

하이퍼미디어 시나리오 수행 시간 예측 방법 고찰

임 재걸, 이 계영
(동국대학교 전자계산학과)

A Study on Methods to Estimate the Time Required for Finishing Hypermedia Scenario

Jaegool Yim, and Gyeyoung Lee
Dept. of Computer Science, Dongguk University at Kyung-Ju

요 약

본 논문은 하이퍼미디어 시나리오 수행 시간 예측 방법을 고찰한다. 시나리오 수행 시간 정보는 사용자가 본인의 시간 사용 계획 수립이나, 정보 제공자가 효율적인 정보 감상 스케줄을 수립하여 제시하는 데 중요한 역할을 담당한다. 그럼에도 불구하고 이러한 정보를 얻는 방법에 대한 연구는 [1]과 [2]에 소개된 두 가지밖에 없다. 이 두 가지 방법은 모두 변형된 페트리 넷을 이용하여 시나리오를 모델링 한 다음, [1]은 몬테칼로 시뮬레이션 방법을 적용하고 [2]는 통계적 기대값을 이용한다. 본 논문에서는 이 두 가지 방법을 소개한다.

1. 서론

관광 가이드 책을 보면 각 명승고적지의 여행에 걸리는 시간과 관광에 필요한 시간이 적혀있는 것을 볼 수 있다. 여행자나 관광객은 이것을 참고 삼아 관광 스케줄을 짠다. 물론 실제 여행이나 관광에서는 지도에 적힌 시간이 실제 걸리는 시간과 큰 차이가 있음을 경험하는 수가 많지만 그래도 지도에 적힌 시간은 관광 스케줄링에 큰 도움을 준다. 이와 같이 하이퍼미디어 정보에도 감상에 필요한 예상 소요 시간이 표 1과 같이 주어진다면 사용자가 정보 감상 스케줄링을 하는데 도움이 될 것이다.

그러므로 본 논문에서는 하이퍼미디어 시나리오 수행 시간을 예측하는 방법을 고찰한다. 이러한 정보를 얻는 방법에 대한 기존의 연구는 [1]과 [2]에 소개된 두 가지밖에 없다. 이 두 가지 방법은 모두 변형된 페트리 넷을 이용하여 시나리오를 모델링한 다음, [1]은 몬테칼로 시뮬레이션 방법을 적용하고 [2]는 통계적 기대값을 이용한다. 다음 2 절에서는 [1]의 방법을, 3절에서는 [2]의 방법을 소개한다.

(표 1) 시나리오 수행 시간의 사용 예.

명찰 탐색에 소요되는 사용자 유형별 평균 시간	고등학생	대학생 비전공	대학생 전공	일반인
불국사	70분	60분	120분	80분
법주사	20분	20분	40분	20분
통도사	50분	45분	90분	45분
운문사	30분	30분	60분	30분
직지사	40분	35분	80분	35분
동화사	15분	10분	30분	15분

2. 몬테칼로 시뮬레이션 방법

[1]이 제안하는 방법은 하이퍼미디어 시나리오의 흐름을 페트리 넷으로 표현하고, 각 단위 데이터 접근 시간의 확률분포표를 샘플로부터 구하여, 시뮬레이션 단계에서 몬테칼로 방법으로 전체 데이터 접근 시간을 통계적으로 계산한다. 각 링크의 선택률도 또한 통계적으로 구하여 사용한다. 본 논문에서 사용하는 페트리 넷은 원래의 페트리 넷[3]을 바탕으로, 단위

데이터 감상에 소요되는 시간의 확률 분포표를 사용함으로 PNDT(Petri Net with probability Distribution Table)라고 일컫는다.

2.1. 확률분포표를 갖는 페트리 넷의 정의

확률분포표를 갖는 페트리 넷의 기본 아이디어는 하이퍼미디어 시나리오의 흐름을 페트리 넷 구조로 나타내고, 각 단위 데이터에 감상 시간의 확률 분포를 매핑시켜 시나리오의 진행에 따라 소요되는 시간을 몬테칼로 시뮬레이션으로 계산하는 것이다.

