

# 블록체인 플랫폼의 성능 및 확장성 검증을 위한 온체인 게임 설계 및 개발

장광수<sup>1</sup>, 이욱<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 일반대학원 정보시스템공학전공 박사과정

<sup>2</sup>한양대학교 일반대학원 정보시스템공학전공 교수

## The Design and Development of a Onchain Game for Scalability Verification of Blockchain Platform

Kwang-Soo Jang<sup>1</sup>, Ook Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D Candidate, Dept. of Information System, Hanyang University

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Information System, Hanyang University

요약 2015년 이더리움 탄생 이후 많은 블록체인 DApp들이 등장하였다. 그러나 블록체인 게임 크립토키티의 사례에서 블록체인 플랫폼의 성능 및 확장성의 한계 또한 드러났다. 이를 해결하기 위해 높은 TPS(Transaction per second)를 개발하였다는 블록체인 플랫폼이 등장하였지만 아직까지 실제 이를 테스트해볼 수 있는 환경 및 서비스는 등장하지 못했다. 이에 본 논문에서는 모든 게임 내용을 체인 상에 기재하여 의도적으로 과대화된 Transaction의 발생을 유발하는 게임을 설계하고 개발하였다. 개발된 게임은 총 682명의 사용자를 통해 총 630만개의 블록과 890만개의 Transaction을 발생시켜 기존 플랫폼 대비 개선된 성능과 확장성을 검증할 수 있었다. 또한 테스트 기간 내의 최대 TPS는 1,309로 측정되었다. 향후 다양한 블록체인 플랫폼들에서 본 논문에서 제시한 방법으로 블록 및 Transaction 생성 수와 최대 TPS를 측정한다면 각 블록체인 플랫폼의 실제 상용 환경에서의 성능과 확장성을 비교할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 확장성, 블록체인, 플랫폼, 게임, TPS(Transaction per Second)

Abstract Since the birth of the Ethereum in 2015, various decentralized applications (DApp) based on blockchain smart contract technology have appeared. However, CryptoKitty's case showed instability in terms of performance and scalability in real-world service environments. To solve this, a blockchain platform that developed a high transaction per second (TPS) has appeared, but there have been no environments and services to test it. Therefore, this paper intends to design and develop a game that can record the contents of all games on the chain and verify the performance and scalability of the blockchain platform through oversized transactions. The developed game generated a total of 6.3 million blocks and 8.9 million transactions through by 682 and verified the improved performance and scalability of the existing platform. Additionally, the maximum TPS was measured at 1,309 during the test period. In the future, it is expected that performance and scalability can be compared in a realistic environment through the method presented in this paper.

Key Words : Scalability, Blockchain, Platform, Game, TPS(Transaction per Second)

\*Corresponding Author : Ook lee(ooklee@hanyang.ac.kr)

Received September 18, 2020

Accepted October 20, 2020

Revised October 6, 2020

Published October 28, 2020

## 1. 서론

블록체인 플랫폼을 이용하여 개발된 어플리케이션을 뜻하는 분산 어플리케이션(Decentralized Application; 이하 DApp)은 탈중앙화 라는 속성을 기반으로 핀테크(금융), 전자상거래, 헬스케어 등 다양한 분야에서 약진이 기대되는 새로운 소프트웨어 형태이다[1]. 그러나 기존 블록체인 플랫폼들의 성능과 확장성으로는 다수의 사용자가 많은 데이터를 주고받는 상용 서비스를 운용할 수 없고, 이를 해결하기 위한 소프트웨어 프로젝트 팀이 무수히 생겨나고 있다[2, 3]. 그러나 이들의 성능 검증 결과는 대부분 프로젝트 팀이 설정한 한정된 환경에서 이루어진 내부적인 테스트에 그쳐 신뢰하기 어려운 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 실제 상용 서비스에 준하는 테스트 결과를 얻기 위해 의도적으로 Transaction의 수를 과대화 하는 게임을 기획, 개발하는 과정과 배포 및 테스트 결과를 공유하고, 이를 블록체인 플랫폼의 성능과 확장성을 검증하는 하나의 방법론으로 제안한다.

본 연구 과정을 보다 상세히 설명하면 아래와 같다. 우선 블록체인 플랫폼의 확장성과 성능을 검증하기 위하여 필요한 검증 데이터들을 고찰하여 선정한다. 그 다음, 이러한 데이터를 효과적으로 과대화하여 생성할 수 있는 게임 모델을 설계, 개발하여 블록체인 플랫폼 검증 도구 모델로서 제안하게 된다.

게임은 짧은 테스트 기간 동안 쉽게 이해하고 참여할 수 있으며 데이터 생성빈도가 높은 심시티 게임으로 선정되어 설계, 개발된다. 그리고 개발된 게임을 실제 글로벌 환경의 사용자들에게 배포하여 15일 간의 테스트를 진행하게 된다. 마지막으로 테스트 기간 내에 수집된 데이터를 기반으로 다른 DApp 서비스 데이터와의 비교를 통해 게임을 개발하는데 이용된 블록체인 플랫폼의 성능과 확장성을 평가하게 된다.

## 2. 이론적 배경 및 선행연구 검토

### 2.1 블록체인 플랫폼과 DApp의 특성 및 구조

2009년 1월, 최초의 분산형 암호화폐인 비트코인 탄생 이후 11년이 지났다. 비트코인은 중앙은행의 기능과 역할을 블록체인이라는 기술로 대체하여 거래 수수료와 제3자의 불편한 개입 없이 P2P로 다양한 금융거래를 할 수 있도록 개발되었다[4].

그 이후 2015년 7월에는 블록체인을 활용하여 보다

다양한 일을 할 수 있는 플랫폼인 이더리움이 개발되었다. 이더리움은 스마트 컨트랙트 기술을 바탕으로 블록체인의 장부 상에서 단순한 이력 기재 기능을 넘어서 데이터의 교환 및 실행이 가능하게 했고 이를 통해서 Decentralized Application(이하 DApp)이라는 개념 또한 등장하게 되었다[5].

