(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0061237
(43) 공개일자 2016년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 11/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 11/3003 (2013.01)
G06F 11/3013 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0063622
(22) 출원일자 2015년05월07일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
62/082,701 2014년11월21일 미국(US)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
안장혁
경기도 용인시 기흥구 지삼로107번길 124-9 (지곡동)
박지현
경기도 고양시 일산동구 백석로 26, 309동 1306호 (백석동, 흰돌마을3단지아파트)
최병주
서울특별시 강남구 압구정로 201, 74동 1305호 (압구정동, 현대아파트)
(74) 대리인
박영우

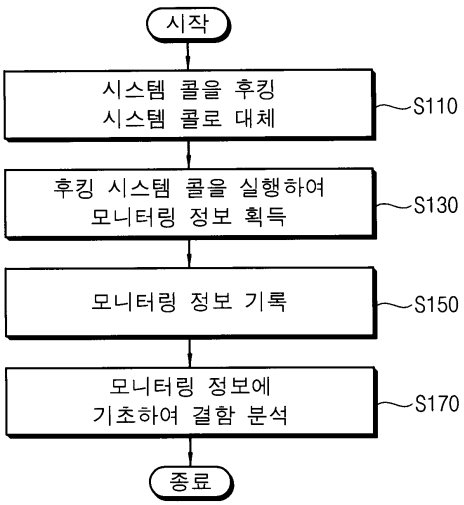
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **전자 시스템의 결함 분석 방법**

(57) 요 약

전자 시스템의 결함 분석 방법에서, 하드웨어를 액세스하는 시스템 콜이, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함하는 후킹 시스템 콜로 대체되고, 상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출될 때, 상기 후킹 시스템 콜을 실행하여 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보가 획득되며, 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석하도록 상기 모니터링 정보가 기록된다. 이에 따라, 결함 검출을 위한 전용 하드웨어 없이 하드웨어 및/또는 소프트웨어 결함이 효율적으로 분석될 수 있다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

전자 시스템의 결함 분석 방법에 있어서,

하드웨어를 액세스하는 시스템 콜을, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함하는 후킹 시스템 콜로 대체하는 단계;

상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출될 때, 상기 후킹 시스템 콜을 실행하여 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보를 획득하는 단계; 및

상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석하도록 상기 모니터링 정보를 기록하는 단계를 포함하는 결함 분석 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 시스템 콜을 상기 후킹 시스템 콜로 대체하는 단계는,

상기 전자 시스템의 운영 체제에 의해 관리되는 시스템 콜 테이블에서 상기 시스템 콜의 위치에 상기 후킹 시스템 콜을 기입하는 단계를 포함하는 결함 분석 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 후킹 시스템 콜에 포함된 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드는, 상기 시스템 콜을 실행하기 전 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드, 및 상기 시스템 콜을 실행한 후 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드를 포함하는 결함 분석 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 시스템 콜 실행 정보는, 상기 시스템 콜을 실행하는 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU)의 아이디, 상기 시스템 콜을 호출하는 프로세스의 아이디, 상기 시스템 콜의 종류, 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 상기 시스템 콜의 에러 종류(error type), 및 상기 시스템 콜의 콜 스택(call stack) 중 적어도 하나를 포함하는 결함 분석 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 하드웨어 성능 정보는, CPU 사이클, 캐시 액세스 카운트(cache access count), 캐시 미스 비율(cache miss ratio), 스톨 카운터(stall counter), 및 에러 카운터(error counter) 중 적어도 하나를 포함하는 결함 분석 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 모니터링 정보는 로그 파일에 기록되고,

모니터 시스템이 상기 로그 파일에 기록된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석하는 결함 분석 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서, 상기 기록된 모니터링 정보는 모니터 시스템에 실시간으로 전달되고,

상기 모니터 시스템은 상기 실시간으로 전달된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 실시간으로 분석하는 결함 분석 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 파라

미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 및 상기 시스템 콜의 에러 종류 중 적어도 하나에 기초하여 소프트웨어 결함 또는 하드웨어 결함으로 구분되는 결함 분석 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서, 상기 전자 시스템의 상기 결함이 상기 하드웨어 결함으로 판단된 경우, 상기 시스템 콜 실행 정보 및 상기 하드웨어 성능 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 상기 결함이 상기 전자 시스템에 포함된 CPU의 결함인지 또는 다른 하드웨어의 결함인지 여부가 판단되는 결함 분석 방법.

청구항 10

전자 시스템의 결함 분석 방법에 있어서,

하드웨어를 액세스하는 시스템 콜을, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함하는 후킹 시스템 콜로 대체하는 단계;

상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출될 때, 상기 후킹 시스템 콜을 실행하여 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보를 획득하는 단계;

상기 모니터링 정보를 로그 파일에 기록하는 단계; 및

상기 로그 파일에 기록된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석하는 단계를 포함하는 결함 분석 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 반도체 장치 테스트에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전자 시스템의 결함 분석 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 모바일 시스템-온-칩(System-On-Chip; SOC)과 같은 전자 시스템에서, 고온 조건이 지속되거나, 하드웨어 마진이 부족하거나, 전압 변동(voltage fluctuation)이 발생하는 경우, 데이터 오류(data corruption) 또는 데이터 손실(data loss)을 유발하는 결함이 발생할 수 있다. 한편, 이러한 결함이 소프트웨어 결함인지 또는 하드웨어 결함인지 구분하기 곤란하거나, 또는 하드웨어 결함으로 판단되더라도 결함의 원인이 어떠한 하드웨어에 있는지를 판단하기 곤란한 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 일 목적은 전자 시스템의 결함을 효율적으로 분석할 수 있는 전자 시스템의 결함 분석 방법을 제공하는 것이다.

[0004] 다만, 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 상기 언급된 과제에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 일 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서, 하드웨어를 액세스하는 시스템 콜이, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함하는 후킹 시스템 콜로 대체되고, 상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출될 때, 상기 후킹 시스템 콜을 실행하여 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보가 획득되며, 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석하도록 상기 모니터링 정보가 기록된다.

[0006] 일 실시예에서, 상기 시스템 콜을 상기 후킹 시스템 콜로 대체하도록, 상기 전자 시스템의 운영 체제에 의해 관리되는 시스템 콜 테이블에서 상기 시스템 콜의 위치에 상기 후킹 시스템 콜이 기입될 수 있다.

