



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0126411  
(43) 공개일자 2021년10월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06F 16/172 (2019.01) G06F 16/17 (2019.01)  
(52) CPC특허분류  
G06F 16/172 (2019.01)  
G06F 16/1734 (2019.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0044227  
(22) 출원일자 2020년04월10일  
심사청구일자 2020년04월10일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
신원용  
서울특별시 서대문구 성산로 371, 102동 102호(연희동, 현대싱그런)  
김광순  
서울특별시 강남구 삼성로51길 37, 107동 2601호(대치동, 래미안 대치 팰리스(1단지))  
(74) 대리인  
특허법인우인

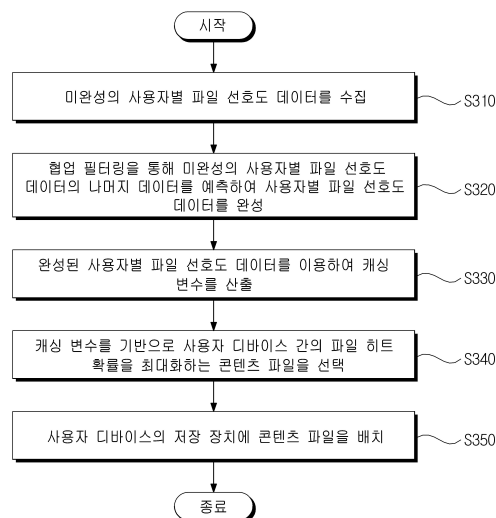
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 개인화된 선호도 학습을 통한 무선 데이터 캐싱 방법 및 장치

(57) 요약

본 실시예들은 협업 필터링 기술을 사용하여 개인화된 파일 선호도를 학습하고 개인화된 파일 선호도에 기반하여 캐싱 변수를 산출한 후 캐싱 변수를 기준으로 모바일 네트워크에서 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 그리디 방식으로 검색하여, 저 복잡도로 콘텐츠 할당이 가능한 무선 데이터 캐싱 방법 및 장치를 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*H04L 67/2842* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2020-110282
과제번호	NRF2017R1D1A1A09000835
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기본연구(후속연구)
연구과제명	소셜 빅 데이터 마이닝을 통한 거대 스케일 포그 네트워크 설계 및 핵심 요소기술

개발

기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2017.06.01 ~ 2020.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019-11-0359
과제번호	No.2019R1A2C2007982
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구
연구과제명	고속 이동체 간 협력 분산 기계학습 실현을 위한 B5G 이동통신/기계학습 결합기술

연구

기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2023.02.28

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨팅 디바이스에 의한 무선 데이터 캐싱 방법에 있어서,  
완성된 사용자별 파일 선호도 데이터를 이용하여 캐싱 변수를 산출하는 단계; 및  
상기 캐싱 변수를 기반으로 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 선택하는 단계를 포함하는 무선 데이터 캐싱 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 캐싱 변수를 산출하는 단계 이전에,  
미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 수집하는 단계 및  
협업 필터링을 통해 상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터의 나머지 데이터를 예측하여 상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 완성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 완성하는 단계는 사용자 기반의 협업 필터링 또는 아이템 기반의 협업 필터링을 적용하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
상기 캐싱 변수는 (i) 사용자 활동 레벨에 대한 제1 캐싱 변수 및 (ii) 사용자 개인 파일 선호도에 대한 제2 캐싱 변수를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,  
상기 사용자 활동 레벨에 대한 제1 캐싱 변수는 모든 사용자에게 의해 순위 매겨진 아이템의 개수 대비 해당 사용자에게 의해 순위 매겨진 아이템의 개수에 대한 비율로 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,  
상기 사용자 개인 파일 선호도에 대한 제2 캐싱 변수는 사용자별 모든 콘텐츠 파일의 순위의 합 대비 특정 콘텐츠 파일의 순위에 대한 비율로 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

#### 청구항 7

제4항에 있어서,  
상기 캐싱 변수를 산출하는 단계는 상기 사용자별 파일 선호도 데이터와 함께 공통된 파일 선호도 데이터를 사용하며, 상기 캐싱 변수는 상기 파일 인기도에 대한 제3 캐싱 변수를 포함하며,  
상기 제3 캐싱 변수는 모든 사용자의 모든 콘텐츠 파일의 순위의 합 대비 모든 사용자의 특정 콘텐츠 파일의 순위의 합에 대한 비율로 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

## 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 콘텐츠 파일을 선택하는 단계는 그리디 방식을 적용하여 각 사용자 디바이스에서 상기 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 연속적으로 상기 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기만큼 선택하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

## 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 콘텐츠 파일을 선택하는 단계는 제1 그리디 방식을 적용하며,

상기 제1 그리디 방식은 상기 파일 히트 확률에서 가장 큰 이득을 가져오는 아이템을 순차적으로 선택하고, 상기 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기 제한을 초과하지 않도록 아이템을 선택하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

## 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 콘텐츠 파일을 선택하는 단계는 제2 그리디 방식을 적용하며,

상기 제2 그리디 방식은 상기 파일 히트 확률에서 가장 적은 손실을 가져오는 아이템을 제거하는 과정을 사용자의 개수만큼 반복 수행한 후, 상기 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기 제한을 초과하지 않도록 상기 파일 히트 확률에서 가장 큰 이득을 가져오는 아이템을 선택하는 과정을 사용자의 개수만큼 반복 수행하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

## 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 콘텐츠 파일을 선택하는 단계 이후에,

상기 사용자 디바이스의 저장 장치에 상기 콘텐츠 파일을 배치하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 방법.