Fig. 1은 DApp에서 사용자가 발생시키는 Transaction과 데이터가 서버와 서버에서 발행되는 스마트 컨트랙트를 통해 블록체인 네트워크에 축적되는 모습 및 과정을 도식적으로 표현한 것이다. 기존의 어플리케이션과 달리 DApp은 스마트 컨트랙트를 통해 블록체인 네트워크에 DApp의 주요 기능들을 분산시킨다. 이때 스마트 컨트랙트는 블록체인에 작성된 오픈소스 프로그램을 말한다[6].

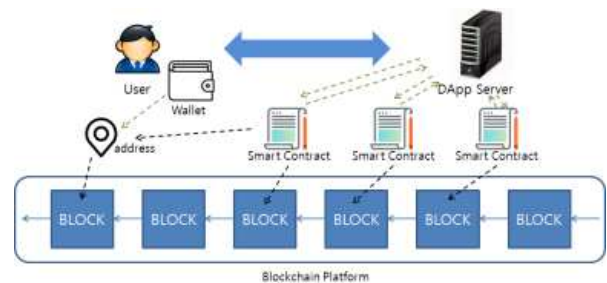


Fig. 1. Architecture for Blockchain DApp

따라서 블록체인의 관점에서 DApp을 구축한다는 것은 블록체인 플랫폼의 성능과 확장성이 매우 중요하게 고려되어야 함을 알 수 있다. 블록체인 플랫폼의 확장성과 성능은 대표적으로 초당 트랜잭션 수(TPS, Transaction Per Serconds)와 블록 응답 대기 시간과 관련된 블록 생성 수와 트랜잭션 생성 수로 추정할 수 있다[7].

### 2.2 블록체인 성능 및 확장성의 한계와 중요도

DApp에서 블록체인 성능과 확장성이 얼마나 중요한지 잘 말해주는 실제 비즈니스 사례로 크립토키티를 들 수 있다. 크립토키티는 2017년에 블록체인 기술을 활용하여 개발된 DApp 중 가장 큰 성공을 거둔 서비스 중 하나로 거론된다.

크립토키티는 이더리움 플랫폼의 게임 DApp으로서 고양이로 캐릭터화된 가상자산을 증식시키고 거래하는 게임이다. 크립토키티는 출시 이후 몇 개월만에 캐릭터화된 고양이 한 마리가 최대 15만 5천달러(약 1억 7400만원)에 판매되고, 사용자의 트래픽이 이더리움 플랫폼 전체 트래픽의 20%를 점유할 정도로 성장했다[8].



Fig. 2. CryptoKitties, a DApp of the Ethereum platform

그러나 성공과 동시에 크립토키티는 이더리움 플랫폼의 문제점을 드러냈다. 크립토키티의 트래픽을 이더리움 플랫폼이 감당하지 못해 네트워크 지연 및 수수료 과다 현상이 발생했다. 이더리움은 15 TPS(Transaction Per Second)로 일반적인 전산 네트워크 수준으로는 70년대 수준에 머물러 있었고 늘어난 크립토키티의 트래픽을 감당하지 못해 전체 플랫폼의 네트워크가 지연 현상이 발생했다[9]. 이 때문에 송금, 거래, 데이터교환 등 다양한 플랫폼 기능들이 마비되거나 상당히 지연되는 결과를 초래했다.

학계에서도 크립토키티와 이더리움이 일으킨 블록체인 플랫폼의 성능 및 확장성 문제에 크립토키티 사건 이전부터 관심을 가지고 다양한 연구가 있었다.

S Pongnumkul(2017)의 연구에서는 프라이빗 블록체인인 하이퍼 렛저와 퍼블릭 블록체인인 이더리움의 성능을 비교하고 평가하였다. 그러나 이 연구는 실험실 테스트로서 한 개의 AWS서버(Intel E5-1650 8Core CPU, 15GB RAM, 128GB SSD)를 이용하여 수행한 테스트로, 상용 서비스 환경과 비교하면 제한적인 환경에서 수행된 테스트라는 한계가 있다[10].

Si Chen(2018)의 연구에서는 이더리움을 기존의 MySQL 데이터베이스와 비교 하는 연구를 수행하였는데 6개의 블록체인의 노드를 7대의 실험실 내의 머신에 설치하는 실험실 테스트로 수행되었다. 다만 이 연구도 규모는 늘었지만 역시 제한적인 환경 내에서 수행되었다는 한계를 가진다[11].

위 두 연구는 선구적인 블록체인 플랫폼인 이더리움 및 하이퍼 렛저의 사용성을 평가하기 위해 성능 테스트를 수행했다는 데서 의의를 가진다. 다만, 이후 등장한 다양한 블록체인 플랫폼들의 새로운 컨센서스 구조나 블록 설계에 대응하여 성능, 확장성을 평가할 수 있는 모델로서는 한계가 있다.

Table 1. Machine environment of Si. Chen's Research

Num	OS	CPU	Disk	Memory
1	Win10	i7-6700HQ 2.6Ghz 4cores	M2S3138E-1 28GM-B	8G
2	Mac OS	2.9 Ghz Intel Core i5	APPLE SSD AP0256J	8G
3	Win10	i5-4210H 2.9GHZ 4cores	128G SSD	8G
4	Win10	i5-4210H 1.7GHZ 4cores	250G SSD	4G
5	Ubuntu 16.0.4	AMD A8-4500M APU with Radeon(tm) HD Graphics	WDC WD10JPV X-00JC3T 0 (1T)	8G
6	Win7	i7-5500U 2.40Gz 4 cores	1TB/5400 rotation per minute	8G
7	Win10	i5-4210H 2.9GHZ 4cores	1TB/5400 rotation per minute	8G

학계가 아닌 블록체인 기업 및 프로젝트 내부에서도 성능 및 확장성을 스스로 측정하고 평가하기 위한 노력들이 있었다.

이더리움에서 드러난 성능 및 확장성 문제 해결을 위해 개발된 블록체인 프로젝트 중 시가 총액과 인지도 측면에서 대표 격인 EOS와 TRON은 블록체인 프로젝트 팀 스스로 내부적인 실험실 테스트를 통해 TPS를 비롯한 성능 및 확장성 요소를 측정하여 발표하였다. 이중 EOS는 Github에 Performance Test code를 공개하고 실험실 테스트 결과도 함께 공유하였다[12].

