



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0153774
(43) 공개일자 2022년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 7/00 (2022.01) G06F 11/30 (2006.01)
G06N 5/00 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06N 7/005 (2013.01)
G06F 11/3058 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0061164
(22) 출원일자 2021년05월12일
심사청구일자 2021년05월12일

(71) 출원인
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
배두환
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)
신용준
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)
조은호
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)
(74) 대리인
양성보

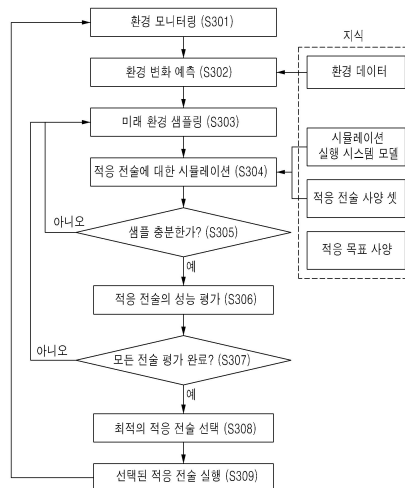
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 적응형 시스템의 통계적 검증 기반 예측적 적응 기법

(57) 요약

적응형 시스템의 통계적 검증 기반 예측적 적응 기법이 개시된다. 컴퓨터 시스템에서 수행되는 예측적 적응 방법은, 상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 단계; 및 상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G06F 11/3089 (2013.01)

G06N 5/00 (2022.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711126446

과제번호 2020-0-01795

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 정보통신·방송 연구개발사업

연구과제명 (N01210013)엣지 클라우드에서 고신뢰 고사용성 빅데이터 플랫폼 및 분석 예측 서비

스 기술 개발(2021년도)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 한국과학기술원

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711126118

과제번호 20150002500071001

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 정보통신·방송 기술개발사업

연구과제명 (N01210174)(통합EZ)(SW 스타랩) 모델 기반의 초대형 복잡 시스템 분석 및 검증 SW

개발(2021년도)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 한국과학기술원

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 시스템에서 수행되는 예측적 적응 방법에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서의 의해, 상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 단계

를 포함하는 예측적 적응 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 컴퓨터 시스템의 런타임에 상기 변화를 포착하기 위해 센서를 통해 환경 조건의 값을 측정하는 것을 특징으로 하는 예측적 적응 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 수행하는 단계는,

모니터링을 통해 누적된 환경 데이터에 기초하여 향후 환경 변화를 예측하는 단계; 및

상기 향후 환경 변화에 대한 예측 결과에 기초하여 상기 SMC 기법을 통해 최적의 적응 전술을 선택하는 단계를 포함하는 예측적 적응 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 선택하는 단계는,

상기 향후 환경 변화에 대한 예측 결과에 기초하여 미래 환경 조건에 대한 샘플을 생성하는 단계;

상기 샘플에 따른 적응 전술을 상기 컴퓨터 시스템에 적용하여 시뮬레이션하는 단계;

상기 적응 전술에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 해당 적응 전술의 성능을 평가하는 단계; 및

상기 적응 전술의 성능 평가 결과에 따라 최적의 적응 전술을 선택하여 실행하는 단계

를 포함하는 예측적 적응 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 수행하는 단계는,

상기 컴퓨터 시스템에 대한 지식(knowledge)을 최신 상태로 유지하는 단계

를 더 포함하고,

상기 지식은 상기 향후 환경 변화의 예측을 위한 역사적 환경 데이터(historical environment data), 상기 적응 전술의 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 실행 가능한 시스템 모델(simulation executable system model)과 적응 전술 사양 셋(set of adaptation tactics specification), 상기 적응 전술의 성능 평가를 위한 적응 목표 사양(adaptation goal specification)을 포함하는 것

을 특징으로 하는 예측적 적응 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

SMCS(Simple Monte Carlo Simulation), SSP(Single Sampling Plan), SPRT(Sequential Probability Ratio Test) 중 어느 하나의 SMC 알고리즘을 통해 상기 샘플을 생성하는 것

을 특징으로 하는 예측적 적응 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 시뮬레이션하는 단계는,

미래 샘플 환경과 시스템 모델 및 적응 전술을 입력으로 하여 주어진 적응 전술을 시스템 모델에 적용하고 미래 환경 샘플에서 시스템을 시뮬레이션하고 미래 환경에서 적응 전술의 효과를 나타내는 시뮬레이션 결과 로그를 반환하는 것

을 특징으로 하는 예측적 적응 방법.

청구항 8

컴퓨터 시스템에서 수행되는 적응형 에어컨 제어 방법에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서의 의해, 온도와 습도를 포함하는 환경 데이터를 모니터링하는 단계;

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 환경 데이터에 대한 변화를 예측하는 단계;

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 변화의 예측 결과에 기초하여 미래 환경 데이터에 대한 샘플을 생성하는 단계;

상기 샘플에 따른 적응 전술을 에어컨 시스템에 적용하여 시뮬레이션하는 단계;

상기 적응 전술에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 해당 적응 전술의 성능을 평가하는 단계; 및

상기 적응 전술의 성능 평가 결과에 따라 최적의 적응 전술에 해당되는 온도와 습도로 상기 에어컨 시스템을 제어하는 단계

를 포함하는 적응형 에어컨 제어 방법.

청구항 9

예측적 적응 방법을 컴퓨터 시스템에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독가능한 기록 매체에 저장되는 컴퓨터 프로그램에 있어서,

상기 예측적 적응 방법은,

상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 단계; 및

상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

컴퓨터 시스템에 있어서,
메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서
를 포함하고,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 과정; 및
상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 과정
을 처리하는 컴퓨터 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 컴퓨터 시스템의 런타임에 상기 변화를 포착하기 위해 센서를 통해 환경 조건의 값을 측정하는 것
을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
모니터링을 통해 누적된 환경 데이터에 기초하여 향후 환경 변화를 예측하고,
상기 향후 환경 변화에 대한 예측 결과에 기초하여 상기 SMC 기법을 통해 최적의 적응 기술을 선택하는 것
을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 향후 환경 변화에 대한 예측 결과에 기초하여 미래 환경 조건에 대한 샘플을 생성하고,
상기 샘플에 따른 적응 기술을 상기 컴퓨터 시스템에 적용하여 시뮬레이션하고,
상기 적응 기술에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 해당 적응 기술의 성능을 평가하고,
상기 적응 기술의 성능 평가 결과에 따라 최적의 적응 기술을 선택하여 실행하는 것
을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 컴퓨터 시스템에 대한 지식(knowledge)을 최신 상태로 유지하고,
상기 지식은 상기 향후 환경 변화의 예측을 위한 역사적 환경 데이터(historical environment data), 상기 적응 기술의 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 실행 가능한 시스템 모델(simulation executable system model)과 적응 기술 사양 셋(set of adaptation tactics specification), 상기 적응 기술의 성능 평가를 위한 적응 목표 사양(adaptation goal specification)을 포함하는 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

