

Petri Net 모델을 이용한 e스포츠 중계 시스템 시뮬레이션에 관한 연구

A Study on eSports relay system using Petri Net model

정원준¹, 오석희^{2*}

Jeong Won Jun¹, Oh Seok Hee^{2*}

요 약

현재 온라인 게임의 사용자가 늘어나면서 e스포츠에 대한 관심과 인식이 개선되고 있다. 이에 e스포츠가 기존 전통적인 스포츠의 영역으로 인식이 확대되고 있다. E스포츠가 하나의 문화로 자리 잡아 가면서 게임을 플레이하는 사용자에게 효과적으로 게임의 영상과 서사를 전달하는 중계시스템에 대한 필요성이 높아지고 있다. 본 논문에서는 전통적 스포츠 중계시스템과 사용자의 시점 확장에 따른 영상 서사의 변화를 살펴본다. 또한 Petri Net 모델을 사용하여 e스포츠 종목의 하나인 FIFA Online 4의 게임 플레이 흐름을 효과적으로 분석하고, 이를 통하여 개선된 e-스포츠 중계 시스템을 제안한다.

핵심어 : 페트리넷 모델링, 게임플레이 분석, e스포츠, e스포츠 중계 시스템

Abstract

As the number of online game users increases, interest and awareness of e-sports are improving. Therefore, e-sports has been recognized as a traditional sports field. As E-Sports becomes a culture, there is a growing need for a relay system that effectively transmits the video and narrative of the game to users who play the game. In this paper, we research the changes of video narratives according to the traditional sports relay system and user's point of view expansion. In addition, we use Petri Net model to effectively analyze the game play flow of FIFA Online 4, one of the e-sports events, and propose an improved e-sports relay system.

Keyword : Petri Net Modeling, Gameplay Analysis, e-Sports, e-Sports relay system

1 Department of Game Engineering, Gachon University, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, Korea [Graduate Student]
e-mail: wjddnjswns7963@gc.gachon.ac.kr

2 Department of Game Engineering, Gachon University, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, Korea [Professor]
e-mail: seokhee5@gachon.ac.kr (Corresponding author)

Received(August 17, 2018), Review Result(1st: September 11, 2018, 2nd: September 21, 2018), Accepted(December 04, 2018), Published(December 31, 2018)

1. 서론

스포츠 중계의 중계 기법과 시점 변경과 확장 등은 화면의 영상 서사에 영향을 미친다[1].

그러한 영상 서사의 변화는 스포츠의 전문화 수준과 몰입도에 영향을 준다[2][3]. 따라서 e스포츠의 중계 기법과 영상서사의 변화는 사용자의 몰입도와 사용자 경험에 영향을 미친다고 할 수 있다. 현재 e스포츠는 단순히 게임을 플레이 하는 것이 아닌, 문화산업으로 발전하고 있다. 최근 개최된 '2018 아시안 게임'에서 e스포츠 종목이 시범 종목으로서 대회에 포함된 것이 그 예이다[4].

e스포츠의 매개체인 '게임'은 다양한 장르와 그에 따른 다양한 사용자층이 존재하기 때문에 같은 e스포츠일지라도, 각각의 사용자들이 겪는 사용자 경험과 욕구는 제각기 다르다. 따라서 사용자에게 맞는 정보를 전달하는 중계 시스템의 확립의 필요성이 증가하고 있다. 기존의 e스포츠 중계 시스템은 화면 중계를 담당하는 화면 해설자의 개념인 옵저버(Observer)가 전체적인 게임플레이의 흐름에 맞추어 화면을 비추어 주는 형식이거나, 게임 플레이 화면을 그대로 사용자에게 제공해 주는 수동적인 방식을 가지고 있다[5]. 반면에, 축구나 야구 등의 스포츠 중계에서는 각 카메라의 역할을 세분화하여, 경기장 안의 요소(팬, 선수 등)와 경기의 흐름요소를 전달하는 등, 사용자에게 최적의 사용자 경험을 제공한다[6].

