하는 통신기술로 ECMA, ISO, ETSI에서 표준을 진행하고 있다. 특히 ECMA-340(NFCIP-1)과 ECMA-352(NFCIP-2)표준을 중심으로 NFC 기술에 대해 정의하고 있다[8][13].

NFC 기술은 결제, 티켓 예약, 고객관리, 마케팅과 같은 다양한 응용서비스에 적용 가능한 잠재력을 지닌 기술로서, NFC 기술이 탑재된 디바이스를 통해 실시간으로 정보를 검색하거나 요청이 가능하다. 또한 결제 시스템은 신용카드와 유사한 전자 지갑 기능이 가능하다[3].



[그림 1] NFC echo system[13]

위의 그림 1은 NFC 포럼에서 정의하는 NFC 에코 시스템을 정의하고 있다 NFC 포럼 멤버들은 NFC 에코 시스템의 모든 부분을 포함하고 있다. 마켓과 고객, 은행권, 통신사, SI업체, 테스트 및 인증, 모바일 기기 OEM사, 칩 제조사, 스마트 카드 제조사, 리더 제조사 등 다양한 부분이 NFC 에코시스템에 포함되어 있다. NFC 에코 시스템은 NFC 기술의 산업화에 다양한 이해관계를 절충하고 보완하는 기능을 할 수 있다[13].

2.1.2 NFC 운용 모드

NFC 기술은 표 1과 같이 3가지 통신 운용 모드로 NFC 포럼에서 정의하고 있으며, 3가지 모드는 다음과 같이 운용된다.

〈표 1〉 NFC 3가지 운용 모드[1][2][13]

동작모드	특징	적용가능 서비스
Peer to Peer	NFC 단말기가 Peer to Peer 모드로 서로 데이터를 교환 할 수 있음	전자명함 교환 P2P 대금 지불 단말간 자료 교환
Read/Write Reader	읽고 쓰기가 가능한 리더 형태로 NFC 단말기가 동작하여 NFC 태그 등을 읽을 수 있음	스마트포스터 관광안내 Simple NFC
Card Emulation	NFC 단말기가 NFC 태그 등과 같이 작동하여 외부의 리더와 데이터를 교환 할 수 있음	교통카드, 모바일 신용카드

NFC기술은 RF를 이용한 근거리 통신의 특성과 스마트 폰의 하드웨어적인 특징과 결합된 형태이며, 수동적 통신과 능동적 통신을 기반으로 <표 1>과 같이 카드 에뮬레이터 모드, 정보가 표시된 태그의 Read/Write 모드, Peer to Peer 모드를 지원하며 이를 바탕으로 하여 매우 다양한 비즈니스 모델을 창출할 수 있는 기술이다. NFC 통신은 Active Mode와 Passive Mode로 나뉜다. Passive Mode는 Read/Write Reader 모드와 카드 에뮬레이터 방식에 해당하는 것으로 디바이스의 NFC 안테나에 의해서 수동적으로 통신이 시작되는 상태를 의미한다[3]. Active Mode는 Peer to Peer 모드 통신 방식으로서 미디어 파일 전송 등의 전송 방식에서 볼 수 있다. NFC의 이러한 기술은 무선 통신 동작을 하기 위해 하드웨어 제어를 위한 Native Code 호출이 빈번하고 동적인 기능 수행이 뒷받침되어야한다[8][13].

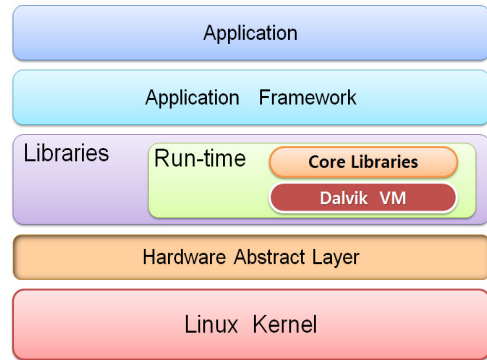
2.2 Android 플랫폼과 Android 기반 NFC

2.2.1 Android 플랫폼

안드로이드는 모바일 소프트웨어 플랫폼을 제공하는 것을 목적으로 하는 기술 그룹과 모바일 회사인 개방 핸드셋 연합에 의해 제공되는 Open-Source 소프트웨어 스택이다. 안드로이드 플랫폼은 작동 시스템, 미들웨어 그리고 애플리케이션을 포함하며 애플리케이션 프레임워크 재사용, 통합된 브라우저, 최적화된 그래픽, 미디어 지원, 네트워크 기술 등과 같은 최근에 발견된 일반적 특징인 모바일 장치 플랫폼을 포함한다[11][12].