SMCS(Simple Monte Carlo Simulation), SSP(Single Sampling Plan), SPRT(Sequential Probability Ratio Test) 중 어느 하나의 SMC 알고리즘을 통해 상기 샘플을 생성하는 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

미래 샘플 환경과 시스템 모델 및 적응 기술을 입력으로 하여 주어진 적응 기술을 시스템 모델에 적용하고 미래 환경 샘플에서 시스템을 시뮬레이션하고 미래 환경에서 적응 기술의 효과를 나타내는 시뮬레이션 결과 로그를 반환하는 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템은 컴퓨터 구현되는 에어컨 제어 시스템, 교차로 신호 제어 시스템, 자율 주행 자동차 제어 시스템, 및 스마트 팩토리 제어 시스템 중 어느 하나의 적응형 시스템인 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 자율 주행 자동차, 스마트 팩토리 등 다양한 상황에 적절하게 대응해야 하는 예측적 자가 적응 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]시스템의 목표 달성에 영향을 미치는 환경의 복잡성이 증가함에 따라 신뢰할 수 있는 목표 달성을 위해 환경 분석이 중요하다. 사용자 트래픽과 실외 온도와 같은 환경은 시간이 지남에 따라 변할 수 있다. 시스템 설계 시 환경 변화에 대한 완전한 예상은 어렵고 종종 불가능하다. 시스템은 런타임에 환경 변화에 따라 행동과 구조를 변경하기 위해 스스로 적응할 필요가 있다. 이를 실현하기 위해 MAPE(mean absolute percentage error) 피드백 루프에 기초한 설계 접근법이 활용되고 있다. 이러한 적응 프로세스에는 적응의 계획 및 실행뿐만 아니라 환경에 대한 지속적인 모니터링 및 분석이 포함된다.

[0003]대부분의 접근법에서 적응은 시스템 고장이나 환경 변화에 의해 반응적으로 촉발된다. 사전 예방적 또는 예측적 적응으로 알려진 다른 적응적 접근법이 등장했는데, 이러한 접근 방식은 변화를 미리 예측하여 변화하는 환경에서 반응적 적응보다 더 효과적이다. 그러나, 환경적 변화의 예측은 불확실하므로 사전적 적응의 결과에 영향을 미친다. 불확실성을 해결하기 위해 적응 기술의 검증과 시스템 적응 목표에 미치는 영향을 위해 일부 연구에서 PMC(probabilistic model checking) 기술이 활용되고 있다.

[0004]PMC 기반 접근 방식은 능동적 적응을 위해 사용되는 주요 방법이지만 PMC는 상태 폭발 문제로 인해 크고 복잡한 SAS(self-adaptive system) 모델의 검증에 적합하지 않을 수 있다. PMC는 주어진 확률적 모델을 완전히 검토하기 위해 시간과 메모리에 높은 검증 비용이 필요하므로 복잡한 SAS 모델과 적응 기술의 검증은 시간과 메모리 제약으로 인해 실패할 수 있다. 또한, SAS 및 환경 모델링에는 확률적 모델 확인자가 지원하는 모델링 언어를 사용해야 한다. 엔지니어는 모델 확인자가 해석할 수 있는 마르코프 체인, 마르코프 의사 결정 프로세스 또는

오토마타와 같은 모델링 언어에 익숙해야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] PMC 기반 접근 방식의 한계를 극복하기 위해 SMC에 기반한 사전 적응 접근법(Proactive Adaptation approach based on STATistical model checking, 이하 'PASTA'라 칭함)을 제안한다.
- [0006] PMC 보다 적은 검증 리소스를 소비하고 언어를 제한하지 않고 시스템 모델의 시뮬레이션 결과만 요구하는 PASTA를 제안한다.
- [0007] SAS가 SMC 알고리즘을 기반으로 통계적으로 충분한 샘플을 생성하여 PMC 기반 접근 방식보다 빠르게 미래 환경의 불확실성을 완화시킬 수 있는 접근 방식을 제안한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 컴퓨터 시스템에서 수행되는 예측적 적응 방법에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서의 의해, 상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 단계를 포함하는 예측적 적응 방법을 제공한다.
- [0009] 일 측면에 따르면, 상기 모니터링하는 단계는, 상기 컴퓨터 시스템의 런타임에 상기 변화를 포착하기 위해 센서를 통해 환경 조건의 값을 측정할 수 있다.
- [0010] 다른 측면에 따르면, 상기 수행하는 단계는, 모니터링을 통해 누적된 환경 데이터에 기초하여 향후 환경 변화를 예측하는 단계; 및 상기 향후 환경 변화에 대한 예측 결과에 기초하여 상기 SMC 기법을 통해 최적의 적응 전술을 선택하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 또 다른 측면에 따르면, 상기 선택하는 단계는, 상기 향후 환경 변화에 대한 예측 결과에 기초하여 미래 환경 조건에 대한 샘플을 생성하는 단계; 상기 샘플에 따른 적응 전술을 상기 컴퓨터 시스템에 적용하여 시뮬레이션하는 단계; 상기 적응 전술에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 해당 적응 전술의 성능을 평가하는 단계; 및 상기 적응 전술의 성능 평가 결과에 따라 최적의 적응 전술을 선택하여 실행하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 또 다른 측면에 따르면, 상기 수행하는 단계는, 상기 컴퓨터 시스템에 대한 지식(knowledge)을 최신 상태로 유지하는 단계를 더 포함하고, 상기 지식은 상기 향후 환경 변화의 예측을 위한 역사적 환경 데이터(historical environment data), 상기 적응 전술의 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 실행 가능한 시스템 모델(simulation executable system model)과 적응 전술 사양 셋(set of adaptation tactics specification), 상기 적응 전술의 성능 평가를 위한 적응 목표 사양(adaptation goal specification)을 포함할 수 있다.
- [0013] 또 다른 측면에 따르면, 상기 생성하는 단계는, SMCS(Simple Monte Carlo Simulation), SSP(Single Sampling Plan), SPRT(Sequential Probability Ratio Test) 중 어느 하나의 SMC 알고리즘을 통해 상기 샘플을 생성할 수 있다.
- [0014] 또 다른 측면에 따르면, 상기 시뮬레이션하는 단계는, 미래 샘플 환경과 시스템 모델 및 적응 전술을 입력으로 하여 주어진 적응 전술을 시스템 모델에 적용하고 미래 환경 샘플에서 시스템을 시뮬레이션하고 미래 환경에서 적응 전술의 효과를 나타내는 시뮬레이션 결과 로그를 반환할 수 있다.
- [0015] 컴퓨터 시스템에서 수행되는 적응형 에어컨 제어 방법에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서의 의해, 온도와 습도를 포함하는 환경 데이터를 모니터링하는 단계; 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 환경 데이터에 대한 변화를 예측하는 단계; 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 변화의 예측 결과에 기초하여 미래 환경 데이터에 대한 샘플을 생성하는 단계; 상기 샘플에 따른 적응 전술을 에어컨 시스템에 적용하여 시뮬레이션하는 단계; 상기 적응 전술에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 해당 적응 전술의 성능을 평가하는 단계; 및 상기 적응 전술의 성능 평가 결과에 따라 최적의 적응 전술에 해당되는 온도와 습도로 상기 에어컨 시스템을 제어하는 단계를 포함하는 적응형 에어컨 제어 방법을 제공한다.
- [0016] 예측적 적응 방법을 컴퓨터 시스템에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독가능한 기록 매체에 저장되는 컴퓨터 프로그램