따라서 기존의 발전된 스포츠 중계 시스템을 본받아 e스포츠 중계 시스템을 개선할 필요성이 있다. 그러기 위해서는 기존 스포츠 중계 시스템의 카메라 각도, 배치 등의 영상서사 기법과 e스포츠 종목의 게임 플레이를 비교 분석하여 적용하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는, e스포츠(축구게임) 종목인 FIFA Online 4의 게임플레이 흐름과 실제 스포츠경기인 (2018 Russia World Cup)의 중계 시스템(카메라 앵글, 배치)을 Petri Net모델링 분석을 통해, 게임 플레이 흐름에 따라 효과적으로 게임 영상의 서사를 전달하는 e스포츠 중계 시스템 시뮬레이션에 대하여 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 Petri Net의 기호

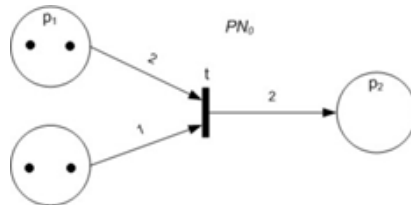
Petri Net은 분산 시스템을 모델링하기 위한 수학적 모델링 언어이다[7].

$$N = \langle P, T, I, O, M_0 \rangle$$

여기서 P(Place)는 유한한 집합으로 어떠한 조건이나 자원의 사용 가능성을 나타내는 요소로 원

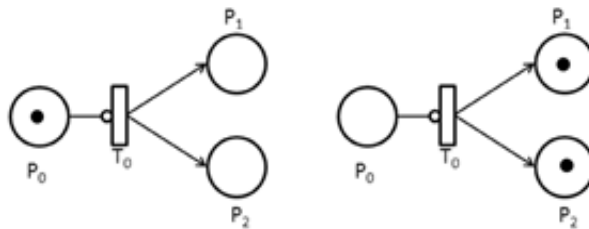
(circle)으로 표시된다. T(Transition)는 유한한 집합으로, 사건 또는 공정의 시작과 끝을 나타내는 막대(Bar)기호로 표기한다. I(Input Function)는 P에서 T로의 방향성을 표시하는 화살표(Arc/Arrow)이다. M(Marking)은 각 P에 있는 모든 토큰의 개수를 나타낸다[8].

2.2 Petri Net의 실행 규칙과 표현



[그림 1] 활성화된 트랜지션이 있는 페트리넷 모델

[Fig. 1] A Petri net with an enabled transition



[그림 2] 점화된 페트리넷 모델

[Fig. 2] Fired Petri Net

Petri Net의 실행 규칙은 활성화 규칙(enabling rule)과 점화규칙(firing)의 두 가지로 나뉜다. 활성화 규칙은 트랜지션(Transition)에 모든 입력 플레이스에 토큰(Token)이 있을 때, 트랜지션(Transition)은 활성화하고(enabled), 점화(fire)할 수 있다는 실행 규칙이다[8]. 점화 규칙은 활성 트랜지션이 점화하면, 모든 입력 플레이스에서 하나의 토큰이 제거되고, 모든 출력 플레이스에 하나의 토큰이 더해진다는 실행 규칙이다[9].

앞서 언급한 실행 규칙을 통하여 만들어진 Petri Net 모델은, 사용성 분석을 통해 모델링한 Petri Net에 활성화되지 않은 트랜지션이 있는지, 플레이스에 입출력이 정해지지 않아, 전체적인 모델의 흐름(Flow)이 작동하지 않는 현상이 있는지에 대한 내용을 분석을 통해 알 수 있다. 이러한 형태를 교착 상태(Dead-Lock)라 하고, Petri Net 모델링 분석을 통한 교착상태분석(DeadLock-Analysis)를 통한 모델링 무결성 검증이 가능하다[10].

2.3 e스포츠 소개

대한민국 e스포츠(전자 스포츠) 진흥에 관한 법률에 따르면, e스포츠란 게임물을 매개로 하여 사람과 사람 간에 기록 또는 승부를 겨루는 경기 및 부대 활동 이라고 정의하고 있다[11].

[표 1] e스포츠의 특성

[Table 1] Characteristics of eSports

구분	내용
외연적 특성	종목의 소유권 존재 오프라인에서 만나 온라인으로 경기하는 이중적 구조 종목이 경기를 진행하는데 완결된 구조를 지니고 있음
내포적 특성	게임이 e스포츠가 되기 위해서 필요한 요소 대중성, 사회적 수용성, 공정성, 관전성, 스타플레이어의 배출, 대회진행의 용이성 등이 존재

e스포츠 종목의 특성은 크게 외연적 특성과 내포적 특성의 두 가지로 나뉜다[12]. 외연적 특성은 [표 1] 과 같이 e스포츠의 종목, 즉 게임 자체에 관한 특성이다. e스포츠는 종목의 소유권이 존재한다. 다른 스포츠와는 달리 e스포츠는 종목의 주체가 게임이므로 이는 저작권과 소유권이 있는 문화 콘텐츠이기 때문이다. 그리고 e스포츠는 오프라인에서 만나 온라인으로 경기하는 이중적 구조를 띠고 있는데, 온라인에서 플레이하는 게임을 오프라인에서 관람, 경기한다는 것이 다른 스포츠와 차별화되는 e스포츠만의 특성이라고 할 수 있다.