## 청구항 12

하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하고, 상기 프로세서에 연결되어 복수의 사용자 디바이스와 통신하는 통신 인터페이스를 포함하는 무선 데이터 캐싱 장치에 있어서,

상기 프로세서는 완성된 사용자별 파일 선호도 데이터를 이용하여 캐싱 변수를 산출하고,

상기 프로세서는 상기 캐싱 변수를 기반으로 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 선택하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 장치.

## 청구항 13

제9항에 있어서,

상기 통신 인터페이스는 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 수집하고, 상기 프로세서는 협업 필터링을 통해 상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터의 나머지 데이터를 예측하여 상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 완성하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 장치.

## 청구항 14

제9항에 있어서,

상기 캐싱 변수는 (i) 사용자 활동 레벨에 대한 제1 캐싱 변수 및 (ii) 사용자 개인 파일 선호도에 대한 제2 캐

싱 변수를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 장치.

#### 청구항 15

제9항에 있어서,

상기 프로세서는 그리디 방식을 적용하여 각 사용자 디바이스에서 상기 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 연속적으로 상기 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기만큼 선택하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 장치.

#### 청구항 16

제9항에 있어서,

상기 통신 인터페이스는 상기 사용자 디바이스의 저장 장치에 상기 콘텐츠 파일을 배치하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 장치.

#### 청구항 17

사용자 디바이스에 있어서,

상기 콘텐츠 파일을 저장하는 저장 장치; 및

다른 사용자 디바이스와 통신을 통해 상기 콘텐츠 파일을 전송하는 통신 인터페이스를 포함하며,

상기 통신 인터페이스는 무선 데이터 캐싱 장치로 미완성의 파일 선호도 데이터를 전송하고, 상기 콘텐츠 파일을 수신하는 것을 특징으로 하는 사용자 디바이스.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 무선 데이터 캐싱 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 차세대 통신 기술의 유력한 후보로 "무선 데이터 캐싱"을 사용한 콘텐츠 중심 무선 시스템 기술이 부각되고 있다. 희망하는 콘텐츠 객체(예컨대, 영화 또는 음원 파일)를 요청한 사용자가 모든 콘텐츠 데이터베이스를 보유하고 있는 중앙 서버 또는 기지국으로부터 다운로드를 받는 대신에, 희망하는 콘텐츠 객체를 저장하고 있는 인접한 사용자(또는 소형 기지국)가 존재시 해당 사용자로부터 서비스(즉, 다운로드)를 제공받는 기술이다.

[0004] 무선 데이터 캐싱 기술은 사용자에게 유한한 크기의 캐시 (저장장치)가 있어 일부 파일을 저장할 수 있고, 사용자 간 이동하면서 희망하는 파일을 교환할 수 있는 모바일 캐싱 네트워크 환경을 고려한다. 기존 캐싱 기술에서는 사용자의 개인 선호도에 상관없이 공통적인 파일 선호도에 기반하여 사전에 본인 저장장치에 콘텐츠 파일을 캐싱(pre-fetching)을 수행한다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2016-0111648호 (2016.09.27.)

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 협업 필터링 기술을 사용하여 개인화된 파일 선호도를 학습하고 개인화된 파일 선호도에 기반하여 캐싱 변수를 산출한 후 모바일 네트워크에서 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하도록 새

로운 무선 데이터 캐싱을 수행하는데 주된 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 컴퓨팅 디바이스에 의한 무선 데이터 캐싱 방법에 있어서, 완성된 사용자별 파일 선호도 데이터를 이용하여 캐싱 변수를 산출하는 단계, 및 상기 캐싱 변수를 기반으로 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 선택하는 단계를 포함하는 무선 데이터 캐싱 방법을 제공한다.

[0009] 상기 캐싱 변수를 산출하는 단계 이전에, 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 수집하는 단계 및 협업 필터링을 통해 상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터의 나머지 데이터를 예측하여 상기 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 완성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 콘텐츠 파일을 선택하는 단계 이후에, 상기 사용자 디바이스의 저장 장치에 상기 콘텐츠 파일을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하고, 상기 프로세서에 연결되어 복수의 사용자 디바이스와 통신하는 통신 인터페이스를 포함하는 무선 데이터 캐싱 장치에 있어서, 상기 프로세서는 완성된 사용자별 파일 선호도 데이터를 이용하여 캐싱 변수를 산출하고, 상기 프로세서는 상기 캐싱 변수를 기반으로 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 선택하는 것을 특징으로 하는 무선 데이터 캐싱 장치를 제공한다.