램에 있어서, 상기 예측적 적응 방법은, 상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 단계; 및 상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 단계를 포함하는, 컴퓨터 프로그램을 제공한다.

[0017] 컴퓨터 시스템에 있어서, 메모리에 포함된 컴퓨터 관독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 컴퓨터 시스템의 운영 환경에 대한 변화를 모니터링하는 과정; 및 상기 변화에 따라 상기 컴퓨터 시스템의 운영과 관련된 최적 행동 옵션을 선택하기 위해 SMC(statistical model checking) 기법을 이용하여 사전 적응(proactive adaptation) 프로세스를 수행하는 과정을 처리하는 컴퓨터 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예들은 SMC를 이용하여 예측적 자가 적응을 수행함으로써 보다 적은 검증 리소스를 소비하고 언어를 제한하지 않는 이점이 있다.

[0019] SMC는 PMC처럼 모델을 수학적으로 증명하는 것이 아니라, 수많은 샘플을 확률 모델에서 생성하고 생성된 샘플에 기반하여 통계적으로 모델을 검증한다는 점에서 PMC와 차이가 있다.

[0020] SMC는 랜덤하게 생성된 샘플에 기반하기 때문에 실행 시마다 결과가 다를 수 있고 완전히 신뢰할 수 있는 검증 결과보다는 특정 신뢰도 내에 제한된 검증 결과를 반환한다.

[0021] SMC는 PMC보다 빠르고 작은 메모리로 수행할 수 있으며, PMC와 유사한 결과를 반환할 수 있다. 따라서, 예측적 자가 적응 분야에서 SMC를 이용함으로써 보다 적은 자원과 비용, 그리고 보다 짧은 검증 시간으로 PMC를 이용한 것과 유사한 검증 결과를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 PMC 기반 사전 적응의 주요 프로세스를 나타내고 있다.

도 2는 에어컨 제어 시스템의 자가 적응 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서 전반적인 PASTA 프로세스를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서 PASTA 구현을 위한 PASTA 참조 아키텍처를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서 PASTA 골격의 클래스 다이어그램을 나타내고 있다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 시스템의 예를 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0024] 본 발명의 실시예들은 예측적 자가 적응 기술에 관한 것이다.

[0025] 자가 적응형 시스템은 시스템의 운영 환경을 실시간으로 모니터링하고 현재 상황에 따라 최적의 행동을 스스로 결정한다. 운영 환경은 시스템의 개발 당시에 정확히 명세하기 어려우므로 시스템의 입장에서 불확실한 요소라고 할 수 있다. 운영 환경이 미래에 어떻게 변화할지 확신할 수 없는 불확실성 때문에 시스템은 자신이 결정한 행동이 가져올 결과를 확정적으로 예상할 수 없다. 따라서 시스템은 자신이 가지고 있는 제한된 정보에 의해 자기 행동의 결과를 예상하게 되는데, 본 실시예에서는 PMC 대신 SMC를 이용하여 자신이 선택할 수 있는 적응적인 행동 옵션들 중 최적의 행동을 선택하기 위해 예측적 자가 적응을 수행한다.

[0026] 본 실시예에서는 적응 전술 검증을 위해 미래 환경의 불확실성을 PMC보다 빠르게 제거하기 위해 SMC를 활용하는 사전 적응 접근법을 제안한다. 또한, SAS 개발에 PASTA를 적용할 개발자를 위해 알고리즘 프로세스, 참조 아키텍처, PASTA의 오픈 소스 구현 골격을 제공한다. 그리고, 실제 데이터를 이용한 평가를 바탕으로 PMC와 SMC 기반 사전 적응의 장단점을 비교 분석해 엔지니어의 의사결정을 안내한다.

[0027] 먼저, 관련 연구로서 사전 적응 기술을 설명한다.

[0028] 변화하는 환경과 관련된 문제를 해결하기 위해 사전 예방적 또는 예측적 적응에 대한 수많은 연구가 진행되고

있다. 환경이나 시스템의 변화에 반응하는 것과 달리 예측된 상황을 예측하고 대응하는 것은 더 어렵지만 시스템 고장을 예방하고 요건을 충족시키는 데 더 효과적일 수 있다. 사전 적응에 대한 많은 사례 연구가 진행되면서 사전 적응이 시스템의 적응 목표 측면에서 사후 적응을 능가한다는 것이 입증되었다. 사전 적응을 위해, 미래 환경의 예측은 불확실하므로 검증되고 신뢰할 수 있는 사전 적응 결과를 제공하기 위해 확률적 모델의 특성 만족을 검증하는 PMC를 활용하고 있다.

[0029] 도 1은 PMC 기반 사전 적응의 주요 프로세스를 나타내고 있다.

[0030] 프로세스의 핵심은 미래 환경, 시스템 및 적응 기술의 공식 모델링과 적응 목표 달성을 위한 최적의 적응 기술을 식별하기 위한 모델의 검증이다. 그러나, PMC는 상태 폭발 문제로 인해 크고 복잡한 모델의 검증에는 적합하지 않다. 적응 기술을 검증하기 위해 SAS 모델의 모든 가능한 상태를 철저히 검토해야 한다. 또한, 엔지니어는 모델 확인자가 지원할 수 있는 모델링 언어로 작성된 SAS 모델을 개발해야 한다.

[0031] PMC의 한계를 극복하기 위해 본 실시예에서는 사전 적응의 주요 추세였던 PMC 기반 접근법의 대안으로 SMC 기반 사전 적응 접근법을 제안한다.