그림 2의 안드로이드 구조는 다섯 개의 층으로 구성된다. 리눅스 커널을 기반으로 하드웨어 추상 계층, 네이

티브 라이브러리, 실시간 영역, 애플리케이션 프레임워크, 애플리케이션이다.



[그림 2] 안드로이드 플랫폼 구조

그림 2에서 표현된 소프트웨어 계층 중에 실시간 영역은 내부 주요 라이브러리와 Dalvik VM이라는 안드로이드 전용 Virtual Machine을 제공한다. Dalvik Virtual Machine은 모바일 디바이스의 하드웨어적인 제약을 극복하기 위해 디자인되었다. 스택 기반인 Standard Java Virtual Machine과는 달리 상위 층의 자바 애플리케이션을 작동 시키는 레지스터 기반의 Virtual Machine이다.

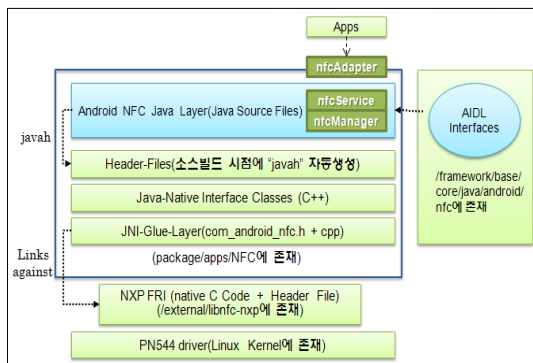
Dalvik Virtual Machine은 다중 클래스를 포함한 하나의 파일인 Dalvik Executable(.dex)라는 자신만의 바이트코드 포맷을 사용한다. 이는 최적화화된 파일로서 기존 class 파일을 dex 파일 형식으로 변환하는 dex generation 동안 반복의 최소화, 자료형의 지원 그리고 내포된 라벨링과 같은 기능을 수행할 수 있게 한다. 이러한 방식을 적용함으로써 전형적인 자바 압축(jar) 파일에 비해 작은 dex 파일로 처리하는 것이 가능하다. 설치 시간 동안 각 dex 파일은 바이트-스왑핑 그리고 패딩과 같은 확인 과정과 최적화 과정이 이루어지며 고정-링크화(static linking)와 메서드 인-라이닝은 실시간 평가의 최소화를 위해 수행되고 동시에 코드 보안 위반을 방지한다.

2.2.2 Android NFC 라이브러리

Android 2.3 GingerBread 플랫폼부터 탑재된 NFC 기술은 구글 사에서 새로운 비즈니스 모델을 창출하게 된 핵심 기술이다. 구글 사는 구글 지급이라는 기존의 물리적인 IC 카드들을 통합하여 스마트 폰 디바이스를 활용한 결제 시스템을 구축하여 서비스를 구현하였다. 이러한 모바일 결제 시스템은 RFID 기술을 도입한 형태로 기

존에도 존재하였으나 그 활용도가 매우 미진하였다. 기존의 RFID와 통신 기술을 접목한 형태에서 더욱 발전된 형태로 NFC와 스마트 폰의 결합으로 보안성과 서비스 활용성을 확대하였다. 스마트 폰의 대표적 플랫폼으로 Android 플랫폼은 다양한 하드웨어 디바이스 모델을 지원하고 오픈 소스 프로젝트로 발전되어 다양한 최신 기술들을 접목하고 활용할 수 있는 장점이 있다.

Android 플랫폼은 기존의 2.3(GingerBread) 버전에서 발전하여 4.0(IcecreamSandwich), 4.2(JellyBean)까지 Android Beam API 형태로 발전되어 왔다[11].



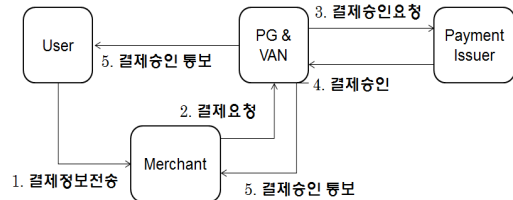
[그림 3] Android 플랫폼 Architecture[1]

