

블록체인과 유전 알고리즘을 활용한 게임 캐릭터 생태계 구축에 대한 연구

김수연*, 김수현*, 정윤오*, 박소영*

*건국대학교 컴퓨터공학부

naksyda@naver.com, kim113355@naver.com, yoonoh123@naver.com, soyoungpark@konkuk.ac.kr

A Study on Game Character Environment Building Using Blockchain and Genetic Algorithm

Suyeon Kim*, Suhyeon Kim*, Yoonoh Jung*, Soyoung Park*

*Dept. of Computer Science and Engineering, Konkuk University

요 약

본 논문에서는 블록체인 기술을 활용하여 게임 콘텐츠의 위변조를 방지하고 유전 알고리즘을 이용하여 게임 콘텐츠의 유기적 생태계를 구축하는 방법을 제안한다. 블록체인 기술을 바탕으로 모든 게임 플레이어는 Non-Fungible Token (NFT)으로 보호되는 독자적인 게임 캐릭터를 생성 및 관리할 수 있다. 또한 각 게임 캐릭터는 캐릭터의 고유 성질을 나타내는 유전 정보로 정의되며, 유전 알고리즘에 의하여 새로운 캐릭터가 생성되도록 함으로써 게임 캐릭터들의 유기적 생태계가 구축될 수 있다. 제안한 기술을 바탕으로 한 경영 시뮬레이션 웹 게임인 Cryptoy 를 개발하였고, 이를 통해서 제안한 기술의 안전성 및 정확성을 분석하였다.

1. 서론

세계 디지털 콘텐츠 시장은 모바일 라이프 확산과 IT 기술의 발전에 힘입어 성장하고 있으며, 2020년 기준 약 2조 5100억 달러의 규모이다[1]. 하지만 시장 규모에 비해 디지털 콘텐츠의 소유권 및 이용에 대한 인식은 아직 미흡하여, 인증과 표현을 위해 Non-Fungible Token [2] (이하 NFT)이 주목받고 있다.

디지털 콘텐츠 생성 과정에서도 AI나 빅데이터를 활용하는 등의 실험적 시도들이 이어지고 있다. 그 중 본 논문에서 주목한 방식은 유전 알고리즘[3,4]을 활용한 게임 캐릭터 생성 방식이다. 현재 대부분의 게임에서 활용되고 있는 캐릭터 생성 방식은, 정해진 애셋 중 플레이어 혹은 정해진 확률에 의한 선택으로 하나의 애셋 조합이 생성되는 방식이다. 하지만 유전 알고리즘을 통한 생성 방식은 선택과 확률이 모두 영향을 끼치는 방식으로, 생성의 다양성과 정당성을 보장할 수 있다. 특히 본 논문에서는 일반 유전 알고리즘의 연산 법칙인 선택, 교차, 변이, 대치 이외에도 반성유전 등 실제 유전 법칙을 적용하여 보다 현실적인 캐릭터를 생성한다.

따라서 본 논문에서는 블록체인[5]과 유전 알고리즘을 바탕으로 위변조 불가능한 고유의 게임 캐릭터

를 생성하고 거래 및 관리할 수 있는 기술을 새롭게 제안한다. 또한, 캐릭터 생성, 거래 및 판매를 통한 경영 시뮬레이션을 수행할 수 있는 웹 게임을 개발하고, 해당 웹 게임을 통해서 제안한 기술의 실험적 성능을 분석한다. 본 논문에서 제안하는 핵심 기술은 다음과 같다.

- 1) 게임 캐릭터의 다양성을 제공할 수 있는 캐릭터 특성의 유전 정보 표현
- 2) 선택과 확률에 기반한 유전 알고리즘 제안
- 3) 캐릭터 위변조 방지를 위한 블록체인 기술 제안
- 4) 게임 캐릭터 교배 및 거래를 포함하여, 캐릭터 판매를 통한 경영 시뮬레이션 기반 웹 게임 제작

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에 관련 연구를 제시하고, 3장에서는 제안하는 게임 캐릭터 생성 및 거래 기술에 대해서 자세하게 설명한 후, 개발한 웹 게임 구현 결과 및 제안한 기술의 시뮬레이션 결과를 4장에서 분석하고, 마지막으로 5장에서 본 연구의 결론 및 향후 연구 내용을 제시한다.

