

요구사항정의서

Clock-Gating Service Manager (TrebleMaker)

2013. 09. 24

역 할	이 름
팀 장	이 동 찬
팀 원	안 재 홍
팀 원	조 준

개정 이력

버전	개정일자	개정 내역	작성자	검토자	승인자
0.1	2013/09/02	초안 작성	이동찬	-	-
1.0	2013/09/27	초안 완성	이동찬 안재홍 조준	이동찬	이동찬

목 차

1. 개요	1
1.1 문서의 목적	1
1.2 사용자 구분	1
1.2.1 System Programmer	1
1.2.2 Application Programmer	1
1.2.3 Power Analyst	1
1.3 용어 정의 및 약어	2
1.3.1 용어 정의	2
1.3.2 약어	2
1.4 참고 문헌	3
 2. 사용자 요구사항	4
2.1 시스템 개념 및 설계	4
2.2 시스템 사용 시나리오	6
2.3 사용자 기능 요구사항	7
 3. 시스템 요구사항	8
3.1 하드웨어 기능 요구사항	8
3.2 시스템 소프트웨어 요구사항	8
3.3 소프트웨어 인터페이스 요구사항	9
3.4 소프트웨어 기능 요구사항	9
3.5 성능 요구사항	10

1. 개요

1.1 문서의 목적

본 문서는 Clock-Gating Service Manager 과제의 요구사항정의서로, 사용자 관점에서의 요구사항을 도출하고 제공하는 Framework을 구체화 하는 내용을 포함하고 있다.

본 문서는 Clock-Gating 기술을 ARM Cortex-A Series의 Embedded Linux에 적용하는 것부터 Application 개발자가 해당 Framework의 API를 호출해 기능을 적용하는 것 까지 최대한 구체적으로 기술하려고 하였으며 보다 쉽게 설명하고자 한다. 또한, 전력 측정 방식을 포함하며 측정 시나리오, CPU Register Analysis Document, Power Measurement Program 등에 대해서도 다루고 있다.

본 문서의 대상자는 Clock-Gating Driver 적용 및 System 설계를 위한 개발자와 해당 기술을 응용하여 사용함으로써 Application 을 개발하는 Application 개발자, 그리고 실제 Clock-Gating으로 인해 변경되는 평균/누적 소비 전력을 측정하는 Power Analyst로 나뉠 수 있다.

1.2 사용자 구분

1.2.1 System Programmer

ARM Cortex-A Series (본 과제에서는 ARM Cortex-A9 Samsung Exynos 4210 에 한함)에 Linux Device Driver for Clock-Gating을 적용하게 되는 System Programmer가 있어야 한다. 이 사람은 Device Driver를 설계 및 구현하여 ARM CPU에 올려진 Embedded Linux에 적용할 수 있어야 한다.

1.2.2 Application Programmer

기본적인 Android Default Application을 비롯한 일반적인 Application을 개발하는 사람으로 우리가 제공하는 Clock-Gating Service Framework을 상속받아 적용시킬 수 있어야 한다. 즉, Application 개발 단계에서 해당 API를 호출하여 적절하게 Clock-Gating 기술을 적용시키도록 해야 한다.

1.2.2 Power Analyst

Clock-Gating Service Manager의 사용 여부에 따른 평균 혹은 누적 전력 소비량의 측정을 할 수 있도록 시스템을 설계하고 Power Measurement Equipment (Digital Power-meter 등)를 사용하여 실제 측정이 가능한 사람이어야 한다.

1.3 용어 정의 및 약어

1.3.1 용어 정의

▶ Clock-Gating

ARM Cortex에서 정의하는 Hardware적인 기술의 일종으로 PMU의 CMU에서 Clock을 공급할지 여부를 이용해 전력을 최소화하는 기술이다. 즉, IP Block에서 일정 기능에 공급되는 Clock을 0으로 만들어 Load Power가 최소화되도록 하는 기술로 누수 전력을 줄일 수 있게 된다.

▶ Target Device

Clock-Gating 기술이 적용 가능한 ARM Cortex-A Series CPU를 탑재한 목표 장비를 의미한다.