하이퍼미디어는 링크로 연결된 멀티미디어이다. 멀티미디어 화면을 보다가 링크를 선택하면 이 링크와 연결된 멀티미디어가 화면에 나타남으로써 하이퍼미디어 시나리오가 진행된다. 링크된 화면은 이미 브라우징 되었던 화면일 수도 있고, 사용자 선택이 없을 때 나타나는 디폴트 화면일 수도 있다.

이러한 하이퍼미디어 시나리오 진행을 PNDT에서는 화면 정보는 플레이스(place)로, 화면에 연결된 링크의 선택은 트랜지션(transition)으로, 그리고 이들간의 관계는 유향간선(arc)으로 나타낸다. 그러면 각 화면을 구성하는 멀티미디어 정보는 어떻게 나타낼 것인가? 이를 위하여 화면의 멀티미디어 정보의 흐름만 나타내는 멀티미디어 페트리 넷(MPN)을 고안하여 사용한다. 즉, PNDT의 화면 정보를 나타내는 플레이스는 한 개의 MPN과 매핑된다. 그러므로 본 절에서는 먼저 MPN을 정의한 다음, PNDT를 정의한다.

2.1.1. 멀티미디어 페트리 넷(MPN)의 정의

본 절에서는 멀티미디어 시스템에서 정보 감상에 필요한 시간을 예측하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 정보 감상에 관련된 단위 데이터들 간의 출력순서 내지는 동기성 관계를 페트리 넷으로 표현하고, 출력에 소요되는 시간을 관찰에 의한 확률 분포표로 작성하며, 소요 시간 예측치를 난수를 이용하여 생성하는 몬테칼로 시뮬레이션 방법을 페트리 넷에 적용함으로써 멀티미디어 정보 감상에 소요되는 전체 시간의 예측치를 계산한다.

임의의 단위 데이터 감상 시간 분포표의 예로 표 2를 들 수 있다. 이 표의 첫 번째 열은 "소요 시간"으로 감상에 소요되는 시간을, 둘째 칸 확률은 실험에서 해당 소요 시간이 발생된 확률, 셋째 칸 누적 확률은 확률의 누계를 보인다. 넷째 칸 난수는 시뮬레이션 단계에서 0부터 99 사이의 난수가 어떤 소요 시간에 해당하는지 보여준다. 즉, 난수 50을 생성하면 표 2의 난수열에서 50이 소속되는 행이 25-74이므로 소요 시간을 6.0으로 한다.

(표 2) 확률분포표의 예.

(Table 2) An example of Probability Distribution Table.

소요 시간	확률(%)	누적확률(%)	난수
5.0	10	10	00-09
5.5	15	25	10-24
6.0	50	75	25-74
6.5	15	90	75-89
7.0	10	100	90-99

이러한 확률분포표는 주어진 단위 데이터의 출력 소요시간의 분포합수를 미리 알고 있을 때, 그 분포합수와 파라메타로 대체된다. 예를 들어 어떤 데이터의 출력 소요 시간이 정규분포한다면 표준정규 분포표, 평균, 표준편차로 표2와 같은 분포표를 만들어 사용한다. MPN 모델에서 플레이스는 단위 데이터의 출력을 나타내고, 트랜지션은 이 출력의 종료와 더불어 다른 출력과의 동기화를 나타내므로, 플레이스와 트랜지션을 잇는 간선에 단위 데이터 출력에 소요되는 시간의 확률분포표를 매핑하는 것이 자연스럽다. 트랜지션은 입력 플레이스들과 매핑되는 단위 데이터들의 출력을 종료하고 다음 화면으로 넘어가는 것을 나타내며, 그 시점은 다음과 같은 다섯 가지 진행정책으로 결정된다:

OR: 현재 화면을 구성하는 데이터들이 모두 서로 독립적이어서, 각 데이터의 출력이 모두 종료되었을 때 다음 화면으로 넘어간다.

AND: 현재 화면을 구성하는 데이터들이 모두 비슷한 내용이어서, 그 중 한 개만 출력이 끝나면 다음 화면으로 넘어간다.