[0032] 불확실한 환경에서 런타임에 적응 기술을 검증하기 위해 SMC를 활용하고 있다. SMC는 확률적 모델을 검증하기 위한 효율적인 기술이다. PMC가 모델을 철저히 조사하지만 SMC는 샘플을 얻기 위해 모델을 시뮬레이션하고 샘플에 대한 가설 테스트를 사용하여 주어진 속성의 만족 또는 위반에 대한 통계적 증거를 제공한다. 실제로 SMC에는 시뮬레이션 결과 집합만 필요하므로 실행 가능한 블랙박스 모델 또는 시뮬레이션 결과 집합에만 적용할 수 있다. 검증 결과가 모델의 품질에 따라 결정된다는 사실은 PMC와 동일하지만, 시뮬레이션 기반의 접근 방식인 만큼 일정 조건 하에 검증을 수행하면서 시간과 메모리 측면에서 PMC에 대한 효율적인 대안으로 알려져 있다. 이와 관련하여 SMC는 불확실한 환경에서 SAS 적응 기술의 런타임 검증에 효과적으로 사용될 수 있다. SMC 알고리즘의 다음 예는 널리 사용된다.

[0033] 일례로, SMCS(Simple Monte Carlo Simulation) 알고리즘은 가장 간단하고 직관적인 SMC 알고리즘이다. 전체 샘플의 특성을 만족하는 샘플 비율에 따라 성질의 정량적 만족도를 추정한다. 사용자가 샘플을 추출해야 한다.

[0034] 다음으로, SSP(Single Sampling Plan)는 고정 크기 샘플이 있는 가설 $H: p \geq \theta$ 를 테스트한다. 여기서, p 는 시스템이 주어진 특성을 만족하는 확률이고 θ 는 p 의 테스트 임계값이다. 사용자는 각각 false negative와 false positive의 두 오류 한계 $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ 와 $\beta (0 \leq \beta \leq 1)$ 를 제공한다. 지정된 오차 범위 내에서 SSP는 p 를, H 를 받아들이거나 거부하는 것으로 추정한다.

[0035] 또한, SPRT(Sequential Probability Ratio Test)는 SSP와 유사하게 주어진 오차 범위 내에서 가설 H 를 검정하지만 샘플 수는 자동으로 결정된다. 샘플을 얻기 위해 대상 시스템을 시뮬레이션하고, 주어진 오차 범위 내에서 H 를 받아들이거나 거부할 수 있을 때까지 충분한 샘플을 생성하기 위해 시뮬레이션을 반복한다.

[0036] 본 발명에 따른 PASTA 접근 방식의 경우 SMC 알고리즘을 선택하고 미래 환경에서 적응 기술의 성능에 대한 통계적 증거를 얻어 가능한 기술을 평가하고 런타임에 최적의 기술을 식별하기 위해 사용된다.

[0037] 예를 들어, 적응형 에어컨 제어 시스템을 사용하여 PASTA를 설명한다. 이 시스템은 온도와 습도를 포함한 실내 및 실외 공기 상태를 모니터링하고 지정된 목표 조건에 대한 실내 상태를 적응적으로 제어한다. 모니터링되는 실내 조건에 즉시 반응하는 적응형 에어컨 제어를 계획하는 것은 시스템이 목표를 달성하는 데 도움이 될 수 있지만, 도 2에 도시한 바와 같이 실외 공기 조건의 영향으로 인해 시간이 지남에 따라 실내 공기 상태가 변할 수 있다. 환경 변화에 영향을 미치지 않고 적응 계획을 수립하는 경우 적응 결과는 예상과 다를 수 있으므로 선택되지 않은 더 나은 적응 기술이 있을 수 있다. PASTA 접근법에 의해 개발된 적응형 에어컨 제어 시스템은 미래의 공기 상태 변화를 예측하고 런타임에 SMC에 의해 적응 결과가 검증되는 최적의 적응 기술을 선택한다.

[0038] 이하 실시예에서는 이러한 사례를 사용하여 구체적인 PASTA 접근법을 설명하기로 한다.

[0039] 본 실시예에서는 SMC를 사용하여 사전 예방적 적응 기술인 PASTA 접근법을 제안한다.

[0040] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서 전반적인 PASTA 프로세스를 도시한 것이다.

[0041] PASTA 목적은 환경 변화의 예측과 SAS의 적응 기술의 검증을 기반으로 효율적인 사전 적응을 제공하는 것이다.

[0042] 도 3을 참조하면, PASTA 시스템은 처음에 PASTA는 런타임에 변화를 포착하기 위해 환경을 지속적으로 모니터링한다(S301).