▶ ARM Cortex-A Series

ARM의 Complex OS와 User Application을 위한 Application Processors로 비교적 고성능 CPU 계통이며 Thumb 및 Thumb-2 Instruction을 모두 지원한다.

▶ Power Measure Equipment

Target Board의 소비 전력을 측정할 수 있는 장비를 의미한다. 보통 Digital Power-meter라고도 통칭되며 실시간으로 소비 전력을 측정해 누적 혹은 평균치를 계산하여 전력 소비량을 측정할 수 있다.

1.3.2 약어

▶ CMU

Clock Management Unit

▶ PMU

Power Management Unit

▶ IP-Block

Intellectual Property Block

▶ UFR

User Function Requirement

▶ SFR

Software Function Requirement

▶ SHR

System Hardware Requirement

▶ SSR

System Software Requirement

▶ SIR

Software Interface Requirement

▶ SPR

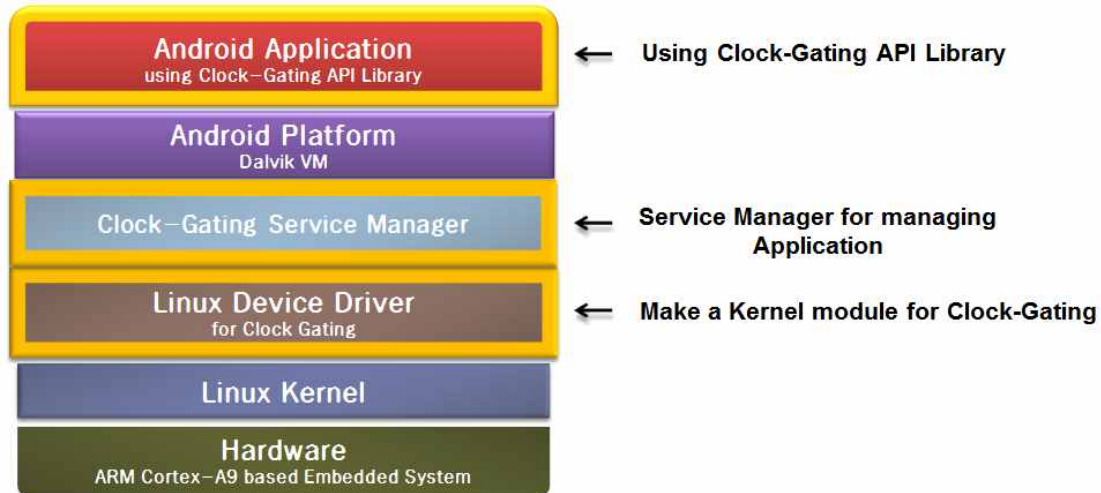
System Perform Requirement

1.4 참고문헌

- [1] Sub-clock power-gating technique for minimising leakage power during active mode (IEEE Conference Publications; Mistry, J.N.; 2011)
- [2] Power efficiency of voltage scaling in multiple clock, multiple voltage cores (ACM; Anoop Iyer; 2002)
- [3] Reducing Switching Power with Intelligence Clock Gating (Xilinx; F. Rivoallon; 2011)
- [4] Low Power SoC Technology Wireless Terminals (ETRI; S.B. Hyun, 2008)
- [5] Clock Gating for Power Optimization in ASIC Design Cycle (TI; Jairam S, 2008)