e스포츠의 내포적 특성은 게임이 e스포츠가 되기 위해서 필요한 요소들의 특성을 나타낸다. e스포츠가 단순히 게임을 플레이하는 것이 아닌 스포츠의 한 종류로서, 분류되기 위해서는 [표 1]의 내포적 특성 항목에도 나타나 있듯이 대중성, 사회적 수용성, 공정성, 관전성, 인기선수의 배출(흥행성), 대회 진행의 용이성이 존재해야 한다. 즉, e스포츠가 단순히 사용자들에게 게임을 보여주는 것이 아닌, 대중들에게 관심과 사랑을 받고 문화 콘텐츠 산업으로 발전해야만, 진정한 의미의 스포츠로 인정받을 수 있다는 것이다. 앞서 밝혔듯이, 본 논문의 주제는 Petri Net모델링을 이용한 e스포츠의 중계 시스템 시뮬레이션 연구이다. 이는, e스포츠를 즐기는 사용자들에게 더욱더 최적화된 사용자 경험을 제공하고 사용자들의 욕구를 충족시킴으로써, e스포츠의 대중성과 흥행성 향상을 위한 것에 그 의의가 존재한다.

3. 제안 기법

3.1 연구 목표

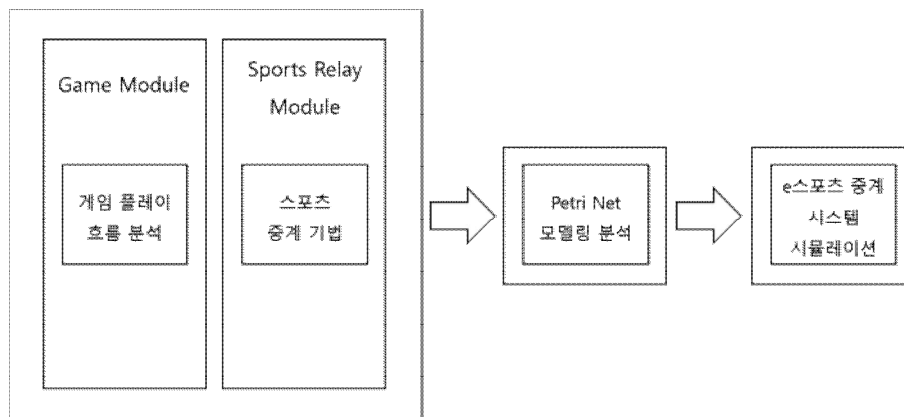
본 논문의 연구 목표는 축구 게임을 e스포츠에 적용할 때, 사용자들에게 최적의 관람 환경을 제

공하고 욕구를 충족시킬 수 있는 e스포츠 중계시스템 시뮬레이션 구현을 목표로 한다. 본 논문에서 제안하는 시스템을 설계하기 위해서는 실제 축구 경기의 촬영 기법, 시점확장에 따른 영상 서사의 변화를 기반으로 기존의 스포츠 중계 시스템을 모델링할 필요가 있다. 이는 현재 e스포츠를 스포츠의 범주로 보는 시각이 많아졌고, 발전된 기존의 스포츠 중계방식에 비해 e스포츠의 중계 방식은 원초적인 형태를 띠고 있기 때문이다[13].

이러한 과정이 배제된다면, 실제와 같은 사용자 경험을 기대하는 사용자층에게 지루함을 느끼게 될 수 있고, 확립되지 않은 중계방법으로 인한, 현실과의 이질감을 느낄 수 있을 것이다. 따라서 실제 스포츠 중계 시스템의 촬영기법, 시점확장에 따른 영상 서사의 변화를 구체적인 형태로 시각화하여 모델링하고, 그것을 실제 e스포츠 종목으로 사용되고 있는 축구 게임의 플레이 흐름 모델에 적용함으로써, 새로운 방식의 e스포츠 중계 시스템 시뮬레이션을 제안하려 한다.

3.2 e스포츠 중계 시스템 구성도

본 논문에서 제시하는 새로운 e스포츠 중계 시스템은 게임플레이의 흐름을 분석하는 Game Module과 스포츠 중계의 영상 서사 기법을 가져오는 Sports Relay Module이 있다. 그리고 이러한 모듈들을 Petri Net 으로 각각 모델링하고, 최종적으로 모델링 한 데이터를 실제 축구 중계 데이터 (2018 Russia world cup)의 촬영기법과 영상 서사와 비교하여 적용하는 과정을 거쳐서 e스포츠(축구게임)에 적합한 중계 시스템 시뮬레이션을 구축하게 된다.