- [0043] PASTA 시스템은 모니터링되는(역사적) 환경 데이터를 분석하고 예측 알고리즘을 기반으로 향후 환경 변화를 예측한다(S302). 미래환경의 예측 또는 기대는 미래환경조건의 확률밀도함수와 같은 비결정론적 가능성의 형태이다.
- [0044] PASTA 시스템은 향후 환경 변화에 대한 예측 결과를 바탕으로 가능한 미래환경의 샘플을 작성하여 시뮬레이션 엔진으로 제공한다(S303).
- [0045] PASTA 시스템은 주어진 환경에서 적응 전술은 시스템 모델에 적용되고 전술의 성능에 대한 샘플 평가를 위해 시뮬레이션된다(S304). 시뮬레이션은 시스템이 예상되는 미래 환경 변화에서 적응 목표에 대한 전술의 성능을 검증하기 위해 통계적으로 충분한 수의 샘플을 얻을 때까지 반복된다(S305).
- [0046] PASTA 시스템은 축적된 샘플을 바탕으로 적응 전술의 성능을 검증한다(S306). 모든 적응 전술은 동일한 방식으로 반복적으로 평가되며(S307) SAS는 적응 전술의 효과를 통계적으로 보장한다.
- [0047] PASTA 시스템은 가능한 모든 적응 전술을 평가한 후 최적의 적응 전술을 선택하여 실행한다(S308 내지 S309).
- [0048] 상기한 적응 과정(S301 내지 S309)은 지속적인 환경 변화에 대응하기 위해 지속적으로 반복되며, 환경 데이터, 실행 가능한 시스템 모델, 적응 전술 사양, 적응 목표 사양을 입력으로 요구한다.
- [0049] 상기한 적응 프로세스를 기반으로 한 PASTA 접근 방식을 자세히 설명하면 다음과 같다.
- [0050] 지식(Knowledge)
- [0051] <원칙> PASTA 접근 방식을 사용하려면 SAS가 모니터링되는 환경 데이터를 축적해야 한다. 누적된 역사적 환경 데이터를 분석해 환경 변화를 예측한다. 더욱이, 시스템은 시뮬레이터에 의해 실행 가능한 시스템 동작의 추상화인 현재의 시스템 모델을 가지고 있다. PASTA의 모델은 사용자마다 다르며, 모델링 언어와 시스템 정보가 엔지니어에 의해 선택되지만, 유일한 요건은 시뮬레이션 로그를 생성하기 위해 모델을 실행할 수 있다는 것이다. 또한, 시스템 모델에는 검증될 수 있는 적응 전술의 집합(공간)이 포함되어 있다. 적응 전술은 SAS 및 SAS 모델에 적용할 수 있는 구성 집합과 같은 적응 사양이다. 적응 목표는 지식에도 명시되어 있다. 따라서, 적응 목표를 위한 최적의 전술이 선택되고 실행될 것이다.
- [0052] <사례> 적응형 에어컨 제어 시스템에 관심이 있는 환경 요인은 실내/외 온도 및 실내/외 습도이다. 따라서, 특정 시간에 모니터링되는 환경 데이터는 네 가지 요인의 값을 포함한다. 시뮬레이션 모델은 실외 조건 및 에어컨 제어 시스템의 제어 값에 의해 영향을 받는 실내 온도 및 습도의 변화를 모방한다. 시스템의 가능한 적응 전술은 각 온도 및 습도 제어 기능의 시스템 기능에 의해 결정된다. 예를 들어, 시스템은 개별 시뮬레이션 시간 단위에서 온도와 습도를 증가시키거나 감소시킬 수 있으며, 0.1° C, 0.1%에서 최대 5° C, 5%까지 증가시킨다. 전술 공간은 가능한 온도 및 습도 제어의 데카르트 곱이다. 적응 목표는 사용자가 원하는 조건에 맞게 실내 온도와 습도를 조절하는 것이다.
- [0053] 환경변화 모니터링(S301)
- [0054] <원칙> 시스템은 지속적으로 환경을 모니터링한다. 환경은 센서가 관측할 수 있는 환경 조건의 값으로 측정된다. 현재 환경 데이터는 환경 데이터베이스에 추가된다. 시스템의 현재 상태도 모니터링되고 시스템 모델은 최신 상태로 유지된다.
- [0055] <사례> 적응형 에어컨 제어 시스템은 실내/외 온도 및 실내/외 습도를 지속적으로 모니터링한다. 환경 데이터베이스에 환경 데이터를 축적한다.
- [0056] 향후 환경변화 예측(S302)
- [0057] <원칙> PASTA는 데이터 분석 또는 예측 기법을 사용하여 누적된 역사적 환경 데이터를 바탕으로 향후 환경 변화를 예측한다. 주어진 과거 환경 데이터는 시계열 데이터로 구성되므로 랜덤 워크, 계절적 오류 추세, 자동 회귀 통합 이동 평균 모델 또는 머신 러닝 기술과 같은 시계열 분석 및 예측 방법을 적용할 수 있으며 예측 방법의 선택은 도메인 엔지니어에게 달려 있다. 여기서 중요한 것은 과거 데이터에 기초한 미래 환경 변화 예측이 불확실하기 때문에 예측 결과는 미래 환경 조건의 확률 밀도 함수와 같은 비결정론적 기대치라는 점이다. 이 불확실성은 SMC에서 해결할 것이다.
- [0058] <사례> 시스템은 24시간 간격으로 뚜렷한 반복 패턴(계절성)을 보이는 실외 온도 및 습도 변화를 예측한다. 이 시스템의 환경 데이터는 뚜렷한 계절성을 나타내기 때문에 계절적 차이를 사용하여 랜덤 워크 모델을 사용하여

순순히 예측할 수 있다. 과거 온도 데이터와 예측 알고리즘을 기반으로 확률밀도 함수를 사용하여 현재에서 몇 시간 후까지의 온도 변화를 예측할 수 있다. 예를 들어, 오후 2시의 현재 온도가 24℃일 경우 오후 3시의 온도는 24℃에서 30℃ 사이의 균일한 분포에 따라 변화할 것으로 예상할 수 있다.

[0059] SMC를 사용한 적응 계획(S303 내지 S308)

[0060] [표 1]

Algorithm 1: PASTA adaptation planning

Input : *envPrediction*, *sysModel*, *tacticSpace*, *goalProp*

Output: *optimalTactic*

Procedure

```

    evaluationSheet = [];
    foreach tactic in tacticSpace do
        simulationResultList = [];
        while !samplesSufficient() do
            envSample = makeSample(envPrediction);
            simResult = simulate(envSample, sysModel, tactic);
            addElement(simulationResultList, simResult);
        end
        evaluationResult = verify(simulationResultList, goalProp);
        addElement(evaluationSheet, (tactic, evaluationResult));
    end
    optimalTactic = getOptimalTactic(evaluationSheet);
end

```

[0061]

[0062] <원칙> PASTA 접근 방식의 적응 계획에는 표 1의 알고리즘 1에 표시된 것처럼 SMC를 사용하여 가능한 적응 전술 중 최적의 전술을 검색하는 것이 포함된다. SMC를 사용하여 적응 전술을 평가하는 것은 환경 변화 샘플링, 적응 전법 시뮬레이션, 시뮬레이션 결과 확인의 세 단계로 구성된다. 예측 결과는 비결정론적이어서 샘플 생성기는 예측 결과에 기초하여 가능한 미래 환경 조건에 대한 결정론적 샘플을 생성한다. SMC는 통계적으로 충분한 샘플을 생산하여 비결정론적 미래 환경의 불확실성을 제거하는 반면, PMC는 확률적 모델을 확률적으로 검증한다. 샘플 수는 앞서 설명하는 대로 SMC 알고리즘에 따라 결정된다. 시뮬레이터는 샘플 환경, 시스템 모델 및 적응 전술을 입력으로 채택한다. 주어진 전술을 시스템 모델에 적용하고, 미래 환경 샘플에서 시스템을 시뮬레이션하고, 미래 환경에서 적응 전술의 효과를 나타내는 시뮬레이션 결과 로그를 반환한다. 검증자는 수많은 시뮬레이션 결과를 수신하고 검증 속성으로 표현되는 적응 목표에 대한 전술의 성능을 평가한다. 이 프로세스는 모든 적응 전술에 대해 수행되며, 모든 평가(검증) 결과에 따라 최적의 전술이 선택된다. 따라서, 적응에 필요한 계획 시간은 전술의 수, 필요한 샘플의 수 및 모델의 단일 시뮬레이션 시간에 따라 달라진다.