MASTER: 현재 화면을 구성하는 데이터 중에서 가장 중요한 단위 데이터가 한 개 있고 나머지는 이에 종속적이어서, 이것의 출력이 종료될 때 다음 화면으로 넘어간다.

EX-OR: 종속적인 몇 개의 데이터를 제외하고 나머지가 모두 끝난 후 다음 화면으로 넘어간다.

EX-AND: 나머지 중 아무 것이나 한 개가 끝나면 다음으로 넘어간다.

페트리 넷의 토큰은 까만 점이나, 제안된 페트리 넷의 토큰은 멀티미디어 정보 감상에서 토큰이 위치 한 지점까지 소요된 시간을 나타냄으로, 최초 시작 플레이스의 토큰은 0이며, 격발이 진행되면 점점 더 큰 수의 토큰이 생성된다.

제안된 페트리 넷의 트랜지션 격발 규칙을 설명하면 다음과 같다. 마킹 M_i 에서 p_i 에 토큰이 놓여 있으면 p_i 의 출력간선 (p_i, t_j)는 enabled 되었다고 한다. Enabled된 간선 (p_i, t_j)는 난수를 생성하고, 연합된 소요 시간 분포표에서 난수에 해당하는 소요 시간을 찾아낸다. 이것을 간선 (p_i, t_j)의 "소요시간"이라 한다.

트랜지션 t_i 는 모든 입력간선 (p_i, t_i) 가 enabled 되었을 때 enabled되며, Enabled된 트랜지션 t_i 는 격발한다. 트랜지션 격발은 먼저 새로운 토큰을 생성한다. 새로운 토큰은 모든 입력 플레이스 p_i 에 대하여 " p_i 의 토큰 + (p_i, t_i) 의 소요시간"에 진행 정책을 적용하여 구한다. 여기에서 소요시간은 항상 양수임으로 새로운 토큰은 기존 토큰보다 큰 값이 된다.

제한된 페트리 넷, MPN의 정의는 다음과 같다. MPN=(P, T, B, F, M0, IM, SYN) 로 정의된다. 여기서,

(P, T, B, F, M0)은 Petri net을 정의한다. 단 초기마킹 M0은 시작 플레이스에 real number token을 놓는다.

$A = \{a_i = (p_i, t_i) \mid B(p_i, t_i) > 0\}$ 이고 D는 분포표의 집합일 때, IM은 A에서 D로 가는 함수(IM: A → D)이고, IM($a_i = (p_i, t_i)$)는 p_i 에 해당하는 데이터의 출력시간 확률분포표임.

SYN은 트랜지션에서 {AND, OR, EX-AND, EX-OR, MASTER}로 가는 함수이며 SYN(t_i)는 t_i 의 진행 정책이다.

초기 마킹으로부터 도달 가능한 마킹들의 집합을 R(M0)이라 하며, 초기 마킹으로부터 격발 가능한 트랜지션들을 격발하여 감으로써 얻을 수 있다.

MPN의 격발 규칙은 앞에서 설명한 바와 같다.

2.1.2 확률분포를 갖는 페트리 넷(PNDT)

본 절에서는 앞 절에서 소개된 MPN을 확장하여 하이퍼미디어 시나리오를 모델링하는 도구로 PNDT를 소개하고, 이를 이용하여 정보 감상에 필요한 시간을 예측하는 방법을 제안한다. 일단 PNDT 모델이 구축되면 멀티미디어의 경우와 마찬가지로 몬테칼로 시뮬레이션 방법을 적용하여 시간을 예측할 수 있도록 한다.

하이퍼미디어 정보 시스템은 여러(수많은) 장의 화면 구성 멀티미디어 정보와 이들 화면간의 연결 관계를 나타내는 연결 정보로 구성된다. 화면 구성 정보는 여러 개의 단위 정보로 구성되고, 단위 정보의 일부는 다른 화면 구성 정보와 연결되어 있을 수 있다. 그래서 정보 사용자가 이러한 부분을 선택하면 연결된 화면 구성 정보가 출력된다.