2. 사용자 요구사항

2.1 시스템 개념 및 설계



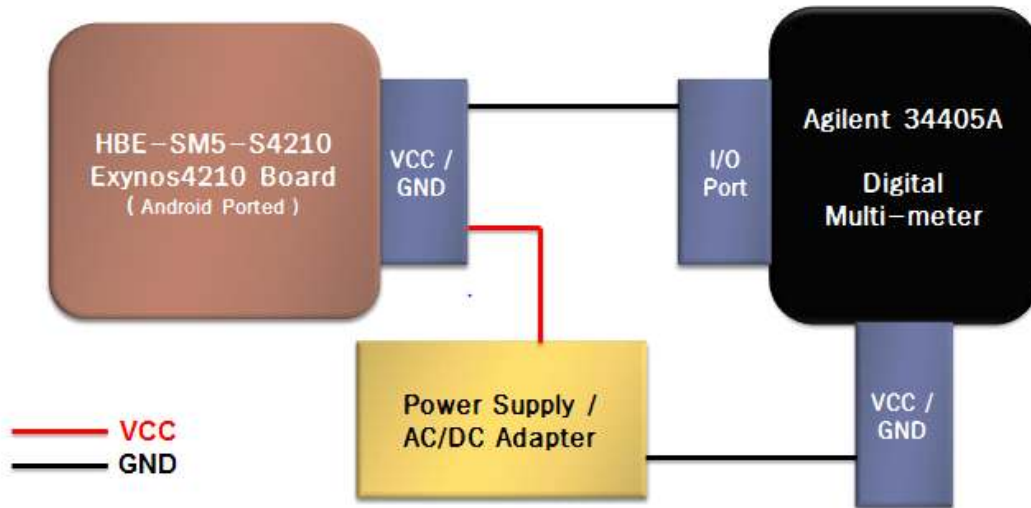
[그림 1] System Architecture

먼저 [그림 1]의 아래 부분부터 보면 ARM Cortex-A9-based Embedded System을 기반으로 Linux Kernel이 올라가 있는 상태를 기준으로 Clock-Gating Device Driver가 탑재된다. Kernel Module로써의 Device Driver가 정상적으로 올라가면 Clock-Gating Service Manager가 그 Device Driver를 중심으로 여러 가지 Application에 기능을 제공하는 형식이다.

Clock-Gating Service Manager는 Android-Java를 기반으로 제작된 것이 있고 Linux-C/C++ 기반으로 작성된 것이 있으나 둘 간의 기능상은 Message 기반의 Socket Communication으로 통신하기 때문에 전혀 차이점이 없다.

따라서 Android Application에서는 Clock-Gating Service API를 호출함으로써 Clock-Gating Service Manager가 IP Module 단위, 혹은 기능 단위별로 Clock-Gating을 수행하도록 하게 되며 이는 어떤 기반으로 되어있든지 상관이 없다. 그리고 자체적으로 Application을 관리하여 Android Application이 종료되는 시점에서는 원상태로 복귀를 시키게 되며 중복적으로 요청을 해도 모든 요청을 종합해서 문제가 없도록 설계되었다.

마지막으로 Clock-Gating Service Manager의 소비 전력 최소화 기법에 대해 좀 더 구체적으로 설명하면 초기 Smart Device가 부팅된 시점에서는 최소한의 H/W Module로만 동작하도록 나머지 H/W Module에 대해서는 Clock을 공급하지 않는 상태이며 이 상태에서 Service Manager가 각 Application에서 사용할 H/W Module에 Clock이 공급되도록 하는 역할을 수행한다. 이러한 일련의 과정 때문에 쓰지 않는 H/W Module에 Clock이 공급되지 않으므로 Smart Device는 Battery를 효율적으로 사용할 수 있다.