2. 관련 연구

블록 체인을 이용한 게임 캐릭터의 위변조 방지 및 유전자 알고리즘에 기반한 캐릭터 생성과 관련된 대표 게임으로 CryptoKitties[6]와 Axie Infinity[7]가 있다. CryptoKitties의 경우 캐릭터 교배를 통한 새로운 캐릭터 생성 및 캐릭터 수집이 주기적이다.

제한한 웹 게임은 이에 덧붙여 돌연변이를 포함한 보다 다양한 형태의 캐릭터가 생성될 수 있도록, 게임 캐릭터에 히든 형질을 추가하고, 반성유전을 포함하는 실제 유전 법칙에 기반한 유전 알고리즘을 제안하는 점에 차이가 있다. 유전 알고리즘의 활용에 있어 생물의 유전자 개념은 타 블록체인 게임에서도 이미 활용되었지만, 제작된 게임은 추가적으로 염색체 개념을 도입하였다. 예를 들어, 캐릭터 특성 중 ‘구멍’은 열성 X염색체와 연관되어 있어 반성유전 된다. 이를 통해 게임의 캐릭터들의 성염색체 상에 다른 특성의 유전자도 존재함이 관찰된다.

또한 진행 방식에 있어서 단순 캐릭터 수집을 넘어, 수집된 캐릭터 중 게임에서 제시하는 캐릭터 조건(유전형질조건)을 만족하는 캐릭터를 판매하여 점수를 획득하는 방식의 경영 시뮬레이션을 포함하고 있다는 점이 다르다.

3. 게임 환경 및 시나리오

3.1 게임 환경 및 시나리오

본 게임은 (1) 초기 게임 캐릭터 생성, (2) 캐릭터 교배, (3) 캐릭터 거래 및 (4) 경영 시뮬레이션 게임으로 구성된다. 게임 캐릭터 교배 및 캐릭터 거래에는 게임 전용으로 개발된 재화 “얌(YAM)” 이 사용된다.

초기 게임 캐릭터 생성 단계에서 플레이어는 회원가입 시 고유 키(Key)를 포함한 가상화폐 지갑과 500얌을 지급받고, 무작위로 생성된 기본 캐릭터(이하 0세대 캐릭터) 5개가 할당된다. 이후 캐릭터 교배 및 거래 과정을 통해 캐릭터의 개수를 늘릴 수 있다. 교배는 플레이어가 소유한 캐릭터 중 성별이 다른 두 캐릭터를 선택하여 새 캐릭터를 생성시키는 과정이고, 거래는 다른 플레이어가 마켓에 등록된 캐릭터를 구매하는 과정이다. 교배와 거래를 통해 확보한 캐릭터로 경영 시뮬레이션 게임을 진행할 수 있다. 다음 절에서 각 단계의 상세 프로토콜에 대해 설명한다.

3.2 게임 캐릭터 생성

본 게임의 캐릭터가 생성되는 방식은 다음과 같다.

<표 1> 캐릭터 생성 시스템의 용어

| 기호 | 설명 |
|-----------------|--------------|
| $H_{character}$ | 캐릭터의 해시값 |
| $H(\cdot)$ | Sha256 해시 함수 |
| $H_{previous}$ | 이전 블록의 해시값 |
| DNA | 캐릭터의 유전자 |
| F | 캐릭터의 어머니 ID |
| M | 캐릭터의 아버지 ID |
| G | 캐릭터의 세대 |

<표1>은 게임 캐릭터에 사용되는 주요 표기이다. 게임 캐릭터는 캐릭터의 특성을 나타내는 유전정보를 갖는데, 캐릭터의 유전 형질은 크게 성별, 종족, 외관, 돌연변이로 나뉘며, 외관은 다시 눈, 코, 입, 색상, 종족별 재료로 구성된다. 각 형질을 나타내는 유전 정보는 <표2>와 같이, 이진 정보로 표현된다. 유전 정보는 0세대 이후 다음 세대의 유전 형질을 결정하기 위한 유전 알고리즘에 사용된다. 최종적으로, 하나의 게임 캐릭터 정보는 ERC-721[8] 프로토콜의 형태로 생성되며, 해시값은 다음과 같이 결정된다.

$$H_{Character} =$$

$$H(H_{previous} + timeStamp + nonce + DNA + F + M + G)$$

새로운 게임 캐릭터가 생성될 때마다, 유전 정보를 포함한 캐릭터의 정보가 블록체인에 게시된다.