하이퍼미디어 시스템을 화면 구성 정보와 연결 정보로 분리하면 화면 구성 정보는 멀티미디어 정보로 됨으로 앞 절에서 다른 MPN을 사용하여 모델링할 수 있게 된다. 연결 정보는 사용자가 선택하면 현재 화면을 무조건 중단하고 선택된 화면 정보를 대신 출력한다. 이때, 선택될 수 있는 화면의 수는 여러 개인 경우가 보통이고, 각 화면에 대한 선택 확률 분포

와 선택을 결정하는 동안 경과하는 시간의 확률분포를 구할 수 있다.

하이퍼미디어 정보 감상의 흐름을 화면 구성 정보와 연결 정보라는 말을 사용하여 묘사하면 다음과 같다. 정보 감상을 시작하면, 화면 구성 정보나 연결 정보, 혹은 이들 두 가지 모두가 화면에 나타난다. 사용자가 화면 구성 정보를 감상하다가 연결 정보를 사용하여 다른 화면, 예를 들어 화면 2를 선택하면, 화면 2를 선택한 상태를 거쳐 곧 선택된 화면 2가 출력되고 이것의 감상이 시작된다. 만일 사용자가 오랫동안 연결 정보를 선택하지 않으면 시스템이 설정한 다음 화면으로 자동적으로 넘어간다. 하이퍼미디어 감상은 이러한 과정이 감상의 종료가 선택될 때까지 반복되는 것이다.

이러한 정보 감상을 나타내는 PNDT는 연결 정보 플레이스(PL)와 화면 정보 플레이스(PA)로 한 개의 화면을 나타낸다. 연결 정보 플레이스는 다음 화면으로 점프하여 진행하는 것을 표현하므로 연결된 화면의 수만큼 출력 트랜지션을 갖게 되고, 또한 이들 출력 트랜지션의 master 역할을 한다. 한편 화면 정보 플레이스는 화면 정보의 흐름을 추상적으로 나타내는 플레이스로서 일련의 멀티미디어 정보 감상을 한 개의 플레이스로 표현한 것이다. 또한 PNDT는 하이퍼미디어 시나리오의 시작, 종료, 혹은 특정 화면이 선택된 상태, 등의 순간적(transitive)인 상태를 나타내는 플레이스(PT)를 필요로 한다.

시나리오의 진행, 즉, 새로운 화면의 선택은 트랜지션으로 나타낸다. 앞에서 언급한 바와 같이, 새로운 화면은 사용자의 선택, 디폴트, 혹은 순간적인 상태에 따라서 결정됨으로 트랜지션도 TS(선택), TD(디폴트), TT로 구분된다. 앞에서 언급한 바와 같은 하이퍼미디어 시나리오의 진행 특성상 TS, TD, TT의 진행 전략은 각각 "master LinkP(where LinkP ∈ PL)", "master Screen_i(where Screen_i ∈ PA)", "master p_i(where p_i ∈ PT)"이다.

시뮬레이션은 시작 플레이스에 토큰 0을 놓음으로써 시작된다. 시작 플레이스는 순간적인 상태를 나타내는 플레이스임으로, 이 토큰은 곧 첫 번째 화면의 화면플레이스(s_1)와 연결플레이스(L_1)로 옮겨간다. L_1 에 토큰이 놓이면, L_1 에 매핑된 선택 확률분포표를 사용하여 몬테칼로 방법으로 다음 화면 선택을 시뮬레이션한다. 즉, 격발될 트랜지션을 선택한다. 선택된 트랜지션이 디폴트(선택이 없는...)이면 s_1 에 매핑된 MPN의 시뮬레이션 결과를 출력 플레이스의 새로운 토큰으로 한다. 만일 선택된 트랜지션(t_i)이 디폴트가 아니면, 즉 "...클릭..."이라고 레이블 되어 있으면, s_1 에 매핑된 MPN내의 모든 토큰을 소거하고, 유한간선 (L_1, t_i)에 매핑된 확률분포표로부터 경과 시간을 산출하여 출력 장소의 토큰으로 놓는다. 이러한 PNDT를

정의하면 다음과 같다.

$PNDT = (P, T, A, DT, SYN, MPN, fP, fT, fSYN, fMPN)$, where

$P = PT \cup PA \cup PL$

PT: Transitive 플레이스의 유한 집합. (PNDT의 그림 표현에서는 원으로 표현된다.)