[0012] 본 실시예의 또 다른 측면에 의하면, 사용자 디바이스에 있어서, 상기 콘텐츠 파일을 저장하는 저장 장치, 및 다른 사용자 디바이스와 통신을 통해 상기 콘텐츠 파일을 전송하는 통신 인터페이스를 포함하며, 상기 통신 인터페이스는 무선 데이터 캐싱 장치로 미완성의 파일 선호도 데이터를 전송하고, 상기 콘텐츠 파일을 수신하는 것을 특징으로 하는 사용자 디바이스를 제공한다.

### 발명의 효과

[0013] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 협업 필터링 기술을 사용하여 개인화된 파일 선호도를 학습하고 개인화된 파일 선호도에 기반하여 캐싱 변수를 산출한 후 캐싱 변수를 기준으로 콘텐츠 파일을 선택하여, 모바일 네트워크에서 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화할 수 있는 효과가 있다.

[0014] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 모바일 네트워크 모델을 예시한 도면이다.

도 2은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 장치를 예시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 방법을 예시한 블록도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 방법이 처리하는 사용자별 파일 선호도 데이터를 예시한 도면이다.

도 5 및 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 방법이 처리하는 캐싱 변수를 예시한 도면이다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 실시예들에 따라 수행된 모의실험 결과를 도시한 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.

[0017] 도 1은 모바일 네트워크 모델을 예시한 도면이다.

- [0018] 무선 액세스 포인트(Access Point, AP)는 모바일 사용자  $N=\{u_1, u_2, \dots, u_N\}$ 에게 모바일 서비스를 제공한다. 콘텐츠 중심 모바일 네트워크에서 각 모바일 사용자는 저장 용량  $S$ 를 갖는 지역 캐시가 장착된 디바이스를 사용한다. 캐시의 저장 용량  $S$ 는 최대  $S$ 만큼 콘텐츠 파일을 저장하는 것을 의미할 수 있다. 콘텐츠 중심 모바일 네트워크에서 사용자는 사용자 디바이스 간의 단일 홉 통신을 통해 콘텐츠 파일을 공유할 수 있다. AP는 무한 속도의 백홀을 통해 유튜브 등의 콘텐츠 라이브러리 서버에 접근 가능하며, 캐싱 프로세스를 시작한다. 라이브러리의 콘텐츠 개수는 동적으로 변하고 새로운 사용자 생성 콘텐츠가 지속적으로 추가된다. 사용자는 콘텐츠 라이브러리 서버로 인기있는 콘텐츠 파일  $F=\{f_1, f_2, \dots, f_F\}$ 을 요청하며, 콘텐츠 라이브러리 서버에 대한 요청은 인기있는 콘텐츠 파일에 집중된다. 콘텐츠 파일의 크기는 동일하다고 가정할 수 있다. 네트워크 모델에서 시간을 독립 슬롯  $t_1, t_2, \dots$  등으로 구분된다. 사용자는 할당된 시간 슬롯 동안 콘텐츠 파일을 요청한다. 인기있는 콘텐츠 파일을 캐싱하는 것이 필요하고, 새로운 인기있는 콘텐츠 파일이 지속적으로 유입되므로, 업데이트가 필요하다. AP는 인기있는 콘텐츠 파일  $F$ 를 업데이트하고 사용자 디바이스의 캐시를 채우는 콘텐츠 배치 동작을 수행한다. 콘텐츠 파일에 대한 각 사용자의 선호도가 상이하며, 일부 사용자만이 데이터 트래픽을 생성하는데 관여한다.
- [0019] 도 2은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 장치를 예시한 블록도이다.
- [0020] 무선 데이터 캐싱 장치(210)는 적어도 하나의 프로세서(220), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체(230) 및 통신 버스(270)를 포함한다.
- [0021] 프로세서(220)는 무선 데이터 캐싱 장치(210)로 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(220)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(230)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(220)에 의해 실행되는 경우 호출 구간 검출 장치(210)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0022] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(230)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(230)에 저장된 프로그램(240)은 프로세서(220)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독한 가능 저장 매체(230)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 호출 구간 검출 장치(210)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0023] 통신 버스(270)는 프로세서(220), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(240)를 포함하여 무선 데이터 캐싱 장치(210)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0024] 무선 데이터 캐싱 장치(210)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(미도시)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(250) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(260)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(250) 및 통신 인터페이스(260)는 통신 버스(270)에 연결된다. 입출력 장치는 입출력 인터페이스(250)를 통해 무선 데이터 캐싱 장치(210)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0025] 무선 데이터 캐싱 장치(210)는 협업 필터링 기술을 사용하여 개인화된 파일 선호도를 학습하고 개인화된 파일 선호도에 기반하여 캐싱 변수를 산출한 후 캐싱 변수를 기준으로 모바일 네트워크에서 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 그리디 방식으로 검색하여, 저 복잡도로 콘텐츠를 할당한다.
- [0026] 무선 데이터 캐싱 장치(210)는 사용자 디바이스와 통신 가능하다.
- [0027] 사용자 디바이스는 콘텐츠 파일을 저장하는 저장 장치 및 다른 사용자 디바이스와 통신을 통해 상기 콘텐츠 파일을 전송하는 통신 인터페이스를 포함한다. 사용자 디바이스의 통신 인터페이스는 무선 데이터 캐싱 장치로 미완성의 파일 선호도 데이터를 전송하고, 콘텐츠 파일을 수신할 수 있다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 방법을 예시한 블록도이다. 무선 데이터 캐싱 방법은 컴퓨팅 디바이스에 의하여 수행될 수 있으며, 무선 데이터 캐싱 장치와 동일한 방식으로 동작한다.
- [0029] 단계 S310에서 통신 인터페이스는 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 수집한다.
- [0030] 단계 S320에서 프로세서는 협업 필터링을 통해 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터의 나머지 데이터를 예측하여 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 완성한다.