[0007] 일 실시예에서, 상기 후킹 시스템 콜에 포함된 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드는, 상기 시스템 콜을 실행하기 전 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드, 및 상기 시스템 콜을 실행한 후 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드를 포함할 수 있다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 시스템 콜 실행 정보는, 상기 시스템 콜을 실행하는 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU)의 아이디, 상기 시스템 콜을 호출하는 프로세스의 아이디, 상기 시스템 콜의 종류, 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 상기 시스템 콜의 에러 종류(error type), 및 상기 시스템 콜의 콜 스택(call stack) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 하드웨어 성능 정보는, CPU 사이클, 캐시 액세스 카운트(cache access count), 캐시 미스 비율(cache miss ratio), 스톨 카운터(stall counter), 및 에러 카운터(error counter) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 모니터링 정보는 로그 파일에 기록되고, 모니터 시스템이 상기 로그 파일에 기록된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 기록된 모니터링 정보는 모니터 시스템에 실시간으로 전달되고, 상기 모니터 시스템은 상기 실시간으로 전달된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 실시간으로 분석할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 및 상기 시스템 콜의 에러 종류 중 적어도 하나에 기초하여 소프트웨어 결함 또는 하드웨어 결함으로 구분될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함이 상기 하드웨어 결함으로 판단된 경우, 상기 시스템 콜 실행 정보 및 상기 하드웨어 성능 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 상기 결함이 상기 전자 시스템에 포함된 CPU의 결함인지 또는 다른 하드웨어의 결함인지 여부가 판단될 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭된 것을 나타내고, 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하되지 않은 것을 나타낼 때, 상기 전자 시스템에 포함된 상기 CPU의 결함으로 판단될 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고, 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하되지 않은 것을 나타낼 때, 상기 전자 시스템에 포함된 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단될 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고, 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하된 것, 및 재시도(retry) 또는 스톨(stall)이 발생된 것을 나타낼 때, 상기 전자 시스템에 포함된 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단될 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고, 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하된 것, 재시도 또는 스톨이 발생된 것, 및 상기 CPU와 상기 다른 하드웨어 사이에서 교환되는 데이터에 에러가 발생되지 않은 것을 나타낼 때, 상기 전자 시스템에 포함된 상기 CPU의 결함으로 판단될 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 상기 결함은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고, 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하된 것, 재시도 및 스톨이 발생되지 않은 것, 및 상기 CPU와 상기 다른 하드웨어 사이에서 교환되는 데이터에 에러가 발생된 것을 나타낼 때, 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 에러 카운터에 따라 상기 CPU의 결함으로 또는 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단될 수 있다.

[0019] 상기 일 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서, 하드웨어를 액세스하는 시스템 콜이, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함하는 후킹 시스템 콜로 대체되고, 상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출될 때, 상기 후킹 시스템 콜을 실행하여 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보가 획득되며, 상기 모니터링 정보를 로그 파일에 기록되고, 상기 로그 파일에 기록된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함이 분석된다.

[0020] 일 실시예에서, 상기 전자 시스템의 구조가 분석될 수 있고, 상기 전자 시스템의 상기 결함은 상기 모니터링 정보 및 상기 분석된 구조에 기초하여 분석될 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 시스템 콜을 상기 후킹 시스템 콜로 대체하도록, 상기 전자 시스템의 운영 체제에 의해 관리되는 시스템 콜 테이블에서 상기 시스템 콜의 위치에 상기 후킹 시스템 콜이 기입될 수 있다.

[0022] 일 실시예에서, 상기 후킹 시스템 콜에 포함된 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드는, 상기 시스템 콜을 실행하기 전 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드, 및 상기 시스템 콜을 실행한 후 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드를 포함할 수 있다.

[0023] 일 실시예에서, 상기 시스템 콜 실행 정보는, 상기 시스템 콜을 실행하는 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU)의 아이디, 상기 시스템 콜을 호출하는 프로세스의 아이디, 상기 시스템 콜의 종류, 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 상기 시스템 콜의 에러 종류(error type), 및 상기 시스템 콜의 콜 스택(call stack) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, 상기 하드웨어 성능 정보는, CPU 사이클, 캐시 액세스 카운트(cache access count), 캐시 미스 비율(cache miss ratio), 스톨 카운터(stall counter), 및 에러 카운터(error counter) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법은, 시스템 콜이 실행될 때 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 모니터링 정보를 획득함으로써, 결함 검출을 위한 전용 하드웨어 없이 하드웨어 및/또는 소프트웨어 결함을 효율적으로 분석할 수 있다.

[0026] 다만, 본 발명의 효과는 상기 언급한 효과에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법을 나타내는 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 시스템 콜을 후킹 시스템 콜로 대체하는 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 이용되는 후킹 시스템 콜의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 모니터링되는 소프트웨어 계층들을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 하드웨어 성능 정보가 수집되는 위치들을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 기록되는 모니터링 정보의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 결함의 원인이 분석되는 일 예를 설명하기 위한 순서도이다.

도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 결함 분석 방법을 수행하는 전자 시스템 및 모니터 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.

[0029] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본

발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 제 1, 제 2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0031] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0032] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0034] 한편, 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정 블록 내에 명기된 기능 또는 동작이 순서도에 명기된 순서와 다르게 일어날 수도 있다. 예를 들어, 연속하는 두 블록이 실제로는 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 관련된 기능 또는 동작에 따라서는 상기 블록들이 거꾸로 수행될 수도 있다.

[0035] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법을 나타내는 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 시스템 콜을 후킹 시스템 콜로 대체하는 일 예를 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 이용되는 후킹 시스템 콜의 일 예를 나타내는 도면이고, 도 4은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 모니터링되는 소프트웨어 계층들을 설명하기 위한 도면이며, 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 하드웨어 성능 정보가 수집되는 위치들을 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 기록되는 모니터링 정보의 일 예를 설명하기 위한 도면이며, 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서 결함의 원인이 분석되는 일 예를 설명하기 위한 순서도이다.

[0037] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법에서, 상기 전자 시스템에 포함된 하드웨어를 시스템 콜이 호출될 때 상기 시스템 콜을 대신하여 후킹 시스템 콜이 호출되도록, 상기 시스템 콜이 후킹 시스템 콜로 대체될 수 있다(S110). 상기 전자 시스템은 결함이 분석되는 임의의 전자 시스템일 수 있다. 실시예에 따라, 상기 전자 시스템은 모바일 시스템-온-칩(System-On-Chip; SOC) 또는 임의의 컴퓨팅 시스템, 예를 들어, 휴대폰(Mobile Phone), 스마트 폰(Smart Phone), 태블릿 컴퓨터(Tablet Computer), 웨어러블 전자 기기(Wearable Electronic Device), 개인용 컴퓨터(Personal Computer; PC), 서버 컴퓨터(Server Computer), 워크스테이션(Workstation), 개인 정보 단말기(Personal Digital Assistant; PDA), 휴대형 멀티미디어 플레이어(Portable Multimedia Player; PMP), 디지털 카메라(Digital Camera), 음악 재생기(Music Player), 휴대용 게임 콘솔(Portable Game Console), 네비게이션(Navigation) 시스템 등일 수 있다.