그림 3에서 살펴보면 안드로이드 NFC 애플리케이션이 구동될 때 하위계층의 하드웨어 제어를 위한 PN544 driver 계층과 HCI(Host Controller Interface)를 통해 NFC칩을 관리하는 소프트웨어 스택인 FRI(포럼 Reference Implementation) 계층이 존재하고 그 위에 NFC Java 소스 파일과 Header-Files, JNI(Java-Native Interface) 클래스, android_nfc.h와 Native code과 결합하여 존재하는 JNI-Glue-Layer 계층이 순서대로 존재한다[13]. 이러한 구조를 살펴보면 최상위 계층인 애플리케이션 계층에서 NFC 디바이스의 NFCAdapter를 가져오는 클래스인 android.nfc.NFCManager 클래스와 NFC 하드웨어에 접근하기 위한 android.nfc.NFCAdapter 클래스가 주축을 이루어 실행된다[1,2]. 이와 같은 구조에서 하드웨어에 접근하는 과정에서 Native code의 구동이 빈번히 일어나야하는 특성이 있음을 알 수 있다[1]. 따라서 이러한 프로세스에서 안드로이드 실시간 처리 영역의 응답성이 NFC 서비스 실행의 안정성에 중요한 초점이 될 수 있다.

3. Android NFC Library 실시간 처리

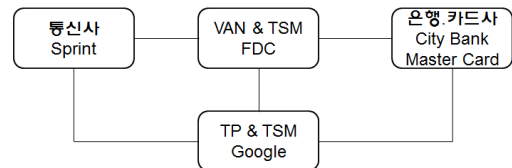
3.1 NFC 전자 결제 시스템

모바일 전자결제시스템은 그림 4와 같이 구성될 수 있다.



[그림 4] 기본적인 모바일 전자결제 시스템 구성도[2]

그림 4는 기본적인 전자결제시스템 구성도로서, 사용자와 결제 상점을 비롯한 승인 과정을 보여주고 있다. NFC 모바일 결제 시스템에서는 이와 같은 구성에서 TSM(Trusted Service Manager)를 구축하여 시스템에 도입함으로써 결제 정보의 보안성과 각 기관들의 정보를 안전하게 관리 공급해 줌으로써 전자 결제 시스템의 안정성을 도모하고 있다. 아래 그림 5는 대표적 NFC 전자 결제 시스템인 구글 월렛 서비스의 간략한 구조도이다.



[그림 5] 구글 월렛 서비스 구조도[2]

3.2 NFC 전자 결제 시스템의 흐름에 따른 Andrid 실시간 실행 처리

Android 플랫폼의 실시간 처리 영역은 Dalvik VM 과 Core Library로 구성되어 있다. Android 플랫폼의 NFC Library는 이 Core Library와 Android 애플리케이션 프레임워크에 존재하는 Library가 상호 연동하여 실행된다. 실시간 처리에 있어 결제 시스템의 흐름에 따라 통신과 근거리 접촉의 물리적인 접근에 의한 방식에 따라 기본적인 VM에서 추가된 장기 추적 방식 적시 컴파일 (Longer Traced-based JIT Compiler)을 사용하여 처리할 수 있다[6]. Dalvik VM은 추적에 제약을 두어서 조건 분기 명령어나 메소드 호출시 추적을 중단하게 되어 있

다. 따라서 하나의 컴파일 단위가 매우 작은 수의 바이트 코드로 이루어진다. 이는 컴파일 오버헤드를 낮출 수 있으나, 작은 수의 바이트코드는 컴파일을 통한 최적화에 한계가 있다. 이로 인해 경로 기반 컴파일의 장점을 충분히 발휘하지 못한다는 단점이 있다[6].

Dalvik VM에 적용된 추적 기반 방식에 있어 추적의 제약을 극복하고자 한 번의 추적 시에 좀 더 많은 바이트 코드에 대한 추적을 수행하는 방법으로 장기 추적 방식(Longer Trace-based) JIT 컴파일 방식이 제안되었다. 이는 장기 추적을 통해 여러 바이트코드를 컴파일하면 최적화 기법을 통한 성능 향상 효과를 높일 수 있으며 조건 분기 명령어를 만나더라도 계속 추적하도록 하여 추적 결과가 반복문을 완벽하게 구성하지 못하더라도 컴파일을 수행하고 코드를 생성하는 것을 가능하게 하며, 반복문 내의 함수 호출이 많을 경우 추적이 길어지는 것을 방지할 수 있다. 하지만 최적화 기법을 적용하기 위해서는 컴파일 시간에 여유가 있어야 하며 조건 분기 명령에서 추적 경로에 있어 다른 경로로 분기를 수행할 수 있는 코드가 내부에 존재할 때, 이를 처리할 수 있도록 JIT 컴파일러의 머신 코드 생성기를 수정하여 머신 코드 수행 시에 정확한 수행이 이루어지도록 해야 하는 단점이 있다.