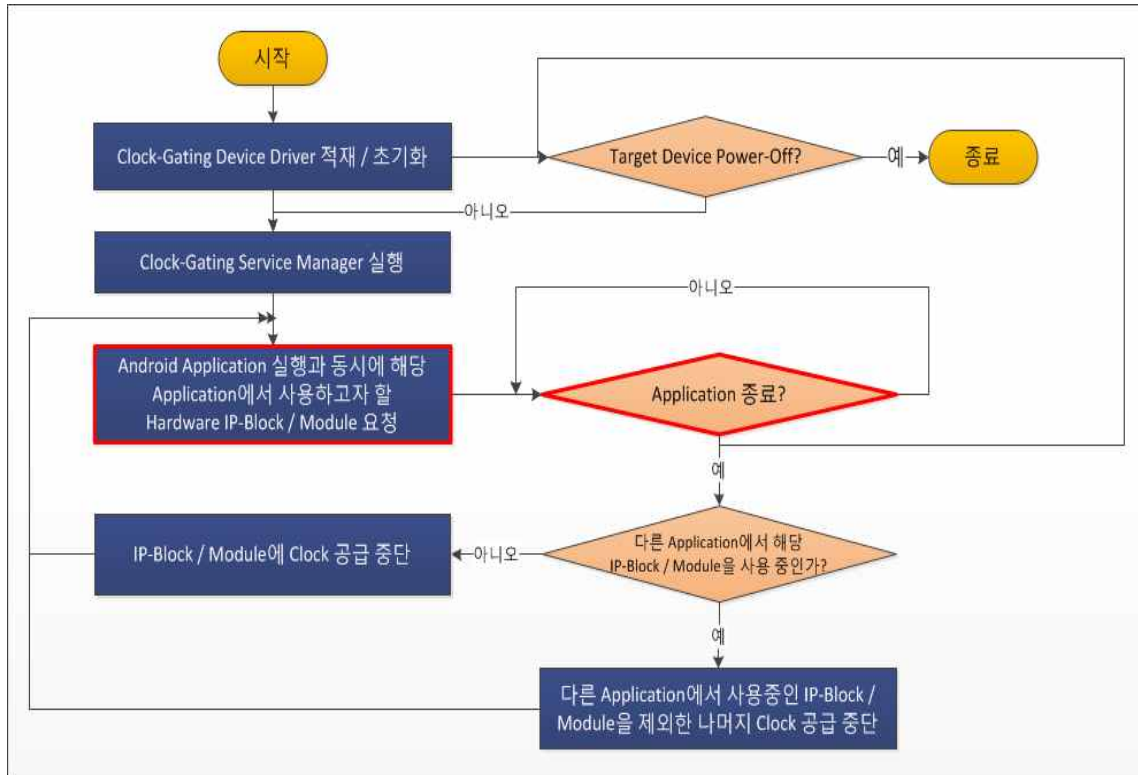
[그림 2] Power Measurement System

[그림 2]는 전력 소모 효율을 측정하기 위한 설계도 이다. 전류 측정을 위하여 HBE-SM5-S4210 보드와 Agilent 34405A Power Meter와 직류로 연결되어야 하고, 전압 측정을 위하여 병렬로 연결 되어야 한다.

Agilent Digital Multimeter인 34405A에서 실시간으로 전력을 측정하면 출력되는 값들을 사용자가 DAQ(Data Acquisition)하여 사용할 수 있도록 하는 환경을 제공한다. 연결 상태 확인용 프로그램인 Agilent Connection Expert와 사전에 DAQ Query를 이용해 Simulation을 할 수 있는 Agilent Command Expert, 마지막으로 실제로 DAQ Program을 제작하는 데에 사용되는 각종 API를 포함하고 있는 Library를 제공한다.

따라서 이를 이용해 전력 소모의 감소량을 파악하기 위하여, 순간전력, 최고 임계 순간 전력, 최저 임계 순간 전력을 측정한다. 누적 전력량을 파악하기 위하여 1분에 약 132 회 측정 및 합산하여 1 분간 전력에 대한 기준 대비 효율성에 대해 분석할 수 있다.

2.2 시스템 사용 시나리오



[그림 3] 시스템 사용 시나리오를 위한 흐름도

[그림 3]은 Clock-Gating Service Manager의 시스템 사용 시나리오를 위한 흐름도를 나타낸다. 위의 「2.1 시스템 개념 및 설계」 부분에서 설명한 대로 초기 부팅부터 시스템이 종료되는 시점까지 모든 과정이 흐름도로 표현되어 있으며 각각의 경우에 대한 대응도 나타내고 있다.

특히, 빨간색 테두리로 표기된 흐름 부분에서의 Application의 실행과 종료 시점은 단순히 1개의 관점이 아닌 여러 개의 Application을 기점으로 서술되어야 하며 이를 중심으로 Application 종료까지 관리되고 있음을 보여준다.

또한, Application 종료에서 다른 Application에서 동일한 기능의 Hardware IP-Block / Module을 사용 중인 경우에는 그 Application의 정상적인 동작을 위해서 해당 기능에 대한 Clock 변경 없이 자신만 독자적으로 사용했던 Hardware IP-Block / Module에 대해서만 Clock 공급을 중단하여 종료시키는 것도 나타내주고 있다.