Table 2. Comparison between EOS and TRON's own performance test

SUBJECT	EOS	TRON
Consensus Name	DPoS	DPoS
Max TPS	4,000	2,000
Block Creation time	0.5 s	15 s
Max Delay Time	1 second	1 blocks

그러나 상술한 테스트 결과 역시 개발 팀 스스로 물리적, 논리적으로 제한된 테스트 환경 내에서 수행했다는 점에서 한계점을 가지고 있다.

산학계에서의 블록체인 연구 및 사업동향을 보면 최근 정보통신산업진흥원의 “블록체인 Proof of Concept(이하 PoC)”사업과 같은 실사용 환경에서의 검증을 위한 PoC 테스트 연구도 수행되고 있다[13].

AH Lone(2019)의 연구에서는 디지털 포렌식 증거에

대한 수집, 보관 시스템을 구축하여 PoC을 진행, 실제 시스템 사용성을 검증하였다[14].

의료 데이터 및 서비스 소프트웨어 영역에서도 RH Hylock(2019)가 환자 중심의 의료데이터 프레임워크를 구축하여 PoC를 통해 실제 블록체인을 적용한 시스템의 사용성을 검증하였다[15].

다만 이들 연구에 경우에는 특정 목적 및 활용도에 집중해 프라이빗 체인으로 구축되어 크립토키티의 사례와 같은 다수의 사용자를 대상으로 하는 상용 서비스와는 사용량과 부하에서 차이가 있다. 따라서 본 연구에서 검증하고자 하는 범용적인 상용 서비스를 위한 블록체인 플랫폼의 성능 및 확장성 검증과는 목표와 평가 방법에서 차이를 보인다.

### 2.3 블록체인 플랫폼 검증 도구의 필요성

2020년에도 여전히 블록체인 산업은 다양한 분야에서 적용되며 가장 빠르게 성장하고 있는 기술 산업 중 하나로, 4차 산업혁명 시대를 선도하는 산업 중 하나로 기대를 모으고 있다[16]. 그러나 크립토키티 사례에서 과연 블록체인이 일반적인 비즈니스 환경에서의 어플리케이션을 구동하거나 운영할 수 있을 만큼의 성능 및 확장성을 보장하는지 의문이 생기기 시작했고, 기술 고도화를 통해 TPS를 높여 해결하겠다는 프로젝트 팀 또한 여럿 등장하였다. 그러나 이들 프로젝트들의 측정된 TPS 값은 대부분 대표적인 2세대 블록체인 플랫폼인 EOS의 테스트넷 성능 테스트와 같이 내부적으로 설정한 한정된 환경에서 측정하는 실험실 테스트를 통해 측정된 값으로 크립토키티와 같은 상용 환경에서 측정된 결과가 아니라는 한계가 있다.

실제 비즈니스 환경에서 이들 플랫폼이 어떻게 동작하는지, 실패나 오류의 가능성은 없는지 검증하는 것이 중요하다. 현재 구축되어 서비스되고 있는 DApp들의 목록과 순위를 제공하는 웹 포털 서비스인 DAppRadar에 따르면, 1위의 DApp인 Splinterlands의 경우 1일 활성 유저수가 6.4천명, 1일 Transaction 개수가 45만개에 그친다. 그리고 더 아래로 2위에서 5위까지를 살펴보면 Transaction 수가 1위에 비해서도 1/10 이하로 줄어 현재 서비스 중인 DApp들의 경우 성능과 확장성 검증을 위한 충분한 사용량 데이터를 확보하지는 못하고 있는 것을 확인할 수 있다.

Table 3. DAppRadar DApp Activity Rank

(K = 1,000) (2020. 8. 1.)

Rank	DApp Name	Daily Active Users	Daily Transaction Count
1	Splinterlands	6.4 K	454.7 K
2	Bank of TRON	5.9 K	35.1 K
3	Crypto Dynasty	3.1 K	55 K
4	Tron Funding	2.4 K	9 K
5	Yup	2.2 K	9.3 K

TPS의 측면에서 보면 1위 Splinterlands의 Transaction 454,700개를 하루 86,400초로 나누면 일일 평균 약 5.26 TPS가 나오지만 실제로는 사용자가 집중되는 시간대나 Transaction이 집중되는 이벤트의 여부에 따라 발생하는 최대 TPS가 중요하며 이는 DApp의 설계와 구현 방식에 따라 오히려 2위인 Bank of TRON이 더 높을 수도 있는 맹점이 존재한다. 그러나 현재 최대 TPS의 경우 DAppRadar나 DApp의 플랫폼에서 제공하는 Block Explorer에서 볼 수 없어 비교할 수 있는 자료가 없다. 또한 많은 DApp을 유치한 이더리움 플랫폼 전체의 최대 TPS는 30이며, 대부분의 DApp이 이를 고려하여 토큰 거래와 관련된 기능만 스마트 컨트랙트로 블록체인 네트워크와 통신하도록 설계되어 있다.

따라서 현재 조성되어있는 실제 DApp 서비스 환경에서는 블록체인 플랫폼의 충분한 성능과 확장성을 검증하기가 어렵다[17].

본 논문에서는 이러한 한계를 해결하기 위하여 의도적으로 많은 트랜잭션이 발생하는 DApp 사용 환경을 조성하는 게임을 설계하고 개발하였다. 또한 사용자의 수와 위치(Location) 측면에서도 실제 DApp 서비스 환경에 준하도록 조성하기 위해 글로벌 사용자를 대상으로 코인(토큰) 에어드롭을 이벤트를 수행하였다. 그리고 이렇게 조성된 상용 서비스에 준하는 환경에서 15일간 공개 테스트를 수행하여 결과 데이터를 도출, 개선된 블록체인 플랫폼의 성능과 확장성을 검증하였다.

## 3. 시스템 제시

블록체인 게임 개발과 테스트는 다음과 같이 세 단계로 수행되었다.

첫째, 블록체인 상에 Transaction이 상용 서비스에 준할 만큼 과대하게 수행될 수 있도록 게임 상의 모든 데

이더를 블록체인 상에 기재하도록 게임을 설계하고 개발하였다. 보통의 블록체인 게임 및 DApp이 모든 Transaction을 체인상에 기재할 필요는 없다. 그러나 본 테스트 게임은 한정된 사용자를 통해 거대서비스를 상정한 테스트결과를 확보하는 데 있어서 이러한 Transaction의 개수를 과대화 할 필요가 있다. 이에 따라 모든 Transaction을 체인 상에 기재하도록 설계되었다.