[0063] <사례> 오후 3시(24° C~30° C)에 예상되는 온도 변화 범위를 기준으로 미래 실외 온도(예: 25° C, 27° C, 29° C)의 샘플이 SMC 알고리즘에 의해 무작위로 선택된다. 현재 평가에서 시스템 모델과 적응 전술(예: 실내 온도를 3° C 낮춤)은 각각 샘플 환경으로 시뮬레이션된다. 검증자는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실내 온도 조절의 적응 결과를 평가한다. 이 예에서, 목표 조건과 현재 조건 사이의 평균 거리는 적응 목표를 나타내는 검증 속성으로 사용되지만, 최악의 경우 작은 확률로 발생하는 사건의 유무 또는 시간 논리를 나타내는 최대 거리가 검증 속성으로 사용될 수 있다. 가능한 모든 온도 및 습도 조절 방법을 확인(평가)할 때 최적의 방법이 선택된다.

[0064] 적응 실행(S309)

[0065] <원칙> 선택한 최적 적응 전술은 시스템의 액추에이터에 의해 관리되는 시스템에 적용된다.

[0066] <사례> 적응형 에어컨 제어 시스템은 선택된 최적의 온도 및 습도 제어부를 작동시킨다. 제어부는 시스템의 액추에이터를 통해 실내 조건에 영향을 미친다.

[0067] 상기한 적응형 에어컨 제어 시스템 이외에도 교차로 동적 신호 제어 시스템, 자율 주행 자동차 제어 시스템, 스마트 팩토리 제어 시스템 등 다양한 상황에 적절하게 대응해야 하는 시스템에 모두 적용 가능하다.

[0068] PASTA 구현

[0069] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서 PASTA 구현을 위한 PASTA 참조 아키텍처를 도시한 것이다.

- [0070] 도 4는 PASTA 접근 방식을 가진 SAS의 계층화된 아키텍처를 나타내고 있다.
- [0071] 상호작용 계층(interaction layer)(410)에서 PASTA는 센서(411)를 통해 운영 환경을 관리되는 시스템을 모니터링하고 일반적인 SAS와 같은 액추에이터(412)를 통해 영향을 미친다.
- [0072] 데이터 분석 계층(data analysis layer)(420)에는 환경 변화 예측을 위한 예측 엔진(forecasting engine)(421)과 시스템에 대한 지식을 항상 최신 상태로 유지하는 지식 관리 모듈(knowledge management module)(422)이 포함될 수 있다.
- [0073] 시스템에 대한 지식은 향후 환경 변화의 예측을 위해 활용되는 역사적 환경 데이터(historical environment data), 적응 전술의 시뮬레이션을 위해 활용되는 시뮬레이션 실행 가능한 시스템 모델(simulation executable system model)과 적응 전술 사양 셋(set of adaptation tactics specification), 적응 전술의 성능 평가를 위해 활용되는 적응 목표 사양(adaptation goal specification)을 포함할 수 있다.
- [0074] 적응 플래너 계층(adaptation planner layer)(430)에서의 최적 적응 전술 검색 모듈(optimal adaptation tactic searching module)(431)은 적응 검증 계층(adaptation verification layer)(440)과의 상호 작용을 통해 최적의 적응 전술을 검색한다.
- [0075] 적응 검증 계층(440)에서의 SMC 모듈(444)은 샘플 생성기(sample generator)(441), 시뮬레이터(simulator)(442) 및 검증기(verifier)(443)를 제어하는 적응 전술을 검증한다.
- [0076] 여기서, 샘플 생성기(441)는 예측 엔진의 예측을 기반으로 미래 환경의 샘플을 생성한다. 시뮬레이터(442)는 주어진 샘플 미래 환경에서 적응 전술로 시스템 모델을 시뮬레이션한다. 검증자(443)는 시뮬레이션 결과를 분석하여 서비스 품질 또는 불변 속성과 같은 적응 목표 달성을 분석한다.
- [0077] 지식 계층(knowledge layer)(450)에는 환경 데이터베이스(environment database)(451), 시스템 모델 관리자(system model manager)(452), 적응 전술 저장소(adaptation tactic repository)(453) 및 적응 목표 관리자(adaptation goal manager)(454)가 포함될 수 있다. 지식 계층(450)은 SAS 지식을 제공하고 업데이트하면서 다른 계층과 상호 작용한다.
- [0078] 상기한 아키텍처는 참조 내용이므로 SAS의 필수 구성 요소를 더 포함하여 확장될 수 있다.
- [0079] 또한, 상기한 PASTA 접근 방식을 기반으로 SAS를 개발하는 엔지니어를 지원하기 위해 안내 코멘트가 있는 참조 아키텍처를 기반으로 한 PASTA 골격을 구현하고 오픈 소스 저장소에 소스 코드를 공개한다. 골격은 Java와 Python으로 이용할 수 있다. 엔지니어는 'todo' 태그가 붙은 주석 뒤에 애플리케이션별 코드를 작성해야 한다.
- [0080] 도 5는 PASTA 골격의 클래스 다이어그램을 나타내고 있다. 적응은 'adaptManagedSystem' 연산자에 의해 활성화된다. 예측 엔진(421) 또는 SMC 모듈(444)과 같은 일부 구성 요소에 대해 타사 라이브러리 또는 도구를 사용할 수 있도록 하는 보다 쉬운 PASTA 구현을 촉진한다.
- [0081] 본 발명은 모듈 형태로 구현되어 다양한 시스템에 적용이 용이하고, 구조화된 데이터 및 비구조화된 데이터를 이용해 예측적 자가 적응을 수행할 수 있고, 이를 통해 상황 이해 및 스케줄링, 의사결정 및 예측, 추천 및 상황 조치 등에 다양하게 적용할 수 있다.
- [0082] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 컴퓨터 시스템의 예를 도시한 블록도이다. 상술한 PASTA 시스템은 도 6과 같이 구성된 컴퓨터 시스템(600)에 의해 구현될 수 있다.
- [0083] 도 6에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 시스템(600)은 본 발명의 실시예들에 따른 PASTA 방법을 실행하기 위한 구성 요소로서, 메모리(610), 프로세서(620), 통신 인터페이스(630) 그리고 입출력 인터페이스(640)를 포함할 수 있다.
- [0084] 메모리(610)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 여기서 ROM과 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치는 메모리(610)와는 구분되는 별도의 영구 저장 장치로서 컴퓨터 시스템(600)에 포함될 수도 있다. 또한, 메모리(610)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 메모리(610)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로부터 메모리(610)로 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체가 아닌 통신 인터페이스(630)를 통해 메

모리(610)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어, 소프트웨어 구성요소들은 네트워크(660)를 통해 수신되는 파일들에 의해 설치되는 컴퓨터 프로그램에 기반하여 컴퓨터 시스템(600)의 메모리(610)에 로딩될 수 있다.

[0085] 프로세서(620)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(610) 또는 통신 인터페이스(630)에 의해 프로세서(620)로 제공될 수 있다. 예를 들어 프로세서(620)는 메모리(610)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 수신되는 명령을 실행하도록 구성될 수 있다.