[0038] 일 실시예에서, 상기 시스템 콜이 상기 후킹 시스템 콜로 대체되도록, 상기 전자 시스템의 운영 체제에 의해 관리되는 시스템 콜 테이블에서 상기 시스템 콜의 위치에 상기 후킹 시스템 콜이 기입될 수 있다. 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 원본 시스템 콜(210a, 230a, 250a)(또는 원본 시스템 콜의 포인터)을 저장하는 시스템

콜 테이블(200a)이 원본 시스템 콜(210a, 230a, 250a)에 상응하는 후킹 시스템 콜(210b, 230b, 250b)(또는 후킹 시스템 콜의 포인터)를 저장하는 시스템 콜 테이블(200b)로 변환될 수 있다. 일 실시예에서, 시스템 콜 테이블(200a, 200b)에 저장된 시스템 콜들 중 상기 전자 시스템에 포함된 하드웨어(예를 들어, 메모리, 저장 장치, 입출력 장치 등)을 접근하는 시스템 콜들(210a, 230a, 250a)이 후킹 시스템 콜들(210b, 230b, 250b)로 대체될 수 있다. 예를 들어, 시스템 콜 테이블(200a, 200b)에서, sys_write()의 시스템 콜(210a)의 위치에 hook_sys_write()의 후킹 시스템 콜(210b)이 기입되고, sys_read()의 시스템 콜(230a)의 위치에 hook_sys_read()의 후킹 시스템 콜(230b)이 기입되며, sys_ioctl()의 시스템 콜(250a)의 위치에 hook_sys_ioctl()의 후킹 시스템 콜(250b)이 기입될 수 있다. 이에 따라, 시스템 콜 테이블(200a, 200b)을 참조하여 시스템 콜(210a, 230a, 250a)을 호출하는 상기 운영 체제의 커널이, 시스템 콜(210a, 230a, 250a)을 대신하여 후킹 시스템 콜(210b, 230b, 250b)을 호출할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 시스템 콜이 상기 후킹 시스템 콜로 대체되도록, 상기 후킹 시스템 콜(또는 상기 후킹 시스템 콜의 포인터)을 포함하는 후킹 시스템 콜 테이블을 생성하고, 상기 후킹 시스템 콜 테이블이 원본 시스템 콜 테이블을 대신하여 상기 운영 체제의 커널에 의해 참조되도록 할 수 있다.

[0039] 상기 후킹 시스템 콜은, 상기 시스템 콜(즉, 원본 시스템 콜)을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함할 수 있고, 상기 시스템 콜을 대신하여 호출될 수 있다. 따라서, 상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출되어 실행될 때, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드에 의해 상기 시스템 콜이 실행될 뿐만 아니라, 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드에 의해 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보가 획득될 수 있다(S130). 즉, 상기 후킹 시스템 콜이 실행됨으로써, 상기 시스템 콜의 실행에 관한 정보(즉, 상기 시스템 콜 실행 정보)뿐만 아니라, 상기 전자 시스템에 포함된 하드웨어(예를 들어, 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU), 메모리, 저장 장치, 입출력 장치 등)의 성능에 관한 정보(즉, 상기 하드웨어 성능 정보)가 수집될 수 있다.

[0040] 일 실시예에서, 상기 후킹 시스템 콜에 의해 획득되는 상기 시스템 콜 실행 정보는, 상기 시스템 콜을 실행하는 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU)의 아이디, 상기 시스템 콜을 호출하는 프로세스의 아이디, 상기 시스템 콜의 종류, 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 상기 시스템 콜의 에러 종류(error type), 및 상기 시스템 콜의 콜 스택(call stack) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 전자 시스템은 복수의 CPU들(또는 복수의 CPU 코어들)을 포함할 수 있고, 상기 시스템 콜 실행 정보는 상기 시스템 콜을 실행하는 CPU가 상기 복수의 CPU들 중 어느 CPU인지를 나타내도록 상기 시스템 콜을 실행하는 CPU의 아이디를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 프로세스의 아이디는 현재 실행되고 있는 복수의 프로세스들 중 어느 프로세스가 상기 시스템 콜을 호출 또는 실행한 프로세스인지를 나타낼 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 종류는 상기 시스템 콜이 sys_write(), sys_read() 또는 sys_ioctl() 중 어느 시스템 콜인지를 나타낼 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 파라미터들은, 상기 후킹 시스템 콜이 호출하는 프로세스로부터 제공받은 파라미터들로서, 상기 시스템 콜이 접근하는 하드웨어의 아이디, 어드레스 및 사이즈를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 리턴 값은, 상기 후킹 시스템 콜이 상기 시스템 콜을 실행한 후 리턴 받은 리턴 값일 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 시스템 콜의 에러 종류는, 상기 후킹 시스템 콜이 상기 시스템 콜을 실행한 후 상기 리턴 값으로서 에러를 나타내는 리턴 값을 리턴 받은 후, 에러 종류를 나타내는 변수(예를 들어, errno)의 값일 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 콜 스택은 상기 후킹 시스템 콜을 호출한 서브루틴(subroutine)들에 대한 정보를 저장하는 스택 데이터 구조(stack data structure)일 수 있다.

[0041] 또한, 일 실시예에서, 상기 하드웨어 성능 정보는 상기 전자 시스템에 포함된 하드웨어 성능 카운터(hardware performance counter)(또는 상기 전자 시스템의 프로세서에 포함된 특정 목적 레지스터들(special-purpose registers))를 이용하여 획득될 수 있고, CPU 사이클(cycle), 캐시 액세스 카운트(cache access count), 캐시 미스 비율(cache miss ratio), 스톨 카운터(stall counter), 및 에러 카운터(error counter) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 상기 CPU 사이클은 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 CPU의 클록 사이클의 수일 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 상기 캐시 액세스 카운트는 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 캐시(예를 들어, L1 데이터 캐시, L1 명령어 캐시 또는 L2 캐시)가 액세스된 횟수를 나타낼 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 상기 캐시 미스 비율은 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 상기 캐시에 대한 전체 액세스 횟수들 중 캐시 미스가 발생한 횟수의 비율일 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 상기 스톨 카운터는 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 CPU에서 발생한 스톨(stall)의 횟수일 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 하드웨어 성능 정보에 포

함된 상기 에러 카운터는 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 에러 발생 횟수를 나타낼 수 있다.