둘째, 테스트 환경 조성을 위해 개발된 게임을 글로벌 6개 지역에 클라우드 서버에 분산 설치하였다. 또한 에어 드롭 이벤트를 통한 참여유도로 682명 글로벌 사용자를 확보하여 약 15일간 테스트를 수행하였다.

셋째, 테스트를 통해 수집된 Transaction의 수와 TPS(Transaction Per Second)를 바탕으로 기존의 블록체인 플랫폼이나 DApp의 Transaction 발행량 및 TPS와의 비교를 통해 개선된 성능과 확장성을 검증하였다.

본 연구에서는 이를 바탕으로 기존 방법론으로 측정할 수 없었던 상용 환경에 준하는 테스트환경에서의 체인 성능을 측정하는 것을 목표로 하였다.

### 3.1 블록체인 플랫폼과 블록 익스플로러

블록체인은 Transaction에 대한 이력을 분산장부에 모두 기록한다. 일반적인 퍼블릭 블록체인의 경우 분산장부는 모두에게 공개되어 있고, 이를 통해 사용자는 이력을 보증하는 제 3자, 신뢰기관이 없이도 장부에 기록된 Transaction 이력을 신뢰 할 수 있다[18].

이러한 기술적인 이해를 바탕으로 분산화 된 어플리케이션(DApp)들이 등장하였고 이 DApp들에서 발생하는 연산 이력 또한 포털 사이트를 통해 모두에게 공개되어 있다. 일반적으로 블록체인 산업에서는 이런 포털 사이트를 블록 익스플로러(Block Explorer)라고 부른다[19]. 블록 익스플로러를 통해 사용자는 Transaction의 내용 및 이력, 개수, 성공/실패 여부를 알 수 있다.

본 논문에서도 이에 따라 게임을 구현하여 성능을 검증할 블록체인 플랫폼을 1종 선정하고, 게임 데이터 및 최대 TPS, Transaction 및 Block의 이력을 볼 수 있는 블록 익스플로러 1종을 개발하였다.

### 3.2 성능 검증 대상 플랫폼 선정 및 특징

본 연구에서는 다양한 블록체인 플랫폼 중에서 github에 소스코드가 공개되어 있는 블록체인 플랫폼인 FLETA를 선정하여 진행되었다. FLETA를 본 연구에 적합한 테스트 대상으로 선정한 이유는 아래와 같다.

첫째, FLETA는 서비스 가능한 성능의 블록체인 엔진과 다른 암호화폐 개발 환경과의 통합지원을 목표로 하고 있어 다양한 언어와 데이터 구조를 지원하여 블록체인 게임을 개발하는데 있어서 편리하였다.

둘째, FLETA는 Github의 백서(white paper)상에 14,000 TPS(transaction per second)로 기록되어 있어 실제 Transaction처럼 과대화한 테스트 환경을 견디고 결과 데이터를 낼 수 있다고 고려되었다[20].

상기 두 가지 이유로 본 연구에서는 FLETA를 테스트 대상 플랫폼으로 하고, 이를 이용한 블록체인 게임을 설계하고 개발하였다.

### 3.3 블록체인 게임 설계

본 연구의 게임에서는 682명의 한정된 테스트 인력과 약 15일간의 한정된 기간의 테스트를 통해 실제 거대 서비스 환경에 준하는 Transaction 이력을 확보할 목적으로 개발되었다. 따라서 게임에 대한 높은 속도나 이해도가 요구되지 않는 단순한 게임으로서 Fig. 3와 같은 심시티 게임이 선정되었다.

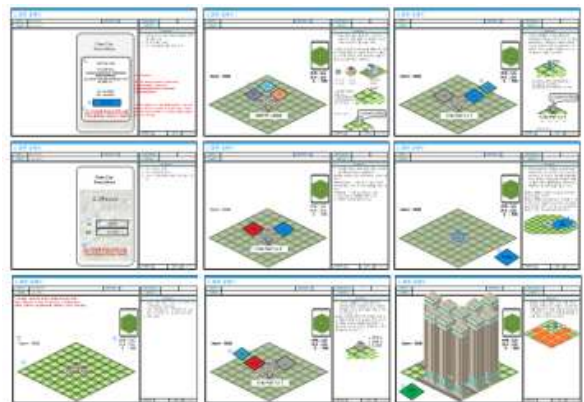


Fig. 3. Wireframe of Blockchain Game

본 게임의 내용은 사용자가 접속한 뒤 비어있는 바닥을 선택하여 서로 다른 세 가지 자원인 전력, 자본, 인구를 생성하는 건물을 짓고, 업그레이드하고, 파괴하면서 점수를 확보하여 확보한 점수를 바탕으로 다른 사용자와 경쟁하는 게임으로 설계되었다. 건물의 종류는 총 세 가지로 상업지구, 공업지구, 주거지구가 있다. 이에 대한 건축비용, 건축시간, 업그레이드 시간, 각 단계별로의 자원 획득량과 디자인은 아래와 같다.



Table 4. Level design of commercial district buildings

LEVEL	1	2	3	4	5
Construction Cost	400	2,400	12,000	60,000	300,000
Construction Time	30	140	700	3,500	18,000
Resource Acquisition	4	9	14	21	32
Required Population Resources	2	3	5	8	12
Required Power Resources	3	5	8	12	18

Table 5. Level design of industrial district buildings

LEVEL	1	2	3	4	5
Construction Cost	200	1,200	6,000	3,0000	150,000
Construction Time	60	200	700	2,700	12,000
Resource Acquisition	5	12	20	35	50
Required Population Resources	1	2	3	5	8
Required Power Resources	-	-	-	-	-

Table 6. Level design of residential district buildings

LEVEL	1	2	3	4	5
Construction Cost	300	1,800	9,000	45,000	225,000
Construction Time	45	170	700	3,200	15,000
Resource Acquisition	3	8	15	25	40
Required Population Resources	-	-	-	-	-
Required Power Resources	2	3	5	8	12