- [0031] 단계 S330에서 프로세서는 완성된 사용자별 파일 선호도 데이터를 이용하여 캐싱 변수를 산출한다. 캐싱 변수를 산출하는 단계는 사용자별 파일 선호도 데이터를 사용하며, 사용자별 파일 선호도 데이터와 함께 공통된 파일 선호도 데이터를 사용할 수도 있다.
- [0032] 단계 S340에서 프로세서는 캐싱 변수를 기반으로 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 선택한다.
- [0033] 단계 S350에서 통신 인터페이스는 사용자 디바이스의 저장 장치에 콘텐츠 파일을 배치한다.
- [0034] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 방법이 처리하는 사용자별 파일 선호도 데이터를 예시한 도면이다.
- [0035] 무선 데이터 캐싱 방법은 미완성의 사용자별 파일 선호도 데이터를 완성하는 단계에서 사용자 기반의 협업 필터링 또는 아이템 기반의 협업 필터링을 적용할 수 있다.
- [0036] 사용자 기반의 협업 필터링은 기존의 어느 정도 예측이 가능한 사용자와 유사한 패턴을 가진 사용자들을 찾고, 기존 사용자들의 행동 데이터를 예측하기 위해 유사하다고 추출된 사용자들의 행동 데이터를 수치화하여 사용한다. 사용자 기반의 협업 필터링에서 유사도는 두 사용자가 얼마나 유사한 항목(아이템)을 선호했는지를 기준으로 한다.
- [0037] 아이템 기반의 협업 필터링은 아이템 간의 상관관계를 결정하는 아이템 매트릭스를 만들고, 매트릭스를 사용하여 최신 사용자의 데이터를 기반으로 사용자의 선호도를 유추한다. 아이템 기반의 협업 필터링은 아이템들 간에 대한 유사도를 계산한다.
- [0038] 수학적 식 1은 사용자 기반의 협업 필터링에 관한 것이고, 수학적 식 2는 아이템 기반의 협업 필터링에 관한 것이고, 수학적 식 3은 유사도에 관한 것이다.

### 수학적 식 1

$$\hat{r}_{k,a} = b_{k,a} + \frac{\sum_{i \in \mathcal{U}_{k,a}} w_{k,i} (r_{i,a} - b_{i,a})}{\sum_{i \in \mathcal{U}_{k,a}} w_{k,i}}$$

[0039]

- [0040] 사용자 기반의 협업 필터링을 통해 사용자  $u_k$ 의 공백 순위  $r_{k,a}$ 를 유사한 사용자의 순위를 참조하여 예측한다.  $b_{i,a}$ 는 파일  $f_a$ 에 대한 바이어스 순위이고,  $w_{k,i}$ 는 사용자 간의 유사도 가중치이다.

### 수학적 식 2

$$\hat{r}_{k,a} = b_{k,a} + \frac{\sum_{j \in \mathcal{I}_{a,k}} w_{a,j} (r_{k,j} - b_{k,j})}{\sum_{j \in \mathcal{I}_{a,k}} w_{a,j}}$$

[0041]

- [0042] 아이템 기반의 협업 필터링을 통해 사용자  $u_k$ 의 공백 순위  $r_{k,a}$ 를 유사한 아이템의 순위를 참조하여 예측한다.  $b_{k,j}$ 는 바이어스 순위이고,  $w_{a,i}$ 는 콘텐츠 파일  $f_a$  간의 유사도 가중치이다.
- [0043] 피어슨 상관도, 코사인 유사도, 유클리드 거리 등을 이용하여 유사도를 측정할 수 있다.
- [0044] 도 4에서는 순위 매트릭스  $R^{N \times F}$ 에서 미완성된 데이터를 예측하여 완성된 데이터를 예시한다.
- [0045] 무선 데이터 캐싱 방법은 D2D(device-to-device) 통신을 통해 지역 캐시의 콘텐츠 파일 공유를 증가시켜서 평균 히트 확률을 최대화하는 목적 함수를 최적화하는 방식을 이용하여, 피크 시간에 모바일 네트워크의 백홀의 부하를 감소시킬 수 있다. 콘텐츠 배치는 캐싱 벡터  $C_{ui}=[c_{ui,f1}, c_{ui,f2}, \dots, c_{ui,ff}]$ 에 따라 각 사용자 디바이스가 콘



텐츠 파일을 저장하는 것이다.