PA: 추상 플레이스의 유한 집합. (PNDT의 그림 표현에서는 내부가 칠해진 원으로 표현된다.)

PL: 링크 플레이스의 유한 집합. (PNDT의 그림 표현에서는 원으로 표현된다. 출력 간선의 이름이 "Link..."로 시작되는 특징이 있다.)

$T = TS \cup TD \cup TT$ where

TS: "...클릭(선택)..." 이름이 붙은 트랜지션.

TD: "...선택없는 ..." 이름이 붙은 트랜지션.

TT: 입력 플레이스가 한 개이며, 그것이 PT의 원소인 트랜지션.

트랜지션은 PNDT의 그림 표현에서 box나 bar로 그려지고, 진행 전략을 나타낸다.

$A = (P \times T \cup T \times P)$ 의 부분집합.

DT = 확률분포표이며 다음 곱집합의 부분집합이다: $integer \times real \text{ in } (0, 1) \times real \text{ in } (0, 1) \times integer \text{ in } (0, 99)$. DT의 행은 4개의 요소로 구성된다. 첫 번째 요소는 class interval의 중심값, 두 번째 요소는 첫 번째 요소가 소요시간으로 발생하는 확률, 세 번째 요소는 두 번째 요소의 누적치, 네 번째 요소는 세 번째 요소의 범위에 속하는 난수의 범위이다.

$SYN = MASTER \times PA \cup MASTER \times PL$. PNDT에서 트랜지션의 진행 전략은 모두 MASTER임.

MPN: 3.1 절에서 정의한 페트리넷의 집합.

fP: $PL \rightarrow DT$, where $fP(Link_place_i) = Link_place_i$ 에 매핑된 링크들의 선택 확률 분포표.

fT: $(PL \times T) \rightarrow DT$, where $fT((Link_place_i, t_i)) = t_i$ 를 선택 할 때까지 걸리는 소요 시간의 확률분포표.

fSYN: $T \rightarrow SYN$, where

$fSYN(t_i) = "MASTER LinkP"$ if $t_i \in TS$ 이고 연결 플레이스 LinkP가 t_i 의 입력 플레이스이면,

$= "MASTER Screen_i"$ if $t_i \in TD$ 이고 화면 플레이스 Screen_i가 t_i 의 입력이면,

$= "MASTER p_i"$ if $t_i \in TT$ 이고 p_i 가 t_i 의 입력플레이스이면.

fMPN: $PA \rightarrow MPN$. 주어진 추상 플레이스가 나타내는 멀티미디어 시나리오의 MPN 모델을 값으로 하는 함수.

PNDT의 토큰도 역시 실수이며, 토큰이 놓인 플레이스에 이르기까지의 경과 시간을 나타낸다. 각 플레

이스에 어떤 토큰이 놓여 있는지를 보이는 벡터를 마킹이라 한다. 그러므로 초기 마킹은 시작 플레이스에만 '0' 토큰을 갖는다. 시나리오의 진행을 시뮬레이션하는 것이 트랜지션의 격발이다. PNDT의 트랜지션 t_i 는 다음과 같은 규칙을 따라 격발한다.

1. 만일 $t_i \in TT$ 이면, MPN의 격발 규칙을 따른다.
2. $t_i \in TT$ 가 아니고 PL의 원소인 $Link_p_i$ 가 t_i 의 입력 플레이스이면 $fP(Link_p_i)$ 를 이용하여 격발될 트랜지션 t_j 를 결정한다.
 - 2.1. If $t_j \in TS$ 이면, $(Link_p_i, t_j)$ 에 매핑된 확률 분포표를 이용하여 경과 시간 $time_i$ 를 구하고, $Link_p_i + time_i$ 를 새로운 토큰으로 한다. 또한 $fMPN(Link_p_i)$ 내의 모든 토큰들을 소거한다.
 - 2.2. If $t_j \in TD$ 이면, PA의 원소인 t_j 의 입력 플레이스 p_i 를 찾아, $fMPN(p_i)$ 의 시작 플레이스에 p_i 의 토큰을 놓고 $fMPN(p_i)$ 로부터 경과 시간 $time_i$ 를 산출하여 이것을 새로운 토큰으로 한다.
 - 2.3. t_j 의 입력 플레이스와 출력 플레이스의 토큰들을 소거하고, 새로운 토큰을 t_j 의 출력 플레이스에 놓는다.