[그림 3] e스포츠 중계 시스템의 구성도

[Fig. 3] Composition of e-Sports relay system

3.3 게임 플레이 흐름 구성

[표 2] 게임플레이 흐름 표 - 행동

[Table 2] List of game play flow - Actions

행동 구분	내용
Pass	공을 다른 아군에게 전달하는 행위
Dribble	한 선수가 공을 몰고 가는 행위
Shoot	득점을 시도하는 행위
Tackle	상대방이 소유하고 있는 공의 소유권을 뺏기 위한 행위
Foul	반칙을 하는 행위

게임 플레이 흐름 분석을 위해 본 논문에서 사용한 게임은 FIFA Online 4로, 실제 축구와 같은 방식의 규칙과 진행방법을 갖고 있다. 따라서 규칙과 게임 진행방법을 모델링하기 위해 [표 2]의 내용으로 사용자가 게임 내에서 취할 수 있는 액션을 기반으로 게임 플레이를 정리했다.

[표 3] 게임플레이 흐름 표 - 상태

[Table 3] List of game play flow - Status

상태 구분	내용
Possession	각 진영의 공의 소유 상태
Set Piece	반칙을 당했을 때, 주어지는 정적인 상태, 핸디캡의 개념
Line Out	공이 경기장 밖을 나간 상태

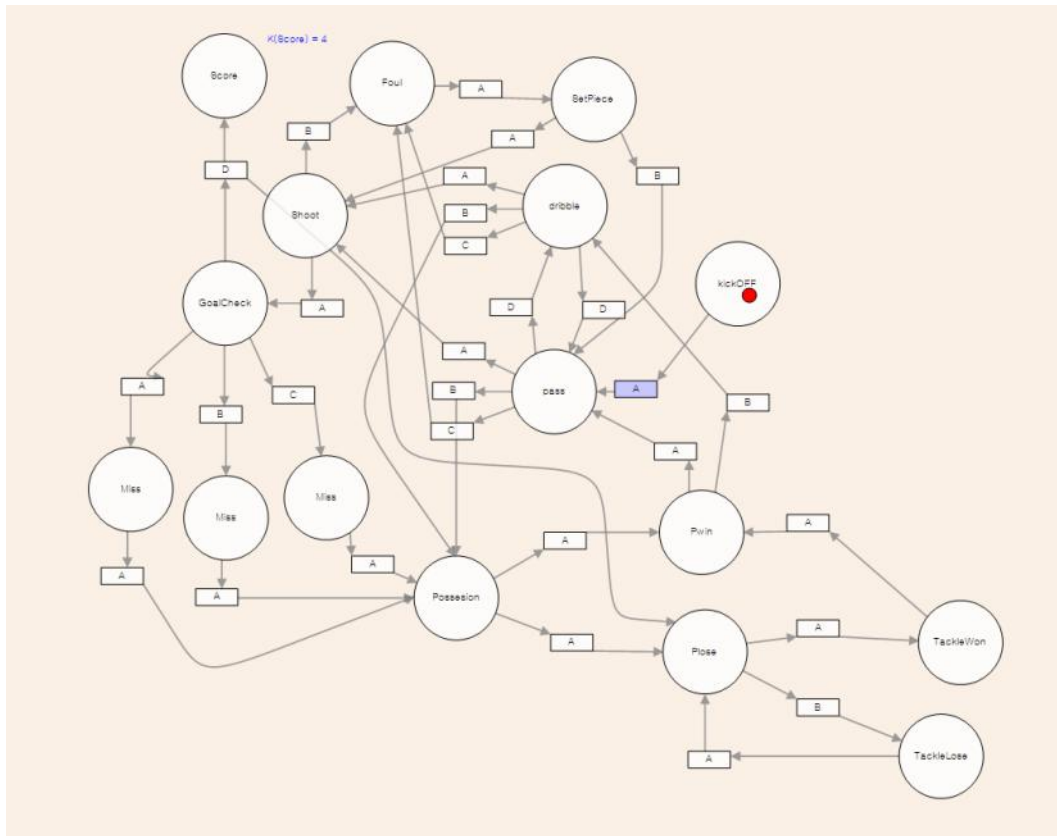
또한, 게임에 있어서 게임을 이용하는 이용자가 취하는 액션의 결과로 나타나는 게임의 현재 상태도 [표 3] 과 같이 나타내었다. 게임 플레이의 구분을 플레이어가 직접 키를 조작하여, 행동하는 액션(Action) 부분과 플레이어가 그러한 행동을 취하여, 나타나는 현재 게임(경기)의 상태를 나타내는 Status(상태) 부분으로 나누었다. 이러한 게임플레이의 구분은 앞서 언급한 e스포츠 중계시스템에 없던 세세한 부분까지 영상으로 전달하여, 사용자들에게 최적화된 사용자 경험을 제공함과 동시에, 사용자들의 욕구를 충족시켜주기 위함이다.