3.3 캐릭터 교배

캐릭터 교배는 두 캐릭터의 유전자 정보를 기반으로 유전 알고리즘을 활용하여 새로운 캐릭터를 생성한다. 게임 내에서 새로운 캐릭터 생성 시 선택, 교차, 변이 3단계의 프로세스를 거친다. 만약 변이 과정에서 돌연변이가 발생한다면 진화가 이루어진다.

1) 선택

선택은 유전에 사용될 염색체를 선택하는 단계이다. 본 연구는 일반 유전 알고리즘에서 사용하는 적합도 연산을 거치지 않고, 플레이어가 캐릭터를 선택한다. 플레이어가 발현되기를 원하는 특성이 최적해이고, 서로 다른 특성 사이에 우열이 존재하지 않아 알고리즘이 최적해를 판단하는 것이 불가하기 때문이다.

플레이어는 소유한 캐릭터 중, 같은 종족에 속하고 다른 성별을 가진 두 캐릭터(이하 부모 캐릭터)를 선택한다. 이때 새로 생성되는 캐릭터(이하 자손 캐릭터)

<표 2> 캐릭터 유전자의 유전 형질 구성

| 성별 | 종족 | 외관 | | | | | | | 돌연변이 | |
|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 성별+특성 | 종족 | 재료 1 | 재료 2 | 재료 3 | 눈 | 코/입 | | 색상 |
| R | G | | | | | | | | B | 히든 |
| 4bit | 3bit | 4bit | 4bit | 4bit | 3bit | 3bit | 8bit | 8bit | 8bit | 2bit |

는 부모 캐릭터를 포함한 상위 최대 5대까지의 조상 캐릭터의 특성을 확률에 따라 유전 받는다. 유전 확률은 다음 <표3>과 같다. 조상 유전자까지 고려한 후, 자손 캐릭터에 유전될 유전자는 부계 유전자와 모계 유전자 중 50%의 확률로 정해진다.

<표 3> 자손 캐릭터의 조상별 유전 확률

| 상위 1대 조상 (부모) | 상위 2대 조상 | 상위 3대 조상 | 상위 4대 조상 | 상위 5대 조상 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|
| 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/16 |

2) 교차

교차는 2개의 염색체를 부분적으로 바꾸는 단계이다. 본 연구에서 종족과 재료 형질은 다점 교차를 통해 형질의 길이만큼 교차되고, 나머지 형질은 균등 교차를 통해 1bit씩 교차된다. 교차 확률의 임계값은 0.5로 설정되어 유전자가 균등하게 교차된다. 히든 형질은 기본값으로 설정되어 교차 연산이 일어나지 않는다. 색상은 교차 연산이 적용되지 않고 부모의 색상 스펙트럼 내에서 랜덤으로 확정된다.

3) 변이

변이는 아주 낮은 확률로 염색체가 바뀌는 단계이다. 본 연구에서는 0.5%의 확률로 변이가 발생하도록 설정하였다. 변이 단계를 통해 개체의 다양성을 유지하도록 하고, 숨겨진 형질이 발현되도록 한다.

제작된 게임은 일반적인 유전 알고리즘과 다르게 선택 연산이 플레이어의 캐릭터 선택 과정에 의해 대체된다. 따라서 모집단의 다양성을 합리적으로 관리할 필요성이 없으므로, 대치 연산 과정은 생략하였다.

3.4 캐릭터 거래

<표 4> 캐릭터 거래 시스템의 용어

| 기호 | 설명 |
|--------------------------------|--|
| $\langle K_i^+, K_i^- \rangle$ | i 번째 플레이어의 키 쌍 |
| $Transaction$ | 전자 서명을 포함하는 작업 |
| $H_{Transaction}$ | $Transaction$ 블록의 해시값 |
| R_{ij} | 각 $Transaction$ 에 대한 해시 ID |
| C | 전송할 코인의 양 |
| V | 구매할 캐릭터의 가격 |
| T_{ij} | 플레이어 i 와 j 간의 $Transaction$ |
| $Trans(\cdot)$ | $Transaction$ 을 생성하는 함수 |
| $TChain(T, K_i^-)$ | 플레이어 i 가 $Transaction$ 에 디지털 서명 수행 후 $TChain$ 에 게시 |

캐릭터는 게임에서 하나의 NFT로 보호된다. 따라서 각 NFT의 정당성과 거래의 안정성을 보장하기 위해 검증 과정을 거치게 된다. 플레이어는 게임 재화를 이용하여 NFT거래를 발생시키는데, 이때 거래의 안정

성 보증을 위해 블록체인 기술을 적용한다. 거래에 사용되는 암호화페는 ERC-20[9] 표준을 따른다.