이와같이 PNDT는 place가 데이터 출력을 표현하고, transition이 시나리오 진행을 나타냄으로 시작 place에 토큰 0을 놓고 종료 place에 토큰이 놓일 때까지 몬테칼로 시뮬레이션을 수행함으로써 수행 시간의 예측치를 구할 수 있다.

3. 기대값을 이용하는 방법

본 절에서는 시나리오 수행 시간의 기대값을 구할 수 있는 방법을 소개한다[2]. 이 방법도 [1]의 방법과 마찬가지로 시나리오의 흐름을 페트리넷으로 모델링한다. 그러나 사용되는 페트리넷은 [1]에 소개된 것과 토큰의 구성 및 격발 규칙에서 크게 다르다. 제안된 페트리넷을 HPN(Hypermedia Petri Net)이라 칭한다.

PNDT는 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 고안된 반면, HPN은 기대값을 구할 수 있도록 고안되었다. 그러므로 HPN의 경우에는 플레이스에 감상 시간의 확률분포표가 연합되어 있고, transition에 선택 확률 분포표가 연합되어 있을 뿐만 아니라, 토큰도 역시 확률분포표이다. 이 점을 제외하고는 PNDT와 유사한 점이 많으므로 긴 설명 없이 HPN의 정의를 직접 소개한다. 이 경우에도 하이퍼미디어에서 링크 정보와 멀티미디어 정보를 분리하여 모델링함으로써 멀티미디어 부분을 모델링하기 위한 페트리넷이 필요하다. 이를 MPNDT라고 부르며, MPNDT의 정의는 다음과 같다. $MPNDT = (P, T, F, DT, IM, DT_C, SYN, DT_MAX, DT_MIN)$, 여기에서,

P : 플레이스(원)의 집합을 나타낸다.

T : 트랜지션(직사각형)의 집합을 나타낸다.

$F \subseteq (T \times P) \cup (T \times P)$: 간선(화살표)의 집합.

DT : 확률분포표이며 곱집합, integer \times real in (0,1)의 부분집합. DT의 행은 2개의 요소로 구성된다. 첫 번째 요소는 class interval의 중심값, 두 번째 요소는 첫 번째 요소가 수행시간으로 발생하는 확률임.

IM : F에서 DT로 가는 함수(IM : F \rightarrow DT)이고, IM((p_i, t_i))는 p_i에 해당하는 데이터의 수행시간 확률분포표임.

DT_C : 두 개의 확률분포표를 결합하는 함수(DT_C : (DT \times DT) \rightarrow DT)로, 만약 A, B, C가 DT 이고, (time_a, prob_a) \in A, (time_b, prob_b) \in B, (time_c, prob_c) \in C 이면 DT_C(A, B) = C에서

(time_c, prob_c) = (time_a + time_b, prob_a \times prob_b)이다.

SYN : 트랜지션에서 {OR, AND, MASTER, EX-OR, EX-AND}로 가는 함수이며 SYN(t_i)는 t_i의 진행정책이다.

DT_MAX : S \subseteq {DT \times DT \times ... \times DT} 이고 진행정책이 "OR"일 때 새로운 확률분포표를 생성하는 함수(DT_MAX : S \rightarrow DT)로, 만약 ((time_a, prob_a), (time_b, prob_b), ...) \in S, (time_rk, prob_rk) \in C 이면 DT_MAX(S) = C에서

(time_rk, prob_rk) = (Max(time_a, time_b, ...), prob_a \times prob_b, ...)이다.

DT_MIN : S \subseteq {DT \times DT \times ... \times DT} 이고 진행정책이 "AND"일 때 새로운 확률분포표를 생성하는 함수(DT_MIN : S \rightarrow DT)로, 만약 ((time_a, prob_a), (time_b, prob_b), ...) \in S, (time_rk, prob_rk) \in C 이면 DT_MAX(S) = C에서

(time_rk, prob_rk) = (Min(time_a, time_b, ...), prob_a \times prob_b, ...)이다.