3.4 게임 플레이 흐름 모델링 방안

앞서 제시한 게임플레이 흐름구분을 기반으로 Petri Net 모델링, 분석 도구인 Hips Tool 4.0 을

통하여 e스포츠 축구 게임인 FIFA Online 4의 게임 플레이 흐름을 [그림 4] 와 같이 모델링 했다 [14]. 게임 플레이 흐름 구현에 사용된 Petri Net 모델은 게임 플레이 행동을 나타내는 5개의 Place 와 게임의 상황과 판단에 따른 결과를 나타내기 위한 Place 6개로 총 11개의 Place로 구성되어있다. 흐름이 유동적이고 변수가 많은 게임의 특성상, 많은 변수를 완벽히 통제하고, 교착상태 (Dead-Lock)가 발생하지 않도록 Place를 세분화하였고, 시스템 모델의 구조적인 안정성을 위하여 28개의 트랜지션(Transition)을 구축하여 게임플레이 흐름에서 발생하는 핵심 상황(Event)을 구현했다. 마지막으로 Place와 Transition의 연결하는 Arc 또한, 앞서 언급한 게임의 특성을 고려하여, 유연한 게임 플레이 흐름을 구현하기 위하여, [표 2] 의 행동 구분에서는 서로 상호 관계가 적용되는 부분(Pass, Dribble)을 상호 연결하여, 유연한 게임 플레이어의 흐름을 모델링 데이터에 구현했다.

3.5 게임 플레이 흐름 모델



[그림 4] FIFA Online 4의 게임 플레이 흐름 Petri Net 모델

[Fig. 4] A Petri Net Model of game play flow - FIFA Online 4

3.6 영상서사 기법 구성

스포츠 중계의 영상 서사 기법은 카메라를 잡는 샷의 크기, 카메라의 각도, 카메라 편집 기법에 따라 3가지로 구분된다[15]. 또한 스포츠 중계의 영상 서사 기법을 모델링하기 위하여, 해당되는 내용을 [표 4~6]으로 정리했다.

[표 4] 카메라 영상 기법

[Table 4] the technique of camera vision

기표	정의	기의
Long shot	인물과 주변상황	친근감
Full shot	인물의 전신	개인적 관계
Medium shot	신체의 대부분	맥락, 조사, 공적 거리
Close up	얼굴만	사회적 관계

[표 5] 카메라 각도 기법

[Table 5] the technique of camera angle

기표	정의	기의
Eye level Angle	눈높이	동등성
Low Angle	아래서 올려다봄	열세인 상황
High Angle	위에서 내려다봄	우세한 상황

[표 6] 카메라 워킹과 편집기법

[Table 6] the technique of camera walking and edit

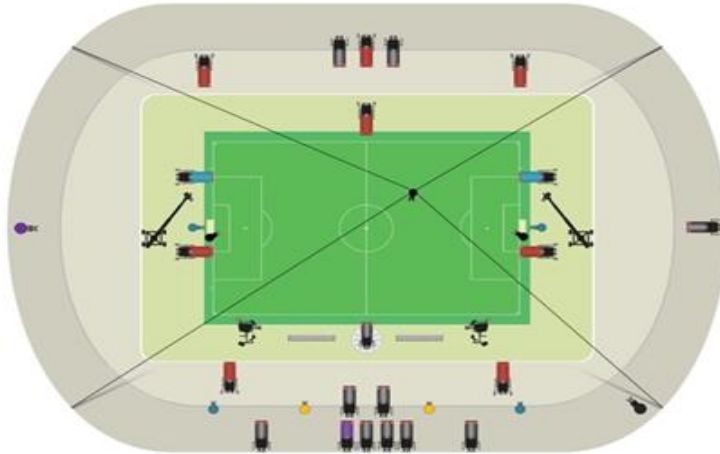
기표	정의	기의
Pan down	카메라 하향	힘, 권위
Pan up	카메라 상향	왜소함, 약함
Dolly in	카메라가 다가감	관찰, 관심집중
Fade in	영상이 서서히 나타남	시작
Fade out	영상이 서서히 사라짐	끝
Cut	다른 이미지로 전환	동시성 흥미
Wipe	이미지가 화면에서 밀려나감	강요된 결론

이러한 영상 서사 기법을 Petri Net모델의 Place로 적용하여 게임 내에서 벌어지는 특정 상황에 맞는 카메라 시점, 각도, 움직임과 편집방법을 알 수 있도록 모델링을 진행해야 한다. 하지만, 어떤 상황 또는 환경을 기준으로 영상 서사 기법 모델링을 진행해야 하는지에 대한 기준이 필요하다. 본 논문에서는 e스포츠, 특히 축구 게임에 대한 중계시스템을 제안하므로, 2018 Russia World Cup

의 주 경기장의 중계 카메라 배치도를 바탕으로 모델링 환경 기준을 제시한다.