[0086] 통신 인터페이스(630)는 네트워크(660)를 통해 컴퓨터 시스템(600)이 다른 장치와 서로 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 컴퓨터 시스템(600)의 프로세서(620)가 메모리(610)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이나 명령, 데이터, 파일 등이 통신 인터페이스(630)의 제어에 따라 네트워크(660)를 통해 다른 장치들로 전달될 수 있다. 역으로, 다른 장치로부터의 신호나 명령, 데이터, 파일 등이 네트워크(660)를 거쳐 컴퓨터 시스템(600)의 통신 인터페이스(630)를 통해 컴퓨터 시스템(600)으로 수신될 수 있다. 통신 인터페이스(630)를 통해 수신된 신호나 명령, 데이터 등은 프로세서(620)나 메모리(610)로 전달될 수 있고, 파일 등은 컴퓨터 시스템(600)이 더 포함할 수 있는 저장 매체(상술한 영구 저장 장치)로 저장될 수 있다.

[0087] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크(660)가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들 간의 근거리 유선/무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크(660)는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크(660)는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0088] 입출력 인터페이스(640)는 입출력 장치(650)와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 마이크, 키보드, 카메라 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 디스플레이, 스피커와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(640)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 입출력 장치(650)는 컴퓨터 시스템(600)과 하나의 장치로 구성될 수도 있다.

[0089] 또한, 다른 실시예들에서 컴퓨터 시스템(600)은 도 6의 구성요소들보다 더 적은 혹은 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(600)은 상술한 입출력 장치(650) 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 트랜시버(transceiver), 각종 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.

[0090] 이처럼 본 발명의 실시예들에 따르면, SMC를 이용하여 예측적 자가 적응 기술을 구현함으로써 보다 적은 자원과 비용, 그리고 보다 짧은 검증 시간으로 PMC를 이용한 것과 유사한 검증 결과를 얻을 수 있다.

[0091] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0092] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처

리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

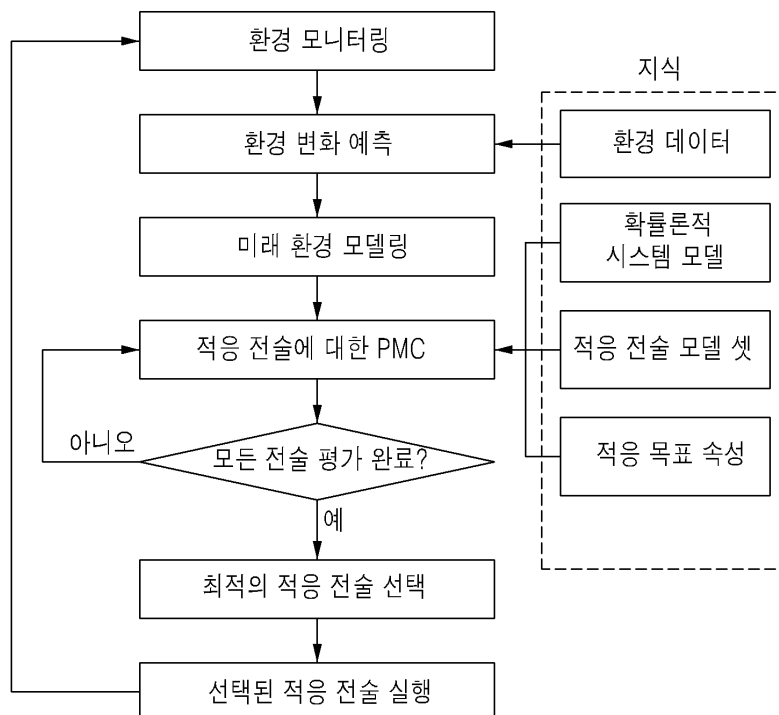
[0093] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수 개의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 어플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다.

[0094] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

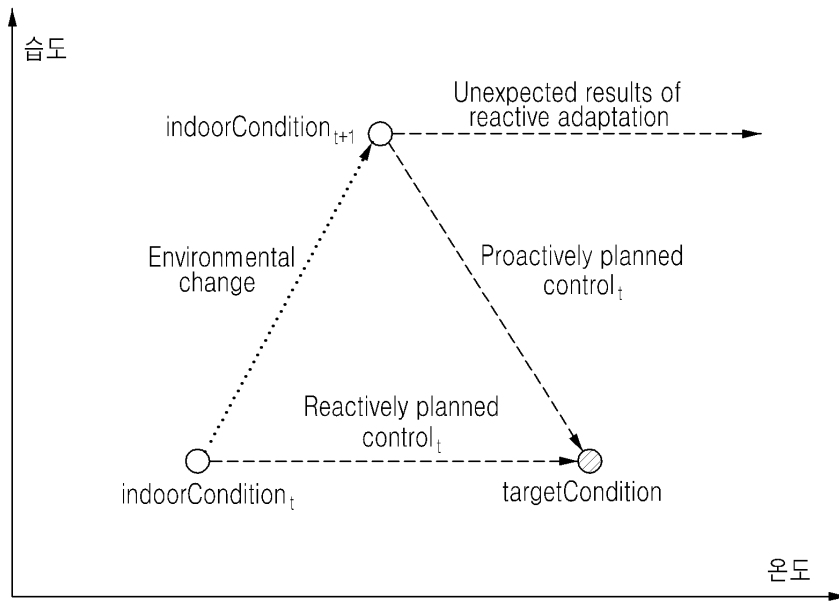
[0095] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