[0042] 한편, 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, sys_write()의 원본 시스템 콜을 대체하는 hook_sys_write()의 후킹 시스템 콜(300)은, sys_write()의 원본 시스템 콜을 실행하는 코드(310), 및 상기 하드웨어 성능 정보 및/또는 상기 시스템 콜 실행 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드(330, 335)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 후킹 시스템 콜(300)이 실행되면, 원본 시스템 콜을 실행하는 코드(310)에 의해 상기 원본 시스템 콜이 실행될 뿐만 아니라, 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드(330, 335)에 의해 상기 하드웨어 성능 정보 및/또는 상기 시스템 콜 실행 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보가 획득될 수 있다. 한편, 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드(330, 335)는 하드웨어 성능 카운터(Hardware Performance Counter)로부터 상기 하드웨어 성능 정보를 획득할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 후킹 시스템 콜은, 상기 모니터링 정보를 획득하는 코드(330, 335)로서, 상기 시스템 콜을 실행하기 전 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드(330), 및 상기 시스템 콜을 실행한 후 상기 하드웨어 성능 정보를 획득하는 코드(335)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 전자 시스템에 포함된 하드웨어를 액세스하는 시스템 콜의 실행 전 및/또는 후에만 상기 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보가 획득됨으로써, 상기 하드웨어 성능 정보를 일정한 시간 간격으로 계속하여 획득하는 방식에 비하여, 결함 분석을 위한 상기 모니터링 정보가 보다 효율적으로 획득될 수 있다. 또한, 일 실시예에서, 후킹 시스템 콜(300)은 상기 획득된 모니터링 정보를 기록하는 코드(350)를 더 포함할 수 있다.

[0043] 도 4는 상기 전자 시스템에서 모니터링되는 소프트웨어 계층들(430,440, 450)을 설명하기 위하여 상기 전자 시스템의 소프웨어적인 체계(hierarchy)(400)를 나타내는 도면이다. 일 실시예에서, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 전자 시스템의 체계(400)는 어플리케이션 계층(410), 프레임워크 계층(420), 가상 파일 시스템 계층(430), 코어 운영 체제(Operating System; OS) 계층(440), 디바이스 드라이버 계층(450) 및 하드웨어 계층(460)을 포함할 수 있다. 이러한 전자 시스템의 계층들(410, 420, 430, 440, 450, 460) 중, 가상 파일 시스템 계층(430), 코어 OS 계층(440) 및 디바이스 드라이버 계층(450)이 상기 후킹 시스템 콜에 의해 모니터링되어 상기 모니터링 정보가 생성될 수 있다. 또한, 상기 후킹 시스템 콜에 의해, 프레임워크 계층(420)과 가상 파일 시스템 계층(430) 사이의 포인트(425), 가상 파일 시스템 계층(430)과 코어 OS 계층(440) 사이의 포인트(435), 가상 파일 시스템 계층(430)과 디바이스 드라이버 계층(450) 사이의 포인트(455), 코어 OS 계층(440)과 디바이스 드라이버 계층(450) 사이의 포인트(445), 및 코어 OS 계층(440)과 하드웨어 계층(460) 사이의 포인트(465)가 모니터링되어 상기 모니터링 정보가 생성될 수 있다. 한편, 도 4에 도시된 상기 전자 시스템의 체계(400)는 예시적으로 도시된 체계로서, 본 발명의 실시예들에 따른 상기 전자 시스템은 이에 한정되지 않고, 다양한 체계들을 가질 수 있다.

[0044] 도 5는 상기 전자 시스템에서 상기 하드웨어 성능 정보가 수집되는 위치들을 설명하기 위하여 전자 시스템(500)을 나타내는 도면이다. 일 실시예에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 전자 시스템(500)은 하나 이상의 CPU들(510), CPU들(510)에 각각 연결된 하나 이상의 L1 데이터 캐시들(520), CPU들(510)에 각각 연결된 하나 이상의 L1 명령어 캐시들(525), L1 데이터 캐시들(520) 및 L1 명령어 캐시들(525)에 연결된 L2 캐시(530), 및 버스(540)를 통하여 L2 캐시(530)에 연결된 메인 메모리(550)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 하드웨어 성능 카운터에 의해 획득되는 상기 하드웨어 성능 정보는, CPU들(510)과 L1 데이터 캐시들(520) 사이의 포인트(560), CPU들(510)과 L1 명령어 캐시들(525) 사이의 포인트(565), L1 데이터 캐시들(520)과 L2 캐시(530) 사이의 포인트(570), L1 명령어 캐시들(525)과 L2 캐시(530) 사이의 포인트(575), 및 L2 캐시(530)와 버스(540) 사이의 포인트(580)에서 측정될 수 있다. 한편, 도 4에 도시된 상기 전자 시스템의 구조(500)는 예시적으로 도시된 구조로서, 본 발명의 실시예들에 따른 상기 전자 시스템은 이에 한정되지 않고, 다양한 구조들을 가질 수 있다.

[0045] 상기 후킹 시스템 콜에 의해 획득된 상기 모니터링 정보는, 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함이 분석되도록, 기록될 수 있다(S150). 일 실시예에서, 상기 모니터링 정보는 로그 파일에 기록될 수 있고, 상기 로그 파일은 소정의 모니터 시스템에 제공될 수 있으며, 상기 모니터 시스템은 상기 로그 파일에 기록된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 기록된 모니터링 정보가 상기 모니터 시스템에 실시간으로 전달될 수 있고, 상기 모니터 시스템은 상기 실시간으로 전달된 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 실시간으로 분석할 수 있다.