3.4.1 키 생성

모든 플레이어는 게임 캐릭터 거래 시 전자서명을 생성하기 위한 서명 키를 생성한다. 전자서명은 ECC 기반 ECDSA를 사용한다.

i 번째 플레이어의 키 쌍은 다음과 같다.

$$\langle K_i^+, K_i^- \rangle$$

3.4.2 Transaction 생성

두 플레이어 $i, j (i < j \leq n)$ 에 대해서, i 가 j 의 캐릭터를 구매한다고 하자. 캐릭터 가격이 V 이고, i 가 지불해야 할 코인 정보를 C 라고 했을 때, 캐릭터 거래 $Transaction$ 은 다음과 같이 생성된다.

$$T_{ij} = Trans(K_i^+, K_j^+, V, C)$$

$Transaction$ 생성 후, 플레이어 i 가 서명을 한다.

3.4.3 작업증명

각 거래에 대한 서명 검증 후 $Transaction$ 이 완성되면, 플레이어들은 T_{ij} 에 대해서 작업 증명을 수행한다.

$$H_{Transaction} = H(H_{previous} + timeStamp + nonce + R_{ij})$$

3.4.4 거래 내역 검증

거래의 유효성 검증 후, $TChain$ 에 블록을 추가한다. 블록 검증과정은 다음과 같다.

- 1) 현재 블록의 해시값과 현재 블록을 새롭게 계산한 해시값을 대조한다.
- 2) 이전 블록의 해시값과 현재 블록에서 저장하고 있는 이전 해시값을 대조한다.
- 3) 해시값의 형태가 작업 증명의 결과물로 적합한 범주인지 확인한다.

3.5 경영 시뮬레이션 게임

제작된 게임은 웹 환경에서 실행되고, 소유한 캐릭터로 가게를 운영하는 경영 시뮬레이션 게임이다. 매라운드의 제한 시간 동안 장난감을 판매하여 최대의 수익을 기록하는 것이 목적이다. 게임이 시작되면, NPC(Non-Player Character)가 랜덤한 장난감을 요구한다. 이때 플레이어가 해당 조건의 장난감을 가지고 있다면 장난감을 팔아 수익을 획득할 수 있다. 가지고 있지 않다면, 제한 시간을 차감하고 해당 요구를 스킵할 수 있다. 제한 시간이 모두 차감되었을 때, 플레이어가 판매한 금액이 점수로 계산되어 순위를 확인할 수 있다.

4. 연구 결과

4.1 캐릭터 거래 시스템

각 Transaction이 정상적으로 완료될 시, (그림 1)과 같이 거래내역 체인에 새로운 블록이 추가된다.

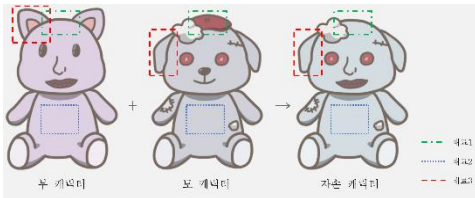
```

{
  "hash": "000004ab193190c1c3df59f719b0055d12da12e64f268fb006a1a92133d2e12",
  "previousHash": "0000039c075d0ca512000de2c0e5eff463c03a5f4fe827aa0fe689239bc8576",
  "merkleRoot": "0c6fef54c01750e419568a9bd88bb57e236c469a5b0cfbd4bda92168ee5578f6",
  "timestamp": "1627475771953",
  "nonce": "2470333",
  "blockchain is valid"
}
    
```

(그림 1) 거래내역 체인의 블록에 저장된 정보

4.2 캐릭터 교배 및 생성 시스템

게임 내에서 제작한 유전 알고리즘에 따라 캐릭터가 생성되는 실험을 수행하였다. 임의로 선택된 두 부모 캐릭터 사이에서 생성된 자손 캐릭터는 부모와 조상의 염색체를 유전 받는다는 것을 확인할 수 있었다. (그림 2)는 부모 캐릭터에 대해서 생성된 자손 캐릭터의 예제이며, 각 부모 캐릭터의 유전 정보와 자손 캐릭터의 유전 정보는 <표 5>와 같다.