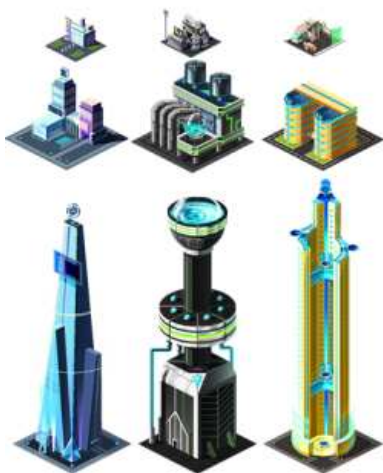


Fig. 4. Building Design (Commercial, Industrial, Residential)

사용자는 각 건물의 건설과 업그레이드에 필요한 자원과 소요되는 시간을 고려하여 한정된 바닥(16\*16)에

Fig. 4에서 표현된 것과 같이 여러 단계로 나뉜 건물을 짓고 그 건물들이 정해진 게임 플레이 기간 동안 생산한 자원의 양을 바탕으로 점수를 계산하여 경쟁하는 방식으로 설계되었다. 게임의 로그인은 사용자가 설정한 아이디와 패스워드를 블록체인 플랫폼의 분산원장 상에 해시값으로 저장하는 방식으로 구현하였으며 이를 통해 다른 사용자의 해킹이나 간섭을 막아 공정한 경쟁이 가능하도록 하였다.

본 논문에서 설계한 게임은 블록체인의 분산원장 상에 기록되는 Transaction 기록의 과대화를 통해 실제 환경에 준하는 사용 데이터를 확보하는 것이 목표이므로 게임 상에서 발생하는 모든 데이터를 분산원장에 기록되도록 설계되었다. 게임 내의 모든 Transaction 내역은 계정 생성, 건물 건축, 건물 업그레이드, 건물 철거, 필드의 코인 획득 총 5개의 항목으로 분류된다.

Table 7. Type and content of blockchain transaction

Transaction Type	Contents
CreateAccount	Transaction recorded when account is created
Construction	Transaction recorded in building construction
Upgrade	Transaction recorded in building Upgrade
Demolition	Transaction recorded in building demolition
Getcoin	Transaction recorded when picking up coins generated in the building field

또한 이렇게 생성되고 기재된 Transaction은 Fig. 5와 같이 블록 익스플로러 화면을 통해서 실시간으로 볼 수 있도록 구현되었다.

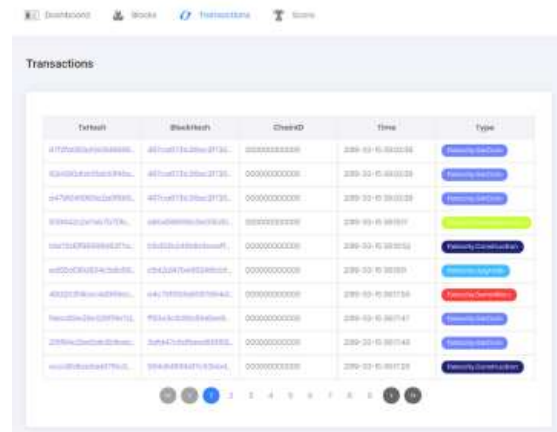


Fig. 5. Webpage of Blockchain Game's Block Explorer

### 3.4 게임 배포 및 테스트 환경

개발된 게임은 총 약 15일, 360시간 동안 테스트가 진행되었다. 공개 테스트 이전에 내부적으로 알파 테스트를 60시간 진행하였다. 알파 테스트 결과를 통해 기존의 기댓값보다 Transaction 발행량이 적다는 판단에 게임 기획요소를 추가하고 이와 관련 있는 Getcoin Transaction을 추가하였다. 이를 통하여 실제 공개 테스트를 통해 수집할 수 있는 Transaction 발행량을 더 늘릴 수 있었다. Table 8은 두 번의 테스트 환경에서의 서버 및 클라이언트 상세를 설명한다.

Table 8. Test environment of blockchain Game

Server Information				
Hardware Spec	Storage	320 GB SSD		
	CPU	6 Core		
	Memory	16 GB		
	Bandwidth	5 TB		
	Geekbench 4.2 for Linux x86(64bit)	3,904 (Single-Core)	19,389 (Multi-Core)	
	Integer Performance	4,482 (Single-Core)	23,836 (Multi-Core)	
	Memory Performance	2,841 (Single-Core)	3,973 (Multi-Core)	
Software Spec	Linux(CentOS 7)			
Client Information				
Hardware Spec	Depends on user environment			
Software Spec	A browser that supports HTML 5 can connect, but if possible, a Chrome environment is recommended.			



Fig. 6. Blockchain Testnet Node Distribution

실제 글로벌 비즈니스 및 서비스 구동 환경과 유사하게 만들기 위하여 글로벌 유저를 대상으로 테스트를 진행하였으며, 블록체인 노드 서버도 Vultr의 클라우드 서비스의 6 Core 클라우드 서버를 이용하여 글로벌 6개 지역(미국 달라스, 뉴욕, 마이애미, 영국 런던, 프랑스 파리, 독일 프랑크푸르트)에 분산하여 수행하였다. 이를 통해서 블록체인 플랫폼의 노드 간 거리에 의한 병목현상에 대해서도 테스트 할 수 있도록 준비하였다.

게임은 웹 환경에서 접속할 수 있는 웹 게임으로 개발되었으며, 다수의 사용자를 확보하기 위해 테스트 대상 블록체인 플랫폼의 코인(토큰)을 게임 우수 사용자에게 분배하는 에어드롭 이벤트를 Table 9와 같이 계획하였다. 일주일간의 에어드롭 공시 이후 총 682명의 테스트 사용자를 확보할 수 있었다.

Table 9. Participation reward Token(FLETA) airdrop plan

In-game score ranking		Coin Collection Ranking (Daily)		Random draw	
1st	200,000	1st	5,000	100 People	1,000
2nd, 3rd	50,000	2nd, 3rd	2,000		
4th~10th	30,000		4th, 5th		
11th~20th	10,000	21th~50th			
SUM	760,000		10,000		
Total SUM				870,000	

에어드랍의 기준이 되는 평가지표 중 하나인 게임 내의 스코어 점수는 상업지구 건물의 돈 생산량에 공업지구 건물의 전력 생산량의 6배의 값, 그리고 주거지구 건물의 인구 생산량의 4배의 값을 합하여 매겨졌다. 이 공식을 수식화하면 아래와 같다.

$$Score = Gold + Population*4 + Power*6$$

## 4. 평가 결과

테스트 결과 총 682명에게 총 360시간동안 630만개의 블록과 890만개의 Transaction 데이터를 확보할 수 있었다. 이에 대하여 게임 참여자, 체인 환경, 게임 플레이 별로 통계를 내면 아래와 같다.