[0046] 실현 가능한 캐시 할당 전략  $C^{N \times F} = [C_{u1}; C_{u2}; \dots; C_{uN}]$ 을 도출하기 위해서, 무선 데이터 캐싱 방법은 완성된 개인화된 파일 선호도에 기반하여 캐싱 변수를 산출한 후 캐싱 변수를 기준으로 모바일 네트워크에서 사용자 디바이스 간의 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 선택한다.

[0047] 개인화된 파일 선호도 데이터를 기반으로 정의된 평균 히트 확률을 최대화하는 목적 함수는 수학식 3과 같이 표현되고, 공통된 파일 선호도 데이터를 기반으로 정의된 평균 히트 확률을 최대화하는 목적 함수는 수학식 4와 같이 표현된다.

### 수학식 3

$$\max_{C^{N \times F}} \sum_{u_i \in \mathcal{N}} \sum_{f_a \in \mathcal{F}} P(u_i) P(f_a | u_i) \left( 1 - \prod_{u_j \in \mathcal{N}} (1 - c_{u_j, f_a} p_{u_i, u_j}) \right)$$

subject to

$$\begin{aligned} \sum_{f_a \in \mathcal{F}} c_{u_i, f_a} &\leq S, & \forall u_i \in \mathcal{N}, \\ c_{u_j, f_a} &\in \{0, 1\}, & \forall u_j \in \mathcal{N}, f_a \in \mathcal{F}, \end{aligned}$$

[0048]

### 수학식 4

$$\max_{C^{N \times F}} \sum_{u_i \in \mathcal{N}} \sum_{f_a \in \mathcal{F}} P(u_i) P(f_a) \left( 1 - \prod_{u_j \in \mathcal{N}} (1 - c_{u_j, f_a} p_{u_i, u_j}) \right)$$

subject to

$$\begin{aligned} \sum_{f_a \in \mathcal{F}} c_{u_i, f_a} &\leq S, & \forall u_i \in \mathcal{N}, \\ c_{u_j, f_a} &\in \{0, 1\}, & \forall u_j \in \mathcal{N}, f_a \in \mathcal{F}, \end{aligned}$$

[0049]

[0050] 공통된 파일 선호도에 따른 모델링은 사용자의 선호도를 동일하게 취급한다. 즉, 사용자  $i$ 와  $j$ 에 대해서  $P(f_a | u_i) = P(f_a | u_j) = P(f_a)$ 로 설정될 수 있다.

[0051] 도 5 및 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 데이터 캐싱 방법이 처리하는 캐싱 변수를 예시한 도면이다.

[0052] 캐싱 변수는 (i) 사용자 활동 레벨에 대한 제1 캐싱 변수 및 (ii) 사용자 개인 파일 선호도에 대한 제2 캐싱 변수를 포함한다. 캐싱 변수는 (iii) 파일 인기도에 대한 제3 캐싱 변수를 포함할 수 있다.

[0053] 사용자 활동 레벨에 대한 제1 캐싱 변수는 모든 사용자에게 의해 순위 매겨진 아이템의 개수 대비 해당 사용자에게 의해 순위 매겨진 아이템의 개수에 대한 비율로 산출된다. 사용자 활동 레벨에 대한 제1 캐싱 변수는 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

[0054] 사용자 개인 파일 선호도에 대한 제2 캐싱 변수는 사용자별 모든 콘텐츠 파일의 순위의 합 대비 특정 콘텐츠 파

일의 순위에 대한 비율로 산출된다. 사용자 개인 파일 선호도에 대한 제2 캐싱 변수는 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

[0055] 파일 인기도에 대한 제3 캐싱 변수는 모든 사용자의 모든 콘텐츠 파일의 순위의 합 대비 모든 사용자의 특정 콘텐츠 파일의 순위의 합에 대한 비율로 산출된다. 파일 인기도에 대한 제3 캐싱 변수는 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 5

$$P(u_k) = \frac{n_k}{\sum_{j=1}^N n_j}$$

[0056]

$n_k$ 는 설정된 순위의 개수이다.

### 수학식 6

$$P(f_a|u_k) = \frac{r_{k,a}}{\sum_{i=1}^F r_{k,i}}$$

[0058]

$r_{k,a}$ 는 사용자  $u_k$ 에 의해 설정되거나 협업 필터링을 통해 예측된 순위이다.

### 수학식 7

$$P(f_a) = \frac{\sum_{k=1}^N r_{k,a}}{\sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^F r_{k,i}}$$

[0060]

[0061] 무선 데이터 캐싱 방법은 콘텐츠 파일을 선택하는 단계는 그리디 방식을 적용하여 각 사용자 디바이스에서 파일 히트 확률을 최대화하는 콘텐츠 파일을 연속적으로 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기만큼 선택할 수 있다. 무선 데이터 캐싱 방법은 콘텐츠 파일을 선택하는 단계에서 제1 그리디 방식 및/또는 제2 그리디 방식을 적용할 수 있다.