[0046] 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 시스템 콜 실행 정보로서 CPU 아이디(610), 프로세스 아이디 및 상기 시스템 콜의 종류(630)를 포함하고, 상기 하드웨어 성능 정보로서 CPU 사이클(650) 및 캐시 액세스 카운트(670)를 포함하는 모니터링 정보(600)가 기록될 수 있다. 예를 들어, CPU 아이디(610)는 상기 전자 시스템에 포함된 복수의 CPU들 중 어느 CPU가 상기 시스템 콜을 실행하는지를 나타낼 수 있고, 상기 프로세스 아이디는 현

재 실행 중인 복수의 프로세스들 중 어느 프로세스가 상기 시스템 콜을 호출 또는 실행한 프로세스인지를 나타낼 수 있으며, 상기 시스템 콜의 종류(630)는 상기 시스템 콜이 sys_write(), sys_read() 또는 sys_ioctl() 중 어느 시스템 콜인지를 나타낼 수 있다. 또한, 예를 들어, CPU 사이클(650)은 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 CPU의 클록 사이클의 수를 나타낼 수 있고, 캐시 액세스 카운트(670)는 상기 시스템 콜을 실행하는 동안의 캐시(예를 들어, L1 데이터 캐시, L1 명령어 캐시 또는 L2 캐시)가 액세스된 횟수를 나타낼 수 있다. 한편, 일 실시예에서, 기록되는 모니터링 정보(600)는, 상기 시스템 콜 실행 정보로서, 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 상기 시스템 콜의 에러 종류, 및 상기 시스템 콜의 콜 스택 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다. 또한, 일 실시예에서, 기록되는 모니터링 정보(600)는, 상기 하드웨어 성능 정보로서, 캐시 미스 비율, 스톨 카운터, 및 에러 카운터(error counter) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

[0047] 상기 기록된 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함이 분석될 수 있다(S170). 일 실시예에서, 상기 모니터링 정보가 기록된 로그 파일을 전달받거나, 상기 모니터링 정보를 실시간으로 전달받은 소정의 모니터 시스템이 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 결함을 분석할 수 있다. 실시예에 따라, 상기 모니터 시스템은 상기 결함이 분석되는 상기 전자 시스템과 다른 컴퓨팅 시스템이거나, 또는 상기 전자 시스템이 상기 모니터링 정보를 수집한 후 그 자신이 상기 모니터 시스템의 역할을 할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 모니터 시스템은 상기 전자 시스템의 결함이 소프트웨어 결함인지 또는 하드웨어 결함인지를 분석하거나, 상기 하드웨어 결함의 경우 상기 전자 시스템에 포함된 어느 하드웨어가 결함의 원인인지를 분석할 수 있다.

[0048] 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 모니터 시스템은 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 전자 시스템의 상기 결함을 상기 소프트웨어 결함 또는 상기 하드웨어 결함으로 구분할 수 있다(S710). 예를 들어, 상기 모니터 시스템은 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 시스템 콜의 파라미터들, 상기 시스템 콜의 리턴 값, 및 상기 시스템 콜의 에러 종류 중 적어도 하나에 기초하여 상기 결함을 상기 소프트웨어 결함 또는 상기 하드웨어 결함으로 구분할 수 있다. 상기 결함이 상기 소프트웨어 결함으로 판단된 경우(S710: SW FAULT, S715), 상기 모니터 시스템은 상기 시스템 콜 실행 정보(예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 상기 프로세스 아이디)에 기초하여 어떠한 프로세스에서 상기 결함이 발생하였는지를 보고할 수 있다.

[0049] 상기 결함이 상기 하드웨어 결함으로 판단된 경우(S710: HW FAULT), 상기 모니터 시스템은 상기 시스템 콜 실행 정보 및 상기 하드웨어 성능 정보에 기초하여 상기 결함이 상기 전자 시스템에 포함된 CPU의 결함인지 또는 다른 하드웨어(예를 들어, 캐시 메모리, 메인 메모리, GPU(Graphic Processing Unit), PMU(Power Management Unit), 입출력 장치 등)의 결함인지 여부를 판단할 수 있다(S720, S730, S740, S750, S760). 일 실시예에서, 상기 모니터 시스템은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 CPU가 스위칭된 것을 나타낼 때(S720: YES), 상기 결함이 상기 CPU의 결함으로 판단할 수 있다(S725). 예를 들어, 상기 모니터 시스템은 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 CPU 아이디에 기초하여 CPU 스위칭 여부를 판단할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 모니터 시스템은 상기 하드웨어 성능 정보에 기초하여 상기 CPU의 성능 저하가 발생하였는지를 더욱 판단할 수 있고, 상기 CPU의 성능 저하가 발생하지 않았으나 상기 CPU 스위칭이 발생한 경우, 상기 결함이 상기 CPU의 결함으로 판단할 수 있다.

[0050] 또한, 상기 모니터 시스템은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고(S720: NO), 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하되지 않은 것을 나타낼 때(S730: NO), 상기 결함을 상기 CPU가 아닌 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단할 수 있다(S735). 예를 들어, 상기 모니터 시스템은 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 CPU 사이클에 기초하여 상기 CPU의 성능이 저하되었는지 여부를 판단할 수 있다. 또한, 상기 모니터 시스템은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고(S720: NO), 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하된 것(S730: YES), 및 재시도(retry) 또는 스톨(stall)이 발생된 것을 나타낼 때(S740: NO), 상기 결함을 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단할 수 있다(S735). 여기서, 상기 재시도는 상기 CPU가 소정의 실행 또는 처리를 다시 시도하는 것을 나타낼 수 있고, 상기 스톨은 상기 CPU의 소정의 실행 또는 처리가 이전의 다른 실행 또는 처리로 인해 멈추고 기다리는 것을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 상기 재시도 및/또는 상기 스톨의 발생 여부는 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 캐시 액세스 카운트, 캐시 미스 비율 및/또는 스톨 카운터에 의해 판단될 수 있다.

[0051] 또한, 상기 모니터 시스템은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고(S720: NO), 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하된 것(S730: YES), 재시도 또는 스톨이 발생된 것(S740: YES), 및 상기 CPU와 상기 다른 하드웨어 사이에서 교환되는 데이터에 에러가 발생되지 않은 것을 나타낼 때(S750: NO), 상기 결함을 상기 CPU의 결함으로 판단할 수 있다(S755). 예를 들어,

상기 CPU와 상기 다른 하드웨어 사이에서 교환되는 데이터에 에러가 발생되었는지 여부는 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 에러 카운터 및/또는 상기 시스템 콜 실행 정보에 포함된 에러 종류에 기초하여 판단될 수 있다.

[0052] 또한, 상기 모니터 시스템은, 상기 시스템 콜 실행 정보가 상기 시스템 콜을 실행하는 상기 CPU가 스위칭되지 않은 것을 나타내고(S720: NO), 상기 하드웨어 성능 정보가 상기 CPU의 성능이 저하된 것(S730: YES), 재시도 및 스톨이 발생되지 않은 것(S740: YES), 및 상기 CPU와 상기 다른 하드웨어 사이에서 교환되는 데이터에 에러가 발생된 것을 나타낼 때(S750: YES), 상기 에러가 상기 CPU의 내부 에러인지 여부에 따라 상기 결함을 상기 CPU의 결함으로 또는 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단할 수 있다(S760, S770, S775). 예를 들어, 상기 에러가 상기 CPU의 내부 에러인지 여부는 상기 하드웨어 성능 정보에 포함된 에러 카운터에 기초하여 판단될 수 있고, 상기 에러 카운터가 증가된 경우 상기 내부 에러가 아닌 것으로 판단되고(S760: NO), 상기 에러 카운터가 증가되지 않은 경우 상기 내부 에러인 것으로 판단될 수 있다(S760: YES). 상기 모니터 시스템은, 상기 에러가 상기 CPU의 내부 에러인 것으로 판단된 경우(S760: YES), 상기 결함이 상기 CPU의 결함으로 판단하고(S770), 상기 에러가 상기 CPU의 내부 에러가 아닌 것으로 판단된 경우(S760: NO), 상기 결함이 상기 다른 하드웨어의 결함으로 판단할 수 있다(S775).