Table 10. Test game result statistics

Game Participant Statistics			
Number of participating users	Participation time	How to participate	Airdrop amount
682 People	360 Hour	Ethereum address	870,000
Chain environment statistics			
Number of formulators	Number of cloud servers	Block generation	Number of transactions
36	36 Unit (6 Core)	6,295,022	8,919,570
Gameplay statistics			
Coin collection amount	Gold production	Population output	Power production
1,143,144	260,755,935,305	159,553,113	67,533,431

테스트 결과를 보면 360시간동안 682명에게 총 8,919,570 개의 Transaction과 6,295,022개의 블록을 생성하였다. 이 15일간의 데이터를 일간 데이터로 변환하면 594,638개의 트랜잭션과 419,668개의 블록을 생성한 결과로 Table 11과 같이 현재 DAppRadar 상의 활동량 순위에서 1위에 달하는 결과로 측정되었다.

Table 11. Leaderboard including activity level of game test results (K = 1,000)

Rank	DApp Name	Daily Active Users	Daily Transaction Count
new 1	Test game	682	594.6 K
2	Splinterlands	6.4 K	454.7 K
3	Bank of TRON	5.9 K	35.1 K
4	Crypto Dynasty	3.1 K	55 K
5	Tron Funding	2.4 K	9 K
6	Yup	2.2 K	9.3 K

이를 바탕으로 제시된 시스템이 기존 서비스 환경의 DApp과 비교하였을 때 블록체인 플랫폼의 확장성의 평가 요소인 블록 및 Transaction 생성을 더 많이 유발하였다는 것을 알 수 있었다.

이와 더불어 성능 평가 요소인 최대 TPS(Maximum Transaction per Second) 수치도 블록 익스플로러를 통해 1,309로 측정할 수 있었다. Fig. 7은 블록 익스플로러를 통해 볼 수 있는 실제 온체인 게임 테스트 중 측정된 가장 높은 TPS값 1,309를 보여주고 있다.

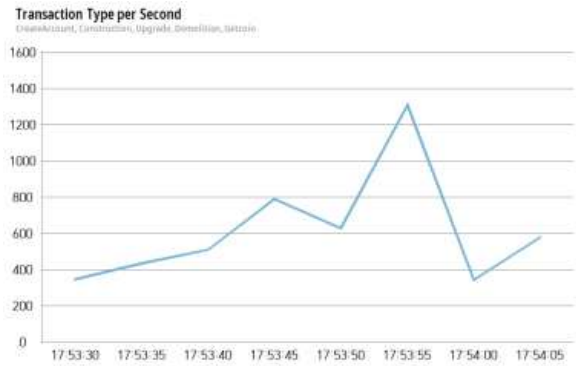


Fig. 7. Graph of Max TPS captured

이와 비교할 수 있는 다른 DApp의 최대 TPS는 DAppRadar에서 제공하고 있지 않아 직관적인 비교는 어렵지만, DApp들이 이용하고 있는 대표적인 블록체인 플랫폼들의 최대 수용 TPS를 조사하면 대략적으로 유추하여 비교할 수 있다[21]. Fig. 8과 같이 기존의 블록체인 플랫폼은 상용 금융 서비스인 VISA와 비교하여 매우 낮은 최대 TPS가 측정되고 있다. 이를 보다 비교에 용이하게 표로 도식화하면 Table 12와 같다.

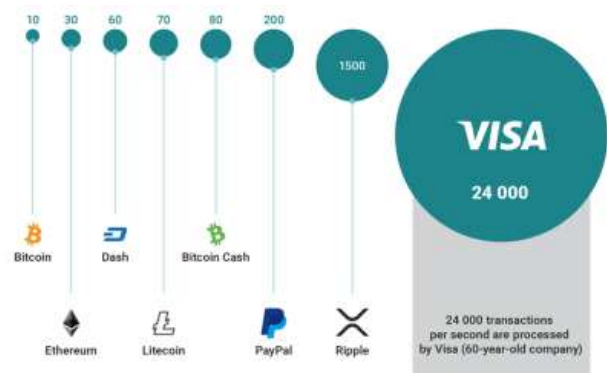


Fig. 8. Comparison of maximum TPS: Blockchain platform and ready-made business

Table 12. Summary of performance comparison of blockchain platform

Blockchain Project Name	Year of release	Maximum TPS (Internal test)	Performance versus VISA
Bitcoin	2009	10	0.0417%
Ethereum	2015	30	0.125%
Ripple	2013	1,500	6.25%
Tron	2018	2,000	8.33%
Eos	2018	3,000	12.5%



Table 12에서는 VISA와 기존 블록체인 플랫폼간의 성능을 비교하여 %로 표현하였다. 이를 바탕으로 대다수의 DApp이 이용하고 있는 이더리움 플랫폼의 최대 수용 TPS의 경우 30 TPS정도로 금융 서비스중 가장 대표적인 VISA대비 0.125%의 성능을 보이며, 핀테크 서비스 PayPal과 비교해도 15%정도의 성능에 그친다는 것을 확인할 수 있다. PayPal이 단일 핀테크 서비스임을 감안하면 다양한 DApp들의 구동 플랫폼인 이더리움의 성능에 대한 평가는 더욱 더 낮아진다.

이에 반해 본 연구에서 제시된 시스템인 심시티 게임 DApp의 최대 TPS는 1,309로, 실제 상용 서비스 환경에서 평가 대상 플랫폼이 단일 DApp의 최대 TPS 기준으로 이더리움의 전체 체인 최대 TPS 대비 최소 약 40배 이상의 성능을 보였음을 검증할 수 있었다.

이를 정리하여 EOS와 Ethereum과 비교하면 아래와 같다.