3.7 영상서사 기법 모델링 환경 기준 구성

[그림 5]는 2018 러시아 월드컵 주 경기장의 카메라 배치도를 나타낸 그림이다. 주 경기장에는 Super slow-motion 카메라가 8대, Ultra slow-motion 카메라가 6대, Ultra High-Definition(UHD) 카메라가 2대, 오프사이드를 검사하기 위한 전용 카메라가 2대 배치되어 있다[16].



[그림 5] 2018 러시아 월드컵 카메라 배치도 - 주 경기장

[Fig. 5] 2018 Russia World Cup Camera Layout - Main Stadium

[그림 5]의 카메라 배치는 실제 축구 중계 시스템에 최적화된 환경이 구축되어있다. 따라서 본 환경을 모델링의 기준으로 삼는다면, '축구 게임'을 중계하는 e스포츠 중계 시스템에서도 최적화된 환경이 구축될 근거가 충분하다.

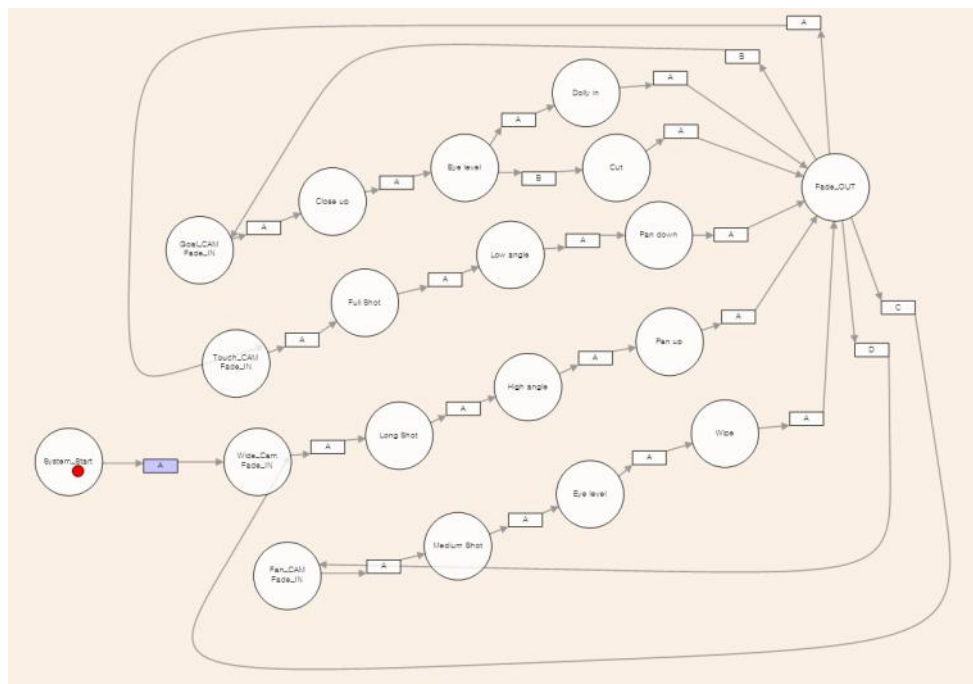
따라서 e스포츠 중계시스템의 환경은 [그림 5]의 카메라 구성을 카메라의 위치에 따른 기준(골라인, 터치라인, 경기장 천장, 관중석)으로 1차적으로 나눈 후, [표 4,5,6]의 스포츠 영상서사 기법의 3가지 구분(카메라 영상, 카메라 각도, 카메라워킹과 편집기법)을 적용하여 구성했다. 그렇게 구성된 e스포츠 중계시스템의 환경은 [표 7]에 있고, 그것을 기반으로 한 모델은 [그림 6]에 있다.

[표 7] Petri Net 모델링 환경의 기준

[Table 7] Criteria for Petri Net Modeling Environments

위치 구분	카메라 이름	카메라 시야	카메라 각도	카메라 워크 편집기법
골라인 근처	Goal_CAM	Close up	Eye level Angle	Dolly in, Cut
터치라인 근처	Touch_CAM	Full shot	Low Angle	Pan down
경기장천장	Wide_CAM	Long shot	High Angle	Pan up
관중석근처	Fan_CAM	Medium shot	Eye level Angle	Dolly in, Wipe