MPNDT의 토큰은 멀티미디어 시나리오에서 토큰이 위치한 지점까지 수행시간 확률분포표를 나타낸다. 각 플레이스에 어떤 토큰이 놓여 있는지를 보이는 벡터를 마킹이라 한다. 그러므로 초기 마킹은 시작 플레이스에만 '0'(수행시간 0, 확률 1)토큰을 갖는다.

MPNDT의 트랜지션 격발 규칙은 다음과 같다.

1. 마킹 M_i에서 p_i에 토큰 Token_i가 놓여 있으면 p_i의 출력간선 (p_i, t_i)는 enabled 되었다고 한다. 이때 출력간선 (p_i, t_i)에 매핑된 확률분포표를 Table_i라 할 때, Rt_Table_i = DT_C(Token_i, Table_i)를 구한다.

2. 트랜지션 t_i는 모든 입력간선 (p_i, t_i)가 enabled 되었을 때 enabled되며, Enabled된 트랜지션 t_i는 격발한다.

3. 격발은 모든 입력 플레이스 p_i에 대하여 1단계에서 구한 Rt_Table_i에 진행정책을 적용하여 구한 새로운 토큰을 t_i의 출력 플레이스에 놓는다.

HPN의 정의는 다음과 같다. HPN = (P, T, A, DT,

SYN, MPNDT, fP, fT, fSYN, fMPNDT), where

P = PT \cup PA \cup PL

PT: Transitive 플레이스의 유한 집합. (HPN의 그림 표현에서는 원으로 표현된다.)

PA: 추상 플레이스의 유한 집합. (HPN의 그림 표현에서는 내부가 칠해진 원으로 표현된다.)

PL: 링크 플레이스의 유한 집합. (HPN의 그림 표현에서는 원으로 표현된다. 출력 간선의 이름이 "L..."로 시작되는 특징이 있다.)

T = TS \cup TD \cup TT where

TS: "...클릭(선택)..."이라는 이름이 붙은 트랜지션.

TD: "Default"라는 이름이 붙은 트랜지션,

TT: 입력 플레이스가 한 개이며, 그것이 PT의 원소인 트랜지션.

트랜지션은 PNDT의 그림 표현에서 box나 bar로 그려지고, 진행 전략을 나타낸다.

A = (P \times T \cup T \times P)의 부분집합.

DT = 확률분포표이며 다음 곱집합의 부분집합이다: integer \times real in (0, 1). DT의 행은 2개의 요소로 구성된다. 첫 번째 요소는 class interval의 중심값이고, 두 번째 요소는 첫 번째 요소가 소요시간으로 발생하는 확률이다.

SYN = MASTER \times PA \cup MASTER \times PL. HPN에서 트랜지션의 진행 전략은 모두 MASTER 임.

MPNDT: 앞에서 정의한 페트리넷의 집합.

fP: PL \rightarrow DT, where fP(Link_place_i) = Link_place_i에 매핑된 링크들의 선택 확률 분포표.

fT: (PL \times T) \rightarrow DT, where fT((Link_place_i, t_i)) = t_i를 선택 할 때까지 걸리는 소요 시간의 확률분포표.

fSYN: T \rightarrow SYN, where

fSYN(t_i) = "MASTER LinkP" if t_i \in TS 이고 연결 플레이스 LinkP가 t_i의 입력 플레이스 이면,

= "MASTER Screen_i" if t_i \in TD 이고 화면 플레이스 Screen_i가 t_i의 입력이면,

= "MASTER p_i" if t_i \in TT이고 p_i가 t_i의 입력플레이스이면.

fMPNDT: PA \rightarrow MPNDT. 주어진 추상 플레이스가 나타내는 멀티미디어 시나리오의 MPNDT 모델을 값으로 하는 함수.