다만, Clock-Gating Service Manager의 시작과 종료 시점은 Target Device의 Power-On / Off를 기준으로 하기 때문에 정확하게 표현하지 못한다.

2.3 사용자 기능 요구사항

Req. ID	요구사항 내용	중요도	출처
UFR.001	Android/Linux-based Application 개발자에 의해 Clock-Gating Service Manager에서 제공하는 API가 호출될 수 있어야 한다.	당연	시스템 설계자

Req. ID	요구사항 내용	중요도	출처
UFR.002	각각의 Clock-Gating Service API가 서로 충돌 없이 종합하여 동작할 수 있어야 한다.	당연	시스템 설계자

Req. ID	요구사항 내용	중요도	출처
UFR.003	Power Measure Equipment에 의해 평균/누적 전력이 측정 가능하도록 설계되어야 한다.	당연	시스템 설계자

3. 시스템 요구사항

3.1 하드웨어 기능 요구사항

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SHR.001	Target Device는 반드시 ARM Cortex-A Series로 Clock-Gating 기술을 적용할 수 있도록 설계가 되어있어야 한다. 이 과제에서는 Samsung Electronics Co., Ltd. 의 Exynos 4210 CPU를 기반으로 진행한다.	당연	UFR.001

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SHR.002	Target Device는 최대한 안정적으로 전원을 공급하도록 설계가 되어있어야 하며 불필요한 전력을 소비하지 않는 구조로 설계가 되어있어야 한다.	매력	UFR.003

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SHR.003	Target Device의 전원 공급 장치는 전력 측정을 원활히 하기 위해 Power Measure Equipment 혹은 Power Digital Meter 등과 연동이 가능한 구조로 설계되어있어야 한다.	매력	UFR.003

3.2 시스템 소프트웨어 요구사항

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SSR.001	Target Device는 반드시 Linux OS가 설치 되어있어야 한다.	당연	UFR.001

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SSR.002	Target Device는 반드시 Linux Device Driver를 사용자가 임의로 설치할 수 있도록 되어있어야 한다.	당연	UFR.001

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SSR.003	Target Device는 Linux/Android를 기반으로 동작해야하며 여러 종류의 다양한 Application에서 Android-based Clock-Gating Service Manager Framework를 사용할 수 있어야 한다.	매력	UFR.002

3.3 소프트웨어 인터페이스 요구사항

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SIR.001	Application 개발자가 Application 개발 시점에서 Clock-Gating Service Manager를 사용할 수 있도록 설계가 되어있어야 한다.	당연	UFR.001

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SIR.002	Clock-Gating Device Driver는 Clock-Gating Service Manager에서 접근 시 권한 문제가 일어나지 않도록 하는 Manifest 등이 설정되어 있어야 한다.	당연	UFR.001

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SIR.003	Application이 실제로 완성되어 Target Device에서 실행되면 Clock-Gating Service Manager에 의해 Application에 이상이 생기거나 실행에 방해가 되지 않아야한다.	매력	UFR.001 UFR.002

3.4 소프트웨어 기능 요구사항

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SFR.001	Clock-Gating Service Manager를 통해 Clock-Gating 기술이 적용된 Application은 실제로 해당 기능에 대한 Clock의 공급 여부가 변경되어 전력 소모량에 영향을 미쳐야 한다.	당연	UFR.003

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SFR.002	Clock-Gating 기술이 적용된 Application의 실행이 종료되면 사용했던 IP Block의 Clock 공급을 다시 원래대로 복구 (공급 제거)해야 한다.	당연	UFR.002

3.5 성능 요구사항

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SPR.001	Clock-Gating Service Manager를 통해 Clock-Gating 기술이 적용된 이후에는 전력 계측 장비를 통해 측정되는 평균 전력에 대해 수치적으로 변동 (하락)이 있어야한다.	당연	UFR.001 UFR.002 UFR.003

Req. ID	요구사항 내용	중요도	관련 UR
SPR.002	Clock-Gating Service Manager를 통해 Clock-Gating 기술이 적용되기 전과 후의 시스템 전체의 평균 혹은 누적전력 소비량의 감소 비율이 최소 1% 이상이 되도록 해야 한다.	당연	UFR.001 UFR.002 UFR.003