(그림 2) 부모 캐릭터와 자손 캐릭터

색상을 구성하는 RGB 형질에서 G값이 부모와는 다르게 121로 나온 것은 조상 캐릭터의 염색체를 유전 받았음을 의미한다. 최종적으로, 생성된 자손 캐릭터는 (그림 3)와 같이 블록체인에 저장된다.

```

{
  "hash": "00000e041c349d6c39d6dfc3332806ea76f3bd8ced68890772ee4c241a1f0d",
  "previousHash": "00000cef27d7e0d00c3402b43d3f8f5c04b466acfc9bdac728327e0ef64d473e",
  "timestamp": "1623490268260",
  "nonce": "146320",
  "DNA": "1001000000110010011101001011001110011000100000",
  "mamaId": "0000027d3f49cccf1a3fbda1c87d12219a32ec1e32feeal1b69c37b86280ed",
  "papaId": "000007b2dea3331075c6a52cab84d342a9aa21bbd5650b281883db1e847e4405",
  "id": "000000e041c349d6c39d6dfc3332806ea76f3bd8ced68890772ee4c241a1f0d",
  "gen": 2,
  "ownerId": "royell1"
}
    
```

(그림 3) 생성된 캐릭터의 정보

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 블록체인과 유전 알고리즘을 기반으로 하는 게임 캐릭터 생성 시스템과 경영 시뮬레이션 게임을 제작하였다. 제작한 게임은 캐릭터 거래 시스템과 캐릭터 생성 시스템으로 구성되며, 캐릭터는 NFT로 보호된다. 블록체인 기술을 활용하여 캐릭터

와 거래 등의 무결성을 인증하고, 위변조가 불가능하게 하였다. 또한 캐릭터 특성을 유전자로 표현하여 부모 및 조상 캐릭터의 특성을 유전 받을 수 있게 하였고, 플레이어의 선택이 개입되는 독창적인 캐릭터 생성 시스템을 고안하였다.

아직은 적용 가능한 콘텐츠 분야가 게임에 국한되어 있고, 블록 생성 속도가 느리다는 단점이 존재한다. 하지만 향후 적용 범위 확장과 성능 개선을 거쳐, 메타버스에서 등장하는 디지털 휴먼의 생성 등 게임만이 아닌 다방면의 가상 캐릭터 생성 과정에 활용이 가능하다. 또한 인증과 위조 방지 기술로써 활용도 기대할 수 있으며, 나아가 콘텐츠 제작과 인증의 새로운 패러다임을 구축할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2021R1F1A1063172)

참고문헌

- [1] 소프트웨어정책연구소(2021), 2020년 국외 디지털 콘텐츠 시장조사 및 동향 심층분석
- [2] 최성원, 김정수, 이승목, 고중언 and 김현지. (2021). 대체불가능토큰(NFT)기반 블록체인 게임의 비즈니스 모델 혁신요소 연구 : 게임 내 디지털 자산 유통 플랫폼 ‘플레이덱’ 사례를 중심으로. 한국게임학회 논문지, 21(2), 123-138.
- [3] 노해선 and 이대용. (2018). 유전 알고리즘을 활용한 게임 캐릭터 능력치 생성 방식. 한국게임학회 논문지, 18(4), 83-98.
- [4] 김치태. "유전 알고리즘을 이용한 전동열차 주행패턴 최적화." 국내박사학위논문 서울과학기술대학교, 2013. 서울
- [5] Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, (2008)
- [6] <https://www.cryptokitties.co/>
- [7] <https://axieinfinity.com/>
- [8] <https://ethereum.org/ko/developers/docs/standards/tokens/erc-721/>
- [9] <https://ethereum.org/ko/developers/docs/standards/tokens/erc-20/>

<표 5> (그림 2) 캐릭터들의 염색체

| | 성별 | 특성 | 종족 | 재료 1 | 재료 2 | 재료 3 | 눈 | 코/입 | 색상 | | | 히든 |
|---|----|----|-----|------|------|------|-----|-----|----------|----------|----------|----|
| | | | | | | | | | R | G | B | |
| 부 | 10 | 10 | 100 | 0000 | 1110 | 0010 | 110 | 010 | 10000001 | 01001010 | 10010011 | 00 |
| 모 | 11 | 00 | 100 | 0100 | 1110 | 0100 | 111 | 110 | 01000100 | 01001000 | 01100111 | 00 |
| 자 | 10 | 00 | 100 | 0000 | 1110 | 0100 | 111 | 010 | 01010110 | 01111001 | 10001000 | 00 |