[0062] 제1 그리디 방식은 파일 히트 확률에서 가장 큰 이득을 가져오는 아이템을 순차적으로 선택하고, 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기 제한을 초과하지 않도록 아이템을 선택한다. 히트 확률에 가장 큰 이득을 가져오는 하나의 아이템을 순차적으로 선택하되, 사용자 별 캐시 용량 제한을 넘어가지 않는 방향에서 선택한다.

[0063] 제2 그리디 방식은 파일 히트 확률에서 가장 적은 손실을 가져오는 아이템을 제거하는 과정을 사용자의 개수만큼 반복 수행한 후, 사용자 디바이스의 저장 장치의 크기 제한을 초과하지 않도록 상기 파일 히트 확률에서 가장 큰 이득을 가져오는 아이템을 선택하는 과정을 사용자의 개수만큼 반복 수행한다. 사용자 별 캐시 용량에 해당하는 개수만큼 선호하는 콘텐츠 파일을 포함하는 집합에서 1단계로 히트 확률에 가장 적은 폭의 감소를 가져오는 항목을 하나 제거하고 이를 사용자 수만큼 반복 수행한다. 2단계로 사용자 별 캐시 용량 제한을 넘어가지 않는 방향에서 히트 확률에 가장 큰 이득을 가져오는 하나의 아이템을 선택하고 이를 사용자 수만큼 반복 수행한다.

[0064] 도 7 및 도 8은 본 발명의 실시예들에 따라 수행된 모의실험 결과를 도시한 것이다.

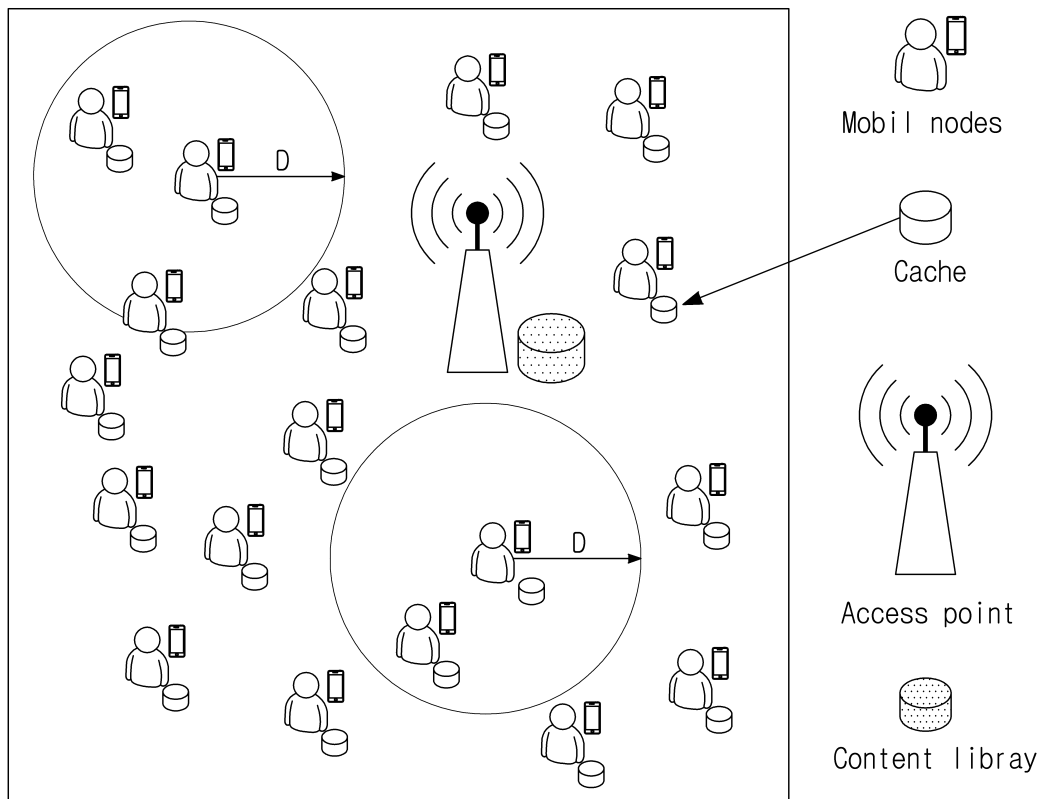
[0065] 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이, 사용자가 요청한 콘텐츠 객체를 서비스 받을 확률인 파일 히트 확률로 정의할 때, 모든 사용자에게 대해 평균을 취한 평균 히트 확률 (average hit ratio)을 성능 척도로 사용한 결과, 실제 추천시스템 분석시 사용되는 MovieLens 데이터 세트 하에서 모바일 네트워크를 모델링한 모의실험을 통하여, 개

인화된 파일 선호도 학습 기반의 무선 데이터 캐싱이 공통된 파일 선호도 기반으로 캐싱을 수행한 기존 기술 대비 큰 폭으로 이득을 확보하는 것을 확인하였다.