Table 13. Comparison of blockchain performance and scalability

Subject	EOS	Ethereum	Test Target Blockchain Platform	Remarks
Whole Chain Max TPS	4,000	30	14,000	Self Test Results
Single DApp Max TPS	Unknown	Unknown	1,309	Results of this test

Table 13과 같이 EOS와 이더리움의 경우 전체 체인의 최대 TPS는 자체 테스트 결과로서 공개되어 있으나 단일 DApp이 낼 수 있는 최대 TPS의 경우에는 공개된 데이터가 없다. 30 TPS의 전체 체인 TPS를 보이는 이더리움의 경우 단일 DApp TPS를 측정하는 것 자체가 무의미하며, EOS 및 TRON 등 후세대 블록체인 플랫폼의 경우 Table 11에서 보듯 부하를 일으킬 만큼 성장한 DApp서비스가 없었기에 실사용 환경에서 측정된 데이터(Real-World Data, RWD)가 없었다.

특히나 EOS와 TRON과 같은 유명한 후세대 플랫폼이 아닌 경우에는 DApp의 유치 자체에도 어려움을 겪어 자체 테스트 외의 플랫폼의 성능 및 확장성을 검증하는 일은 더욱 어려웠다.

반면 본 연구에서 제시된 시스템은 15일간의 테스트를 통해 DAppRadar상으로 현존 DApp 대비 가장 많은 일간 Transaction 데이터를 수집할 수 있었으며 더불어 단일 DApp의 최대 TPS를 측정할 수 있었다. 그리고 이를 바탕으로 블록체인 플랫폼의 범용 서비스 수용을 위한 성능 및 확장성을 평가할 수 있었다.

더불어 앞으로 다양한 블록체인 플랫폼 및 네트워크에서도 본 연구에서 제시된 시스템을 활용하여 성능과 확장성을 평가한다면, 각각의 플랫폼에서 측정된 단일 DApp의 최대 TPS를 블록체인 플랫폼 간 성능을 비교하는 지표로 활용할 수 있을 것이다.

또한 이번 연구를 통해 수집된 59만개의 Transaction과 1,309의 최대 TPS는 DAppRadar상의 Splinterlands 대비 1/10 수준의 적은 사용자인 682명으로부터 생성된 테스트 결과 값으로, 향후 더 많은 글로벌 사용자를 대상으로 테스트를 시행한다면 더 많은 Transaction 개수와 FLETA 백서 상에 표시된 14,000에 근접한 최대 TPS를 측정할 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결론

본 연구는 블록체인 플랫폼 및 서비스의 성능과 확장성을 검증하기 위한 새로운 방법론 개발을 위해 진행되었다. 블록체인 플랫폼 및 서비스는 기술수명주기 곡선 상에서 아직 도입기의 기술로서 기존 여타 상용 서비스를 블록체인 플랫폼으로 구동하기에는 기술의 성숙도가 다소 낮은 실정이다. 블록체인 게임 크립토키트로 인한 이더리움 전체 체인의 지연 및 과도한 수수료 발생 문제는 이러한 문제점을 여과 없이 보여주었다. 이를 해결하고자 많은 블록체인 플랫폼이 등장하였지만 기존의 DApp 서비스들의 사용자 수와 Transaction 수는 상용 서비스의 서버 이용량 및 연산량을 수용할 수 있는지 가늠할 수 있는 척도가 되지 못했다. 플랫폼들이 스스로 발표하는 결과들은 프로젝트 팀의 한정된 자원과 공간으로 시행되는 내부 테스트 결과로 신뢰하기 어려웠다.

본 연구는 모든 게임 데이터를 분산원장에 기재하는 onchain 게임 모델을 설계하고, 블록체인 토큰 에어드롭을 통해 다수의 테스트 사용자를 확보하였다. 개발된 게임과 확보된 사용자를 통해 15일간 테스트를 진행하였으며 이를 통해 기존의 DApp 대비 많은 일간 Transaction 데이터를 수집하고 단일 DApp의 최대 TPS를 측정하여 블록체인 플랫폼의 성능과 확장성을 검증하는 도구로 활용할 수 있었다.

본 연구를 통해 제안된 블록체인 플랫폼의 확장성 및 성능 검증을 위한 게임의 긍정적인 영향 및 가능성은 다음과 같다. 첫째, 내부적인 테스트 혹은 한정된 환경에서 의도된 테스트에 머물고 있는 블록체인 플랫폼의 실제 성능을 측정할 수 있도록 분산원장 상에 과대화 하여

Transaction이 일어나도록 설계되어 독자적인 평가 도구 모델로 의미를 지닌다고 할 수 있다. 둘째, 상용 서비스에 준하는 Transaction을 발생시키는 테스트를 통해 블록체인 플랫폼의 사전 스트레스 테스트를 이행할 수 있으며 금융, 의료, 물류 등 민감한 데이터를 다루는 분야의 서비스를 구축하기 전에 블록체인 플랫폼의 확장성을 검증할 수 있는 도구로서 효용성이 기대된다. 셋째, 실제 검증 데이터를 보면 기존의 DApp 대비 적은 사용자 숫자로도 훨씬 더 많은 Transaction의 양과 최대 TPS를 측정하였다. 이를 통해 본 연구에서 제시된 게임 모델이 단기간 내에 실사용 환경 데이터를 수집하기 어려운 후세대 블록체인 플랫폼의 성능 및 확장성 검증을 위한 도구로서 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 블록체인 플랫폼의 확장성과 성능을 검증하기 위한 유의미한 도구 모델을 제안하고 개발하였으나, 또한 다음과 같은 한계점이 있다. 첫째, 682명의 사용자가 발생시킨 일간 59만 4천개의 Transaction과 1,309 최대 TPS가 일반적인 IT 상용 서비스의 활동량에 비해 절대적으로 많다고 할 수는 없다. 따라서 본 연구 결과 데이터를 기반으로 검증대상 플랫폼의 일반적인 IT 상용 서비스 수준의 성능과 확장성을 모두 검증 하였다고 결론을 짓는 데에는 한계가 있다. 다만 682명의 적은 수의 사용자로부터 기존의 DApp대비 많은 사용량을 수집한 것을 고려할 때, 향후 보다 많은 사용자를 대상으로 테스트를 수행한다면 보완할 수 있을 것이다. 둘째, 이 연구의 결과는 게임 환경에서만 검증되었다. 보통 일반적으로 블록체인 플랫폼을 이용한 서비스는 비트코인의 금융을 비롯해 물류, 의료, 환경 등 다양한 서비스를 포괄하고 있어 향후 다른 환경에서도 개발 및 테스트를 통해 검증할 필요가 있다.