[0053] 한편, 종래의 전자 시스템에서는, 결함 검출을 위하여 하드웨어들 사이에서 데이터가 교환되는 버스에 전체 데이터 흐름을 모니터하기 위한 별도의 하드웨어를 추가적으로 구비하였다. 이 경우, 추가적인 하드웨어를 구비하기 위한 비용이 발생하고, 모든 전자 시스템에 적용되기 어려운 문제가 있다. 또한, 다른 종래의 전자 시스템에서는, 결함 검출을 위하여 전체 실행 정보를 기록하는 소프트웨어적 방법이 채용되었으나, 이러한 방법은 전체 실행 정보의 기록에 오버헤드가 발생되고, 결함 검출의 정확도가 낮으며, 어느 하드웨어가 결함의 원인인지를 확인하지 못하는 문제가 있다. 그러나, 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법은, 상기 시스템 콜을 상기 후킹 시스템 콜로 대체함으로써 상기 시스템 콜을 실행하면서 상기 시스템 콜 실행 정보 및 상기 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보를 획득할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법은 결함 검출을 위한 전용 하드웨어 없이 상기 모니터링 정보를 획득할 수 있고, 또한 하드웨어를 액세스하는 상기 시스템 콜의 전 및/또는 후에 상기 모니터링 정보를 획득함으로써 하드웨어 및/또는 소프트웨어 결함을 보다 효율적으로 분석할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 전자 시스템의 결함 분석 방법은, 하드웨어 결함의 경우, CPU 결함인지 또는 다른 하드웨어의 결함인지를 판단하여 상기 결함의 원인이 어느 하드웨어에 있는지를 분석할 수 있다.

[0054] 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 결함 분석 방법을 수행하는 전자 시스템 및 모니터 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0055] 도 8을 참조하면, 결함이 분석되는 전자 시스템(800)은 모니터링 정보를 획득 및 기록하기 위한 에이전트 모듈(810)을 실행할 수 있다. 실시예에 따라, 전자 시스템(800)은 모바일 SOC, 또는 임의의 컴퓨팅 시스템, 예를 들어, 휴대폰, 스마트 폰, 태블릿 컴퓨터, 웨어러블 전자 기기, PC, 서버 컴퓨터, 워크스테이션, PDA, PMP, 디지털 카메라, 음악 재생기, 휴대용 게임 콘솔, 네비게이션 시스템 등일 수 있다.

[0056] 일 실시예에서, 에이전트 모듈(810)은 초기화 모듈(820), 모니터링 모듈(830) 및 로깅 모듈(840)을 포함할 수 있다. 초기화 모듈(820)은 하드웨어를 액세스하는 시스템 콜을, 상기 시스템 콜을 실행하는 코드 및 모니터링 정보를 획득하는 코드를 포함하는 후킹 시스템 콜로 대체할 수 있다. 예를 들어, 초기화 모듈(820)은, 운영 체제의 커널에 의해 참조되는 시스템 콜 테이블에서 상기 시스템 콜의 위치에 상기 후킹 시스템 콜(또는 상기 후킹 시스템 콜의 포인터)을 기입함으로써, 상기 시스템 콜을 상기 후킹 시스템 콜로 대체할 수 있다.

[0057] 모니터링 모듈(830)은, 상기 시스템 콜을 대신하여 상기 후킹 시스템 콜이 호출될 때, 상기 후킹 시스템 콜을 실행하여 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 상기 모니터링 정보를 획득할 수 있다. 예를 들어, 상기 시스템 콜 실행 정보는, CPU 아이디, 프로세스 아이디, 시스템 콜 종류, 시스템 콜 파라미터들, 시스템 콜 리턴 값, 에러 종류, 및 콜 스택 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 하드웨어 성능 정보는, CPU 사이클, 캐시 액세스 카운트, 캐시 미스 비율, 스톨 카운터, 및 에러 카운터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0058] 로깅 모듈(840)은 모니터링 모듈(830)에 의해 획득된 상기 모니터링 정보를 기록할 수 있다. 일 실시예에서, 로깅 모듈(840)은 상기 모니터링 정보를 로그 파일에 기록할 수 있고, 상기 모니터링 정보가 기록된 상기 로그 파일을 모니터 시스템(850)에 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, 로깅 모듈(840)은 상기 모니터링 정보를 소정의 네트워크 데이터 패킷에 기록하고, 모니터 시스템(850)에 상기 네트워크 데이터 패킷을 실시간으로 전달할 수 있다.

[0059] 모니터 시스템(850)은 임의의 컴퓨팅 시스템일 수 있다. 실시예에 따라, 모니터 시스템(850)은 전자 시스템(800)과 다른 컴퓨팅 시스템이거나, 또는 전자 시스템(800)이 상기 모니터링 정보를 기록한 후 모니터 시스템(850)의 역할을 할 수 있다. 모니터 시스템(850)은 전자 시스템(800)의 결함을 분석 및 표시하기 위한 호스트 모듈(860)을 실행할 수 있다. 호스트 모듈(860)은 전자 시스템(800)의 에이전트 모듈(810)로부터 상기 로그 파일 또는 상기 네트워크 데이터 패킷을 통하여 상기 모니터링 정보를 전달받을 수 있다.