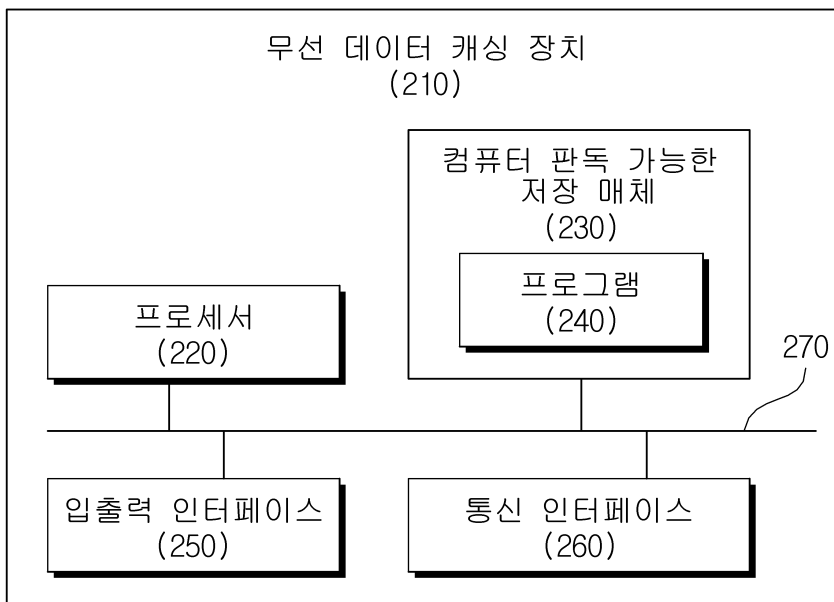
- [0066] 무선 데이터 캐싱 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그래밍 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.
- [0067] 무선 데이터 캐싱 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스 또는 서버에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스 또는 서버는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.
- [0068] 도 3에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 3에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.
- [0069] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.
- [0070] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