## REFERENCES

- [1] R. V. Rosa & C. E. Rothenberg. (2018). Blockchain-Based Decentralized Applications for Multiple Administrative Domain Networking. *IEEE Communications Standards Magazine*, 2(3), 29-37. DOI : 10.1109/MCOMSTD.2018.1800015
- [2] Xangle. (2020). *Crypto Assets List*. Xangle. <https://ko.xangle.io/project/list>
- [3] J. S. Park & J. D. Kim. (2019). A Study on the Development of Consortium Blockchain Governance Framework. *Journal of Digital Convergence*, 17(8), 89-94. DOI : 10.14400/JDC.2019.17.8.089
- [4] S. Underwood. (2016). Blockchain beyond bitcoin. *Communications of the ACM*, 59(11), 15-17. DOI : 10.1145/2994581
- [5] A. Bogner, M. Chanson & A. Meeuw. (2016, NOV). A Decentralised Sharing App running a Smart Contract on the Ethereum Blockchain. *IoT'16: Proceedings of the 6th International Conference on the Internet of Things*. (pp. 177-178). New York : Association for Computing Machinery. DOI : 10.1145/2991561.2998465
- [6] T. Min, H. Wang, Y. Guo & W. Cai. (2019, AUG). Blockchain games: A survey. *2019 IEEE Conference on Games (CoG)*. (pp. 1-8). New York : IEEE. DOI : 10.1109/CoG44075.2019
- [7] I. G. Lee. (2018). Blockchain Evaluation Indexes and Methods to Vitalize a Blockchain-based Digital Sharing Economy. *Journal of Digital Convergence*, 16(8), 193-200. DOI : 10.14400/JDC.2018.16.8.193
- [8] A. Serada, T. Sihvonen & JT. Harviainen. (2020). CryptoKitties and the New Ludic Economy: How Blockchain Introduces Value, Ownership, and Scarcity in Digital Gaming. *Games and Culture*. DOI : 10.1177/1555412019898305
- [9] O. Kharif. (2017). *Cryptokitties mania overwhelms Ethereum network's processing*. Bloomberg(Online). <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-04/cryptokitties-quickly-becomes-most-widely-used-et-herum-app>
- [10] S. Pongnumkul, C. Siripanpornchana & S. thajchayapong. (2017, AUG). Performance Analysis of Private Blockchain Platforms in Varying Workloads. *2017 26th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*. (pp. 1-6). New York : IEEE. DOI : 10.1109/ICCCN.2017.8038517
- [11] S. Chen, J. Zhang, R. Shi, J. Yan & Q. Ke. (2018, MAY). ) A Comparative Testing on Performance of Blockchain and Relational Database: Foundation for Applying Smart Technology into Current Business Systems. *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions: Understanding Humans. DAPI 2018*. (pp. 21-34). Cham : Springer DOI : 10.1007/978-3-319-91125-0\_2
- [12] ECS Github. (2020). *spoonincode/eosiobench.md*. BLOCKONE. <https://gist.github.com/spoonincode/fca5658326837b76fd744d39b2a25b4e>
- [13] NIPA. (2020). *Page of Blockchain Utilization Foundation Development Business*. NIPA. <https://nipa.kr/main/selectBsnsVsnWebView.do?key=104&bsnsVsnNo=1&bsnsDetailNo=9&bsnsDtlsIemNo=15&mainBusinesscode=business9&businesscode=business15>
- [14] AH. Lone & RN. Mir. (2019). Forensic-chain: Blockchain based digital forensics chain of custody with PoC in Hyperledger Composer. *Digital Investigation*, 28, 44-55. DOI : 10.1016/j.diin.2019.01.002

- [15] RH. Hylock & X. Zeng. (2019). A blockchain framework for patient-centered health records and exchange (HealthChain): Evaluation and proof-of-concept study. *J Med Internet Res* 2019, 21(8), e13592.  
DOI : 10.2196/13592
- [16] U. Bodkhe et al. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 4, 79764-79800.  
DOI : 10.1109/ACCESS.2020.2988579
- [17] DAppRadar. (2020). *DApp Ranking Page*. DAppRadar. <https://dappradar.com/rankings>
- [18] J.S. Kim & G. Y. Gim. (2017). A Study on Factors Affecting the Intention to Accept Blockchain Technology. *Korea Society of IT Services*, 16(2), 1-20.  
DOI : 10.9716/KITS.2017.16.2.001
- [19] H. Kuzuno & C. Karam. (2017). Blockchain explorer: An analytical process and investigation environment for bitcoin. *2017 APWG Symposium on Electronic Crime Research (eCrime)*. (pp. 9-16). New York : IEEE.  
DOI : 10.1109/ECRIME.2017.7945049
- [20] FLETA. (2018). *Fleta business white paper*. Seoul : SENDSQUARE.
- [21] S. W. Hong, J. C. Shin & S. J. Lee. (2018). Technology Trends for Enhancing Ethereum Blockchain Performance. *Korea Computer Congress 2018*. (pp. 1,943-1,944). Seoul : Korean Institute of Information Scientists and Engineers.

장 광 수(Kwang-Soo Jang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한양대학교 정보기술경영학과(정보기술경영학사)
- 2013년 8월 : 한양대학교 정보시스템학과(공학석사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 정보시스템학과 박사과정
- 관심분야 : 정보시스템, 블록체인, 의료

데이터

· E-Mail : jks8605@hanyang.ac.kr

이 옥(Ook Lee)

[정회원]



- 1987년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(학사)
- 1989년 6월 : Northwestern대학교 전산학과(전산학석사)
- 1997년 1월 : Claremont대학교 경영정보학과(경영정보학박사)
- 1997년 9월 ~ 2002년 2월 : 한성대학교, Queensland대학교 등 교수

· 2002년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 정보시스템학과 교수  
· 관심분야 : 정보시스템, IT 분야 철학/행태/응용  
· E-Mail : ooklee@hanyang.ac.kr