[0060] 일 실시예에서, 호스트 모듈(860)은 로그 분석 모듈(870) 및 디스플레이 모듈(890)을 포함할 수 있다. 로그 분석 모듈(870)은 상기 모니터링 정보에 기초하여 전자 시스템(800)의 결함을 분석할 수 있다. 예를 들어, 로그 분석 모듈(870)은 상기 모니터링 정보에 기초하여 상기 결함이 소프트웨어 결함인지 또는 하드웨어 결함인지를 분석할 수 있고, 또한, 상기 결함이 하드웨어 결함인 경우, 전자 시스템(800)에 포함된 어느 하드웨어가 결함의 원인인지를 분석할 수 있다. 디스플레이 모듈(890)은 로그 분석 모듈(870)에 의해 분석된 결과를 모니터 시스템(850)에 포함된 디스플레이 장치를 통하여 사용자(또는 개발자)에게 표시하거나, 또는 적당한 전자 파일을 통하여 사용자(또는 개발자)에게 보고할 수 있다. 일 실시예에서, 호스트 모듈(860)은 전자 시스템(800)의 소프트웨어 및 하드웨어 구조를 분석하는 구조 분석 모듈(880)을 더 포함할 수 있다. 이 경우, 전자 시스템(800)의 결함은 상기 모니터링 정보뿐만 아니라, 구조 분석 모듈(880)에 의해 분석된 전자 시스템(800)의 구조에 기초하여 분석될 수 있고, 디스플레이 모듈(890)은 로그 분석 모듈(870)에 의해 분석된 결과와 함께, 구조 분석 모듈(880)에 의 분석된 구조를 더욱 표시 또는 보고할 수 있다.

[0061] 본 발명의 실시예들에 따른 결함 분석 방법을 수행하는 전자 시스템(800) 및 모니터 시스템(850)은, 시스템 콜이 실행될 때 시스템 콜 실행 정보 및 하드웨어 성능 정보를 포함하는 모니터링 정보를 획득함으로써, 결함 검출을 위한 전용 하드웨어 없이 하드웨어 및/또는 소프트웨어 결함을 효율적으로 분석할 수 있다.

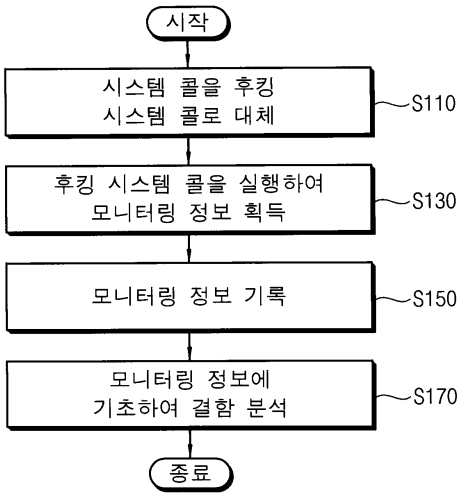
산업상 이용가능성

[0062] 본 발명은 시스템-온-칩 또는 컴퓨팅 시스템에 적용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명은 휴대폰(Mobile Phone), 스마트 폰(Smart Phone), 태블릿 컴퓨터(Tablet Computer), 웨어러블 전자 기기(Wearable Electronic Device), 개인용 컴퓨터(Personal Computer; PC), 서버 컴퓨터(Server Computer), 워크스테이션(Workstation), 개인 정보 단말기(Personal Digital Assistant; PDA), 휴대형 멀티미디어 플레이어(Portable Multimedia Player; PMP), 디지털 카메라(Digital Camera), 음악 재생기(Music Player), 휴대용 게임 콘솔(Portable Game Console), 네비게이션(Navigation) 시스템 등에 적용될 수 있다.

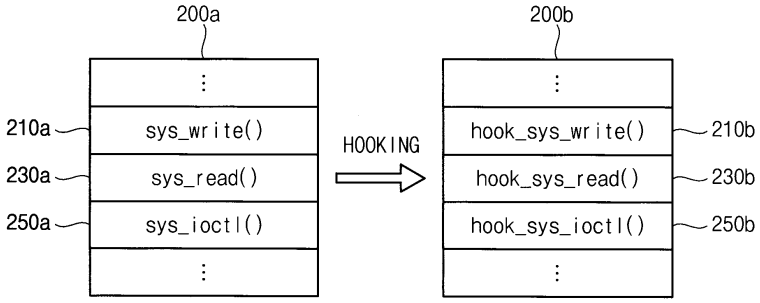
[0063] 상기에서는 본 발명의 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 것이다.

도면

도면1



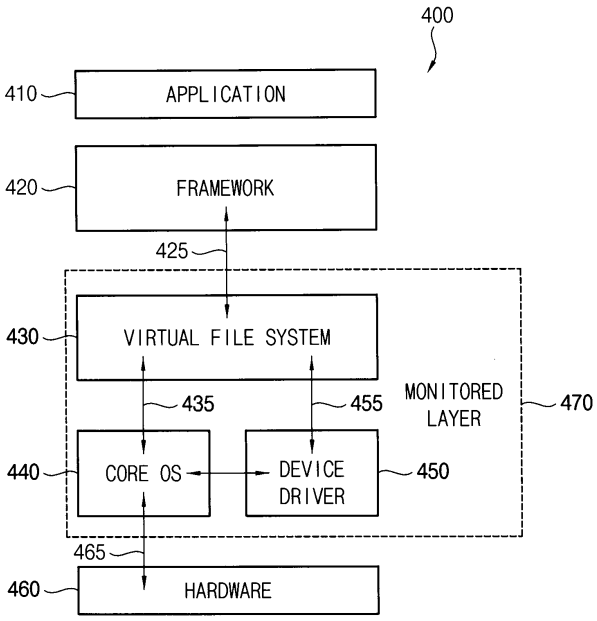
도면2



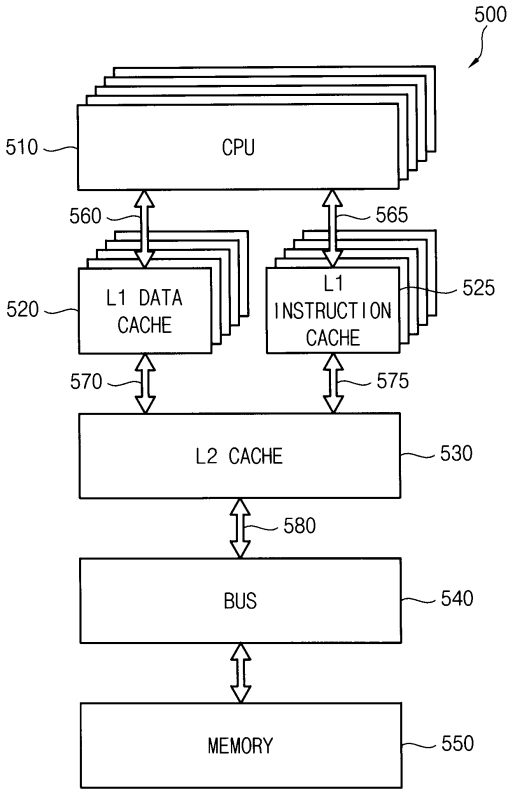
도면3

```
300
    hook_sys_write()
    {
        ...
330     get_pre_performance_counter();
310     sys_write();
335     get_post_performance_counter();
        ...
350     write_log();
    }
```