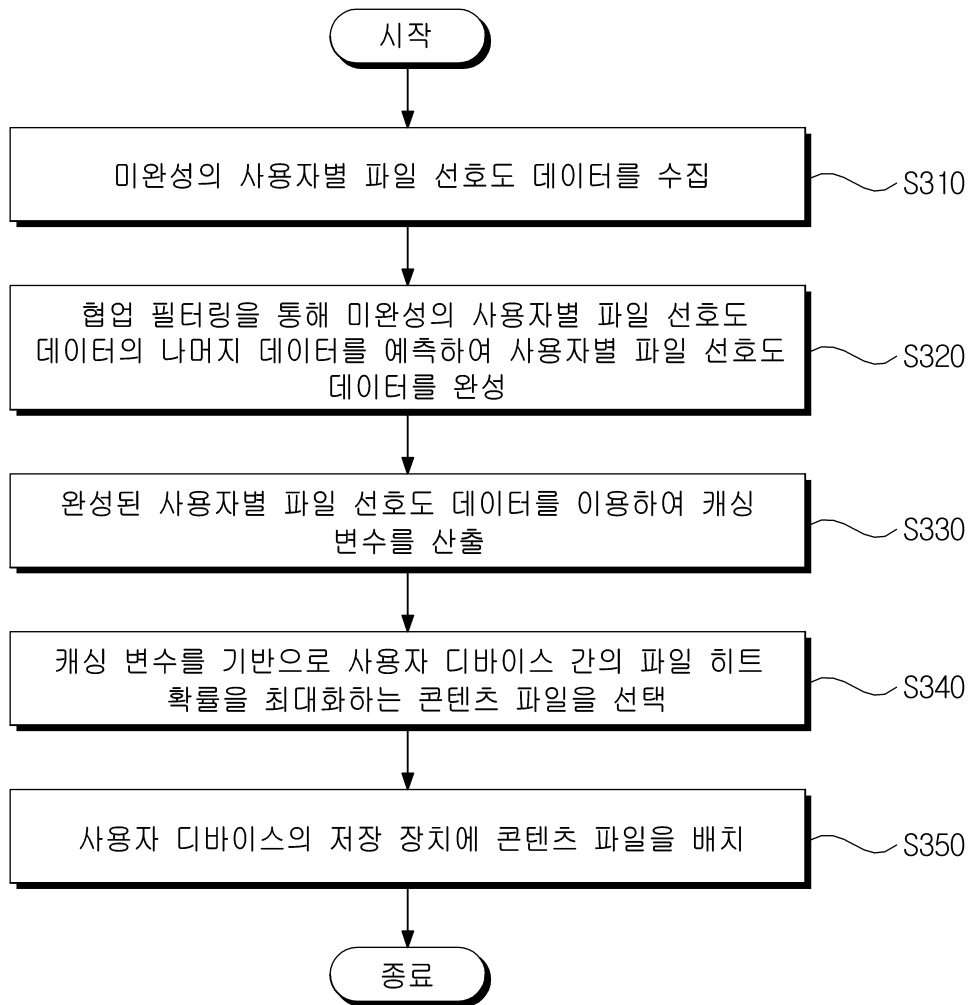
도면1



도면2



도면3



도면4

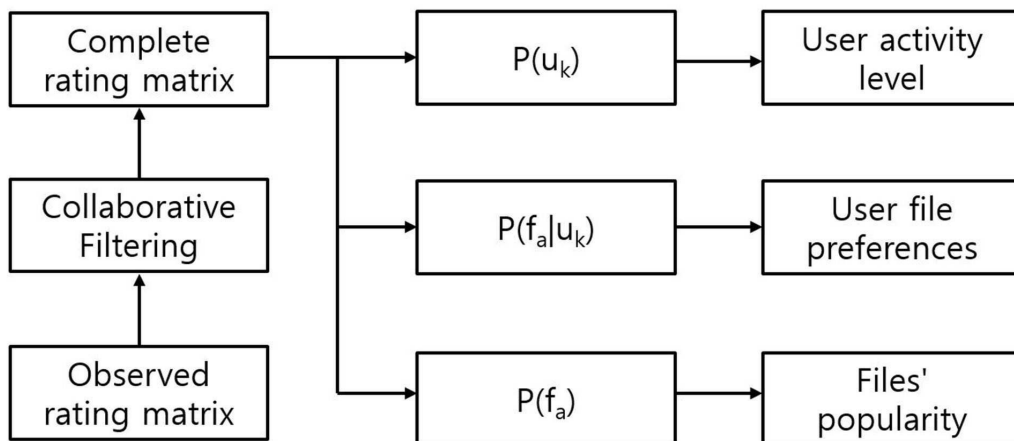
	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
$u_1$				5
$u_2$		2		1
$u_3$	4	4	5	3
$u_4$		4		2

(a)

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
$u_1$	1.2	0.7	2.1	5
$u_2$	1.8	2	3.2	1
$u_3$	4	4	5	3
$u_4$	2.5	4	3.5	2

(b)

도면5



도면6

User activity level

	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$
$P(u_i)$	0.125	0.25	0.375	0.25

(a)

User file preferences

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
$P(f_a u_1)$	1.2/9	0.7/9	2.1/9	5/9
$P(f_a u_2)$	1.8/8	2/8	3.2/8	1/8
$P(f_a u_3)$	4/16	4/16	5/16	3/16
$P(f_a u_4)$	2.5/12	4/12	3.5/12	2/12

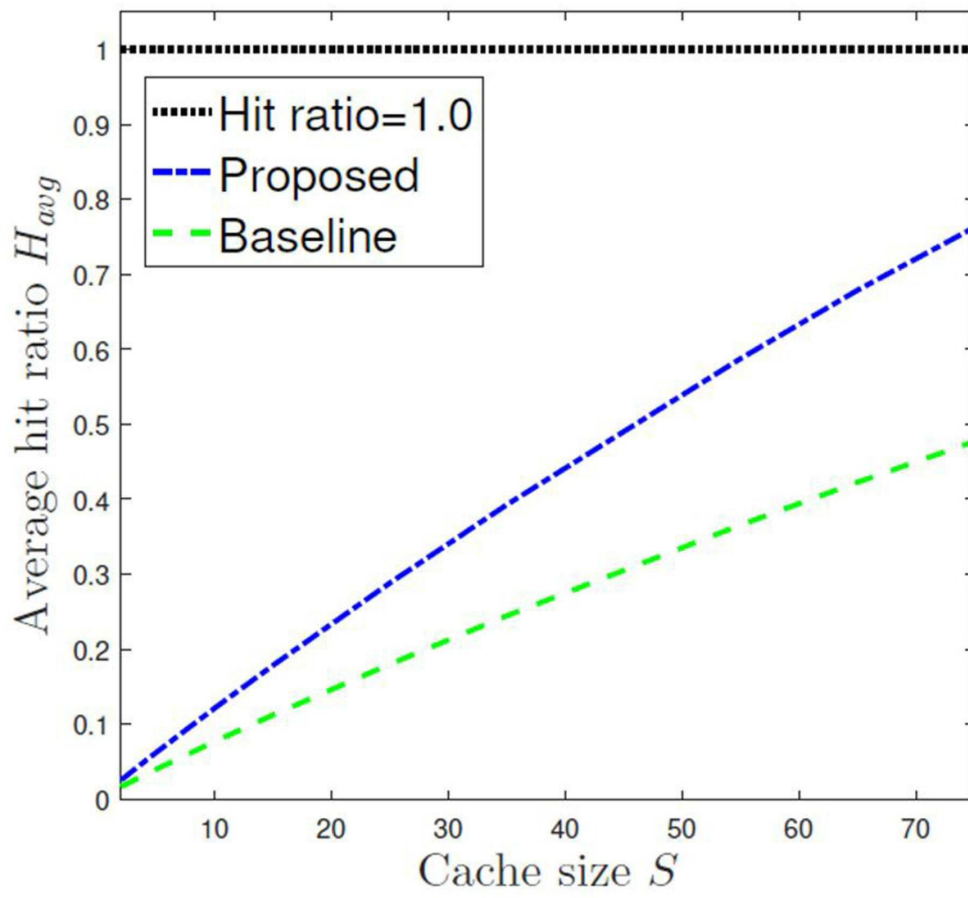
(b)

Files' popularity

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
$P(f_a)$	9.5/45	10.7/45	13.8/45	11/45

(c)

도면7





도면8