3.8 영상서사 기법 모델



[그림 6] 스포츠 중계 시스템의 Petri Net 모델

[Fig. 6] A Petri Net Model of Sports relay System

4. 제안 방식 적용

4.1 게임플레이, 영상서사 기법 모델의 결합

앞서 밝힌 게임 플레이 흐름 모델과 영상 서사 기법 모델의 대응 Place를 설정하여 e스포츠 중

계 시스템의 시뮬레이션 환경을 나타냈다. 이를 통하여 Pass를 할 때에는 Wide_CAM을 이용한 Long Shot 기법을 통하여 선수들의 전체적인 흐름을 볼 수 있고 Shoot을 할 때에는 Goal_CAM을 이용한 Close up 기법을 통하여 슛이나 득점 장면에서의 놓칠 수 있는 세세한 부분을 볼 수 있게 하는 등 게임플레이와 영상서사 기법을 대응시킴으로써, 기존의 한계점이었던 수동적인 중계 시스템의 문제를 개선 할 수 있게 되었다.

[표 8] 기술 모델의 조합

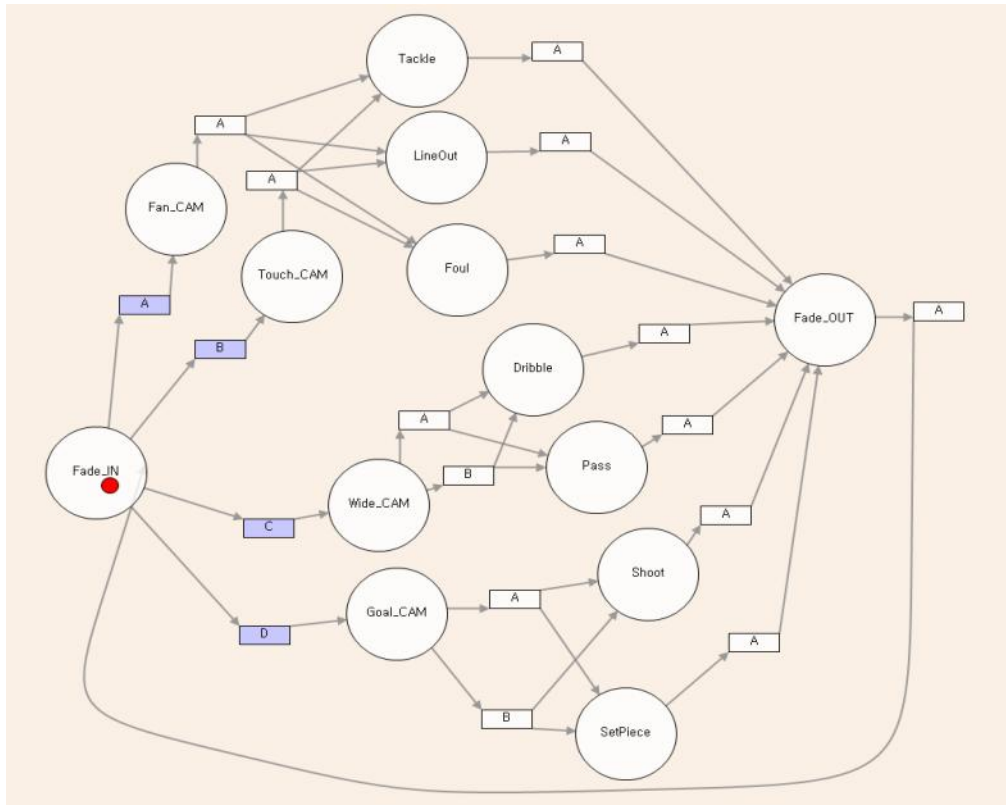
[Table 8] Combination of Technique Models

대응 Place	
게임 플레이 흐름 모델	영상서사 기법 모델
Pass	Wide_CAM, Goal_CAM
Dribble	Wide_CAM, Goal_CAM
Shoot	Goal_CAM
Tackle	Touch_CAM
Foul	Touch_CAM, Fan_CAM
Possession	Wide_CAM
Set Piece	Wide_CAM, Goal_CAM
Line Out	Touch_CAM, Fan_CAM

따라서 본 논문에서 제시한 Petri Net 모델을 이용한 시뮬레이션 시스템은 e스포츠 중계에서 게임플레이와 영상 서사 기법의 전체적인 흐름을 파악할 수 있게 함으로써, 앞으로의 e스포츠 중계에 대한 정량적인 기준을 확립하는데 그 의의가 있다.