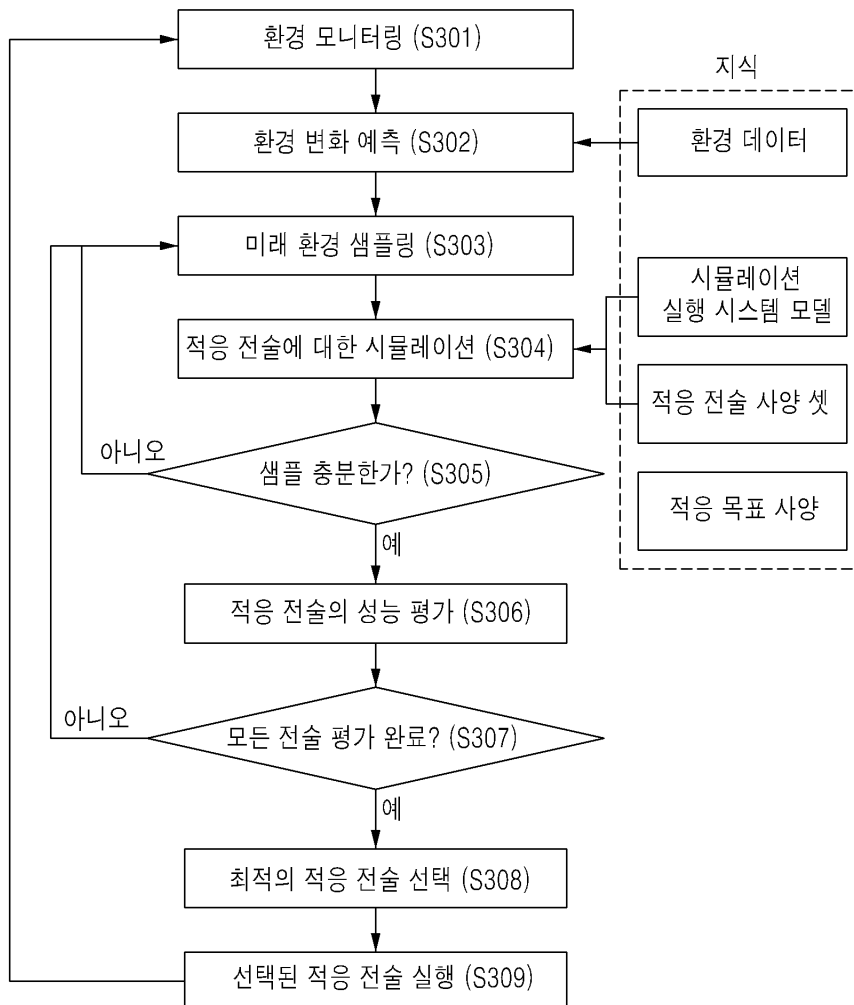
도면1



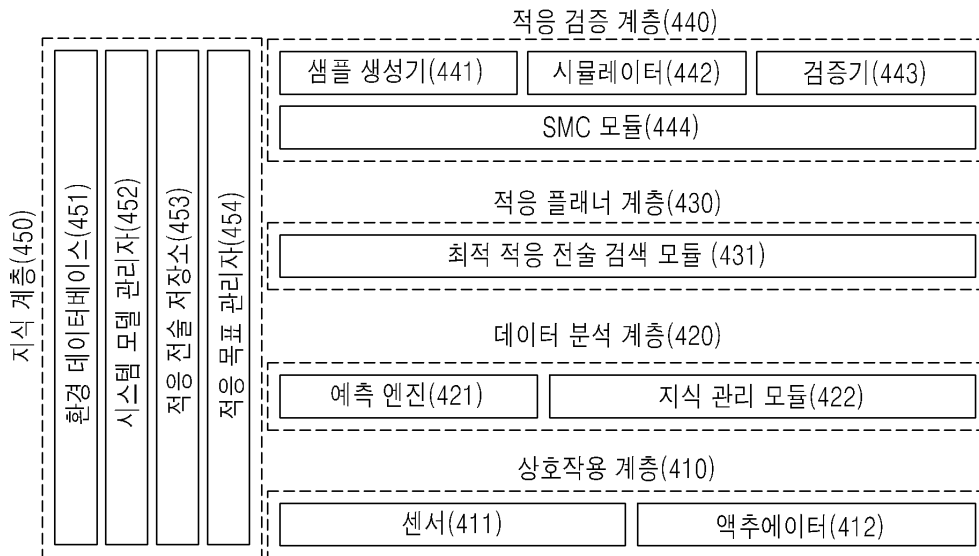
도면2



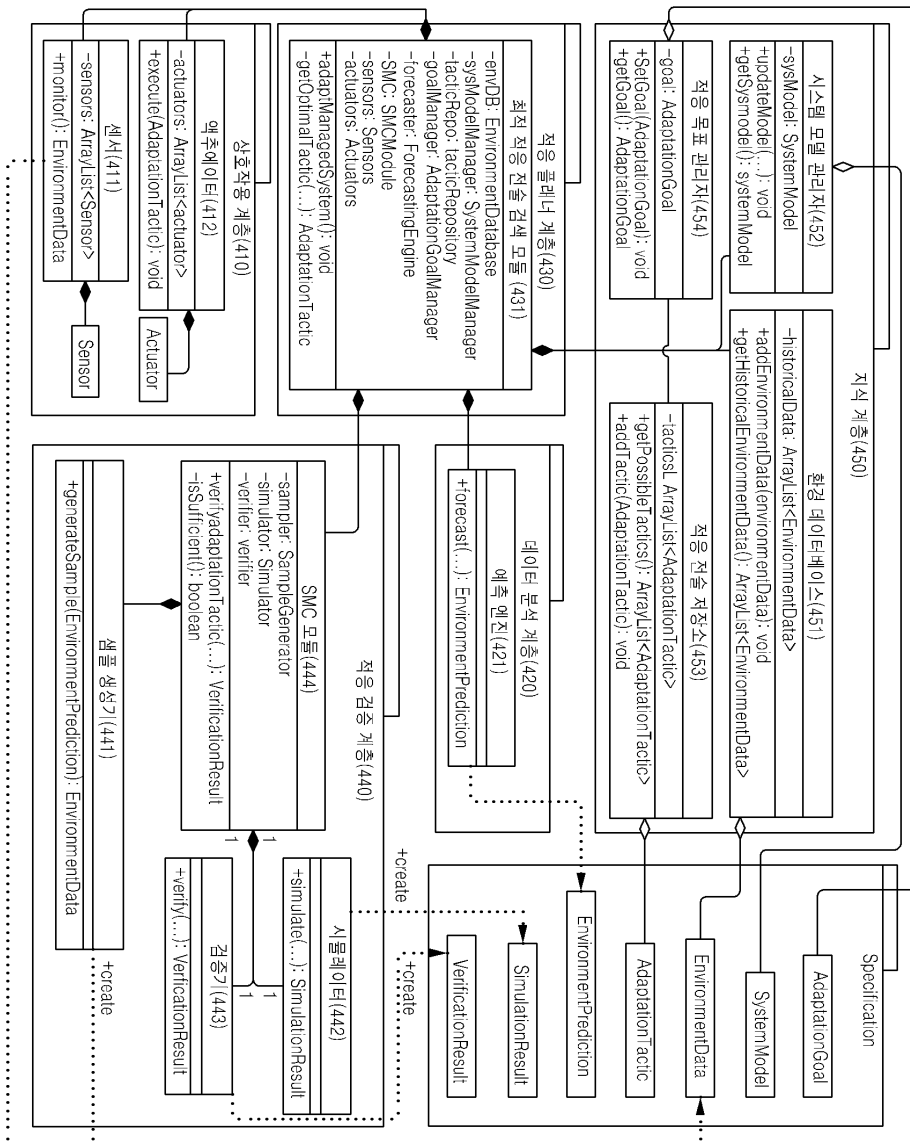
도면3



도면4



도면5



도면6