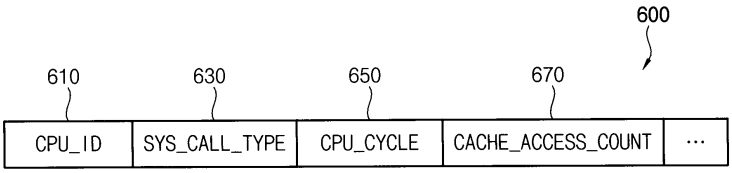
도면4



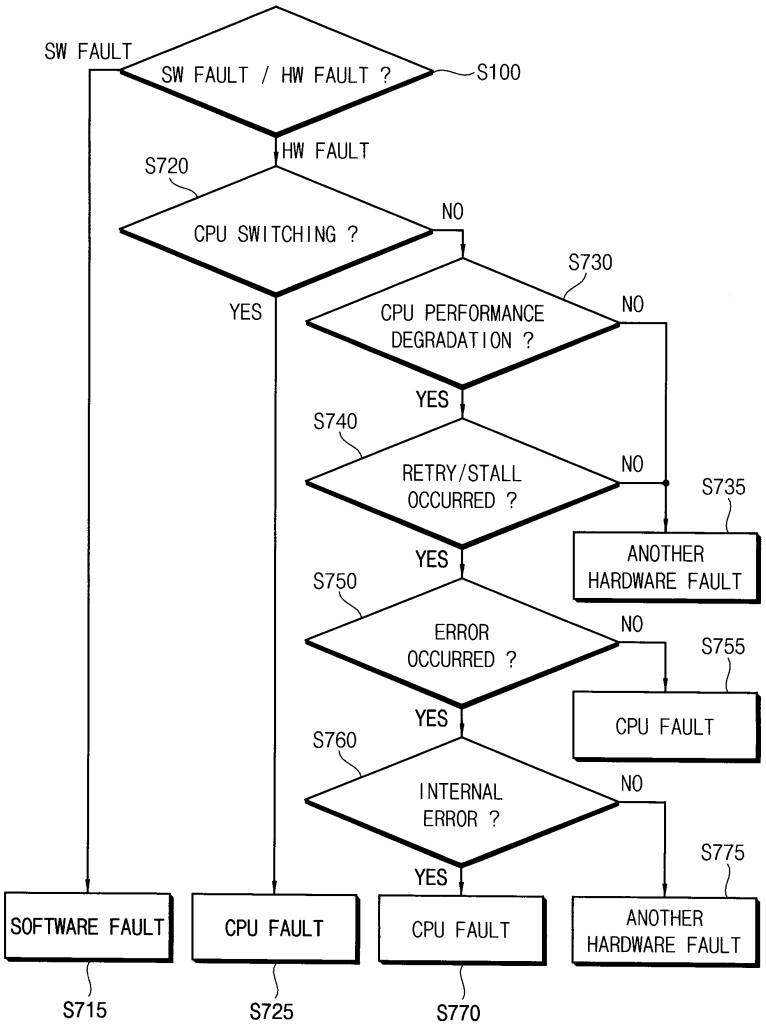
도면5


500
510
CPU
560
565
520
L1 DATA CACHE
L1 INSTRUCTION CACHE
525
570
575
L2 CACHE
530
580
BUS
540
MEMORY
550

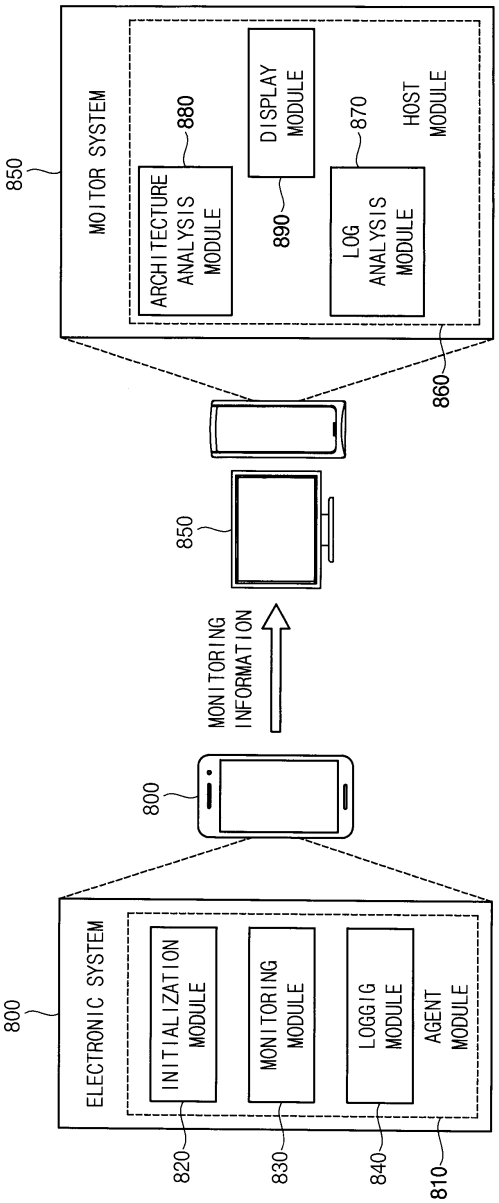
도면6


600
610
630
650
670
CPU_ID
SYS_CALL_TYPE
CPU_CYCLE
CACHE_ACCESS_COUNT
...

도면7


SW FAULT
SW FAULT / HW FAULT ?
S100
HW FAULT
S720
CPU SWITCHING ?
NO
YES
S730
CPU PERFORMANCE DEGRADATION ?
NO
YES
S740
RETRY/STALL OCCURRED ?
NO
S735
ANOTHER HARDWARE FAULT
YES
S750
ERROR OCCURRED ?
NO
S755
CPU FAULT
YES
S760
INTERNAL ERROR ?
NO
S775
ANOTHER HARDWARE FAULT
YES
SOFTWARE FAULT
CPU FAULT
CPU FAULT
S715
S725
S770

도면8


850
MOITOR SYSTEM
880
ARCHITECTURE ANALYSIS MODULE
890
DISPLAY MODULE
870
LOG ANALYSIS MODULE
HOST MODULE
860
850
MONITORING INFORMATION
800
800
ELECTRONIC SYSTEM
INITIALIZATION MODULE
MONITORING MODULE
LOGGIG MODULE
AGENT MODULE
820
830
840
810