안드로이드 NFC 메커니즘의 관점에서 안드로이드 NFC 클래스들 중 Tag Read/Write 서비스에서는 거의 대부분 I/O dispatch 동작을 수행한다.

NFC Peer to Peer 방식의 통신 모드에서 NFC 칩의 제어상 다양한 조건 분기가 일어날 수 있는 프로세스이기 때문에 최적화를 위하여 JIT 컴파일러의 머신 코드 생성기를 수정할 필요가 있을 수 있겠다.

4. 결론 및 향후 과제

Dalvik VM의 동적 컴파일 방식은 기존의 Trace-based JIT 컴파일 방식에서 개선된 형태이다. 이는 NFC 기술의 하드웨어 제어를 위한 구동이 빈번하고 다양한 조건 분기가 많이 일어나는 프로세스 실행에서 보다 동적 실행의 효율성을 높이기 위하여 적용할 수 있는 방식들이다.

안드로이드 NFC 소프트웨어 구조를 바탕으로 NFC API의 역할과 기준에 의해 정리된 개선된 동적 컴파일 방식에 따라 기존의 추적 기반(Trace-based) JIT 컴파일 방식으로만 진행되는 동적 컴파일 방식에서 보다 효율성

을 높일 수 있을 것이다.

또한 결제 시스템을 위하여 외부 기관과 통신이 빈번히 이루어지는 상황에서는 실시간 처리의 안정성과 더불어 Android 플랫폼의 프로세스 간의 통신과 프로세스 간의 실시간 자원 공유 또한 안정성이 보장되어야 한다.

앞으로 Dalvik VM에 적용할 수 있는 보다 최적화된 동적 컴파일 정책을 연구 발전시키기 위하여 제안된 방식을 응용, 개선 하여야 한다.

참고 문헌

- [1] 김도균, NFC 기술 응용분야와 모바일 : 월간 마이크로소프트웨어 통권, 제124호.
- [2] 김소이 (2011), 비접촉 통신기술 기반의 모바일 근거리 결제서비스 동향 및 시사점, 금융결제원 지급결제와 정보기술, pp.31-67.
- [3] 김종대 (2011), NFC, 모바일 서비스의 한계를 넘는다, LG Business Insight, pp.16-29.
- [4] 마건일, 이형찬, 이정현, 모바일 무선 지갑 서비스를 위한 근거리 무선 연결 보호기법 : 정보과학회 논문지
- [5] 송실대학교 산학협력단 (2011), NFC 개인정보보호 대책, 한국인터넷진흥원.
- [6] 오형석, 문수목 (2011), 달빅 가상 머신에서의 장기 추적 방식 적시 컴파일 : 정보과학회논문지 제38권 제3호, pp. 153-158
- [7] 이수미, 임형진, 장재환, 성재모 (2011), 모바일 NFC 기반 보안 동향, TTA저널, 136(1), pp.52-57.
- [8] 한국인터넷진흥원, NFC 개인정보보호대책
- [9] Yuan Ahang, Min Yang, Bo Zhou, Zhemin Yang, Weihua Zhang, Binyu Zang (2012), Swift: A Register-based JIT Compiler for Embedded JVMs : VEE'12 London England UK, pp. 63-73,
- [10] Yao-Chih Huang, Yu-Sheng Chen, Wu Yang, Jean Jyh-Jiun Shann (2010), File-Based Sharing For Dynamically Compiled Code On Dalvik Virtual Machine : 2010 IEEE, pp. 489-494.
- [11] Google (2010), Android JIT compiler Dalvik VM, Google IO
- [12] Android Developers Guide, developer.android.com/guide/topics/nfc/index.html
- [13] NFC Forum, www.nfc-forum.org.

유 현 주



- 1998년 2월 : 경남대학교 전산통계학과(이학사)
- 2002년 8월 : 경남대학교 전자계산교육학과(교육학석사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 경남대학교 첨단공학과(융합IT전공) 박사과정
- 관심분야 : Java Technology,

Home Networking, Mobile 플랫폼, Android Programming, NFC

· E-Mail : comjoo@kyungnam.ac.kr

정 민 수



- 1986년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1988년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1994년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
- 1990년 9월 ~ 현재 : 경남대학교

컴퓨터공학과 정교수

· 관심분야 : Java Technology, Home Networking, Mobile 플랫폼, Android Programming, NFC

· E-Mail : msjung@kyungnam.ac.kr