4.2 e스포츠(축구게임) 중계 시스템 모델

[그림 7] 은 본 논문에서 제시한 FIFA Online 4의 게임플레이 흐름 모델과 영상 서사 기법 모델의 [표 8] 과 같은 대응 Place를 기준으로 결합한 e스포츠(축구게임)의 중계 시스템 Petri Net 모델이다. [그림 7] 의 모델에서는 P : Fade_OUT의 점화(Firing) 여부에 따라, 각 영상 서사 기법 모델에서 적용된 카메라(Fan_CAM, Touch_CAM, Wide_CAM, Goal_CAM)에 플레이어가 취하는 행동 또는 상태(A : Pass, Dribble, Shoot, Tackle, Foul, Set Piece, Line Out, Possession)를 영상으로 표시하고 있음을 의미한다.



[그림 7] e스포츠(축구 게임) 중계시스템의 Petri Net 모델

[Fig. 7] A Petri Net Model of e-Sports(Football game) relay System

5. 결론

e스포츠는 최근 아시안 게임에도 시범 종목으로 채택되며, 과거의 부정적 인식을 벗어나, 문화산업으로서의 발전을 기대하고 있다. 하지만 e스포츠가 진정한 의미의 스포츠로 거듭나기 위해서는 정보 전달 기술의 발전이 필요하다. 즉, e스포츠의 중계 기술에도 기존의 스포츠와 같이 사용자에게 정보를 전달하는 중계기술과 영상 서사의 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 e스포츠 중계 시스템을 개선하려는 의도에서 출발하여, 실제 스포츠 영상 서사 기술과 환경을 Petri Net 모델로 구축하고, 그것을 스포츠 게임의 게임 플레이 흐름 모델에 적용함으로써, 게임 플레이와 그에 맞는 영상서사의 기법의 전체적인 흐름을 한 눈에 파악할 수 있는 e스포츠 중계 시뮬레이션 모델에 대하여 제안해 보았다. 향후 연구를 통해 e스포츠 중계 시스템에 대한 정량적인 기준을 확립하고, 장르에 따라 최적화된 e스포츠 중계 시스템 시뮬레이션의 모델을 제시하고자 한다.

Reference

- [1] Hahm Yoon Soo, "A Study of Influence of Expanding the Point of Camera on Visual Narrative in Sports Broadcasting : Focused on 1998 and 2010 FIFA World Cup.", Diss. Department of Broadcasting & Visual Communication Graduate School of Journalism and Mass Communication Yonsei University, (2010).
- [2] Kim Joo Hee, "Impacts of e-Sports Specialization on Flow Experience and Satisfaction.", Diss. Department of Tourism Management The Graduate School of Tourism Sejong University, (2016).
- [3] Kim Dong Jin, "A Study on the motive for watching e-sports broadcasts and the satisfaction through the smart phone : Focusing on the expectancy value theory.", Diss. The Graduate school of Communication & Arts Yonsei University, (2016).
- [4] <http://koreancontent.kr/3504>, Retrieved: December. 03, (2018).
- [5] KOCCA, "Cover Story 4_E-Sports Becomes a New Genre with Culture Technology.", KOCCA, (2017), pp .18-19.
- [6] Kim Won Jae, "Sociology of Media Sports.", Communication Books, (2016), pp.46-64.
- [7] Mo yeong seung, Kim Jin Kwon, Kim Jung Chul, & Hwang Hyung Soo. "Fuzzy Transition Timed Petri Net for modeling and analyzing of Discrete Event Dynamic Systems.", Journal of Korea Institute of Intelligent Systems, (2001), Vol. 11, No .2, pp. 119-126.
- [8] Nam, Bu Hee, "Petri net.", The world of electricity, (1994), Vol.43, No.3, pp. 10-17.
- [9] Peterson James L. "Petri net theory and the modeling of systems." Springer, (1981).
- [10] Ezpeleta, Joaquin, Jose Manuel Colom, and Javier Martinez. "A Petri net based deadlock prevention policy for flexible manufacturing systems." IEEE transactions on robotics and automation, (1995), Vol. 11, No.2, pp. 173-184.
- [11] KOCCA, "Survey of eSports.", KOCCA, (2017), pp. 1-23.
- [12] KOCCA, "Basic Ideology and Socio-Cultural Value of eSports.", KOCCA, (2011), pp. 101-103.
- [13] Kim Jae Hong, Kang Jong Ho, Han Myung Whan, Chung Byung Hee, & Kim Kyung Soo, "Soccer Video Highlight Building Algorithm using Structural Characteristics of Broadcasted Sports Video.", Journal of Information Science: Software and Applications, (2003), Vol. 30, No. 8, pp. 727-743.
- [14] <https://sourceforge.net/projects/hips-tools/>, Retrieved: December. 04, (2018).

- [15] Berger, Arthur Asa, "Media analysis techniques.", Sage Publications, (2017).
- [16] <http://www.hani.co.kr/arti/sports/soccer/846533.html>. Retrieved: December 05, (2018).