HPN의 토큰은 그 토큰이 생성될 확률을 나타내는 0이상 1이하의 실수와 토큰이 생성될 때까지의 소요 시간의 분포를 나타내는 확률분포표의 두 가지 요소로 구성된다. 각 플레이스에 어떤 토큰이 놓여 있는지를 보이는 벡터를 마킹이라 한다. 그러므로 초기 마킹은 시작 플레이스에만 (1, (0, 1)) 토큰을 갖는다. 여기에서 첫 번째 1은 확률분포표 (0,1)인 본 토큰이

생길 확률이 1임을 나타내고, (0, 1)은 본 토큰이 생성되기까지 소요 시간이 0일 확률이 1임을 나타낸다. 시나리오의 진행을 시뮬레이션 하는 것이 트랜지션의 격발이다. HPN의 트랜지션 t_i 는 다음과 같은 규칙을 따라 격발한다.

1. 트랜지션 t_i 의 모든 입력 장소가 토큰(r_1, tab_1)을 갖고 있을 때 t_i 는 enabled 되었다고 한다. Enabled된 transition, t_i 는 격발할 수 있다. t_i 의 격발은 다음 규칙을 따른다.
2. 만일 $t_i \in TT$ 이면, MPNDT의 격발 규칙을 따른다.
3. $t_i \in TT$ 가 아니고 PL의 원소인 Link $_p$ 가 t_i 의 입력 플레이스이면 $fP(Link_p)$ 를 이용하여 t_i 가 격발될 확률 p_{fi} 를 결정한다.
 - 3.1. If $t_i \in TS$ 이면, (Link $_p$, t_i)에 매핑된 확률 분포표를 tab_i 라 할 때, ($p_{fi}, DT_C(tab_1, tab_i)$)를 새로운 토큰으로 한다. 또한 $fMPNDT(Link_p)$ 내의 모든 토큰들을 소거한다.
 - 3.2. If $t_i \in TD$ 이면, PA의 원소인 t_i 의 입력 플레이스 p_i 를 찾아, $fMPNDT(p_i)$ 의 시작 플레이스에 p_i 의 토큰의 tab_1 을 놓고 $fMPNDT(p_i)$ 로부터 경과 시간 확률분포표 tab_2 를 산출하여 (p_{fi}, tab_1)을 새로운 토큰으로 한다.
 - 3.3. t_i 의 입력 플레이스와 출력 플레이스의 토큰들을 소거하고, 새로운 토큰을 t_i 의 출력 플레이스에 놓는다. 단, 출력 플레이스가 Exit일 때에는 기존의 토큰을 소거하지 않는다.

상기한 격발 규칙에 의하여 Exit에 도달한 토큰을 (p_{fi}, tab_i)라 하면, tab_i 로부터 구한 기대값이 시나리오 감상의 소요 시간이 될 확률이 p_{fi} 라는 의미가 있다. 또한 토큰의 수를 n 이라 하면 n 개의 p_{fi} 의 합은 1이 된다. 그러므로 p_{fi} 를 이용하여 tab_i 의 기대값의 기대값을 구하면 시나리오 감상에 소요되는 시간의 기대값이 된다.

4. 결론

페트리 넷을 이용한 멀티미디어 시나리오 감상에 필요한 시간을 예측하는 방법을 고찰하였다. 추후 연구 계획은 시나리오 감상 시간 예측 에이전트를 구축하는 것이다. 기존의 연구에서 보듯, 감상 시간 예측에 실제 감상에 소요되는 시간의 분포표가 이용된다. 제공되는 정보가 remote site에서 감상될 때에는 예측 불가능한 통신 시간 때문에 정보가 감상되는 remote site에서 감상시간 분포표를 작성하여야 여기에 [1]이나 [2]의 방법을 적용할 수 있다. 그럼으로, 제공되는 정보가 access 될 때마다 그 remote site에서 실제 정보감상에 소요되는 시간으로부터 감상 시간 분포표를 작성하여 주는 에이전트를 구축하는 것이 향후 연구

과제이다.

5. 참고문헌

- [1] 임재걸, 이계영, "페트리 넷을 이용한 하이퍼미디어 시나리오 수행 시간 예측," (Estimation of the Time to Execute a Hypermedia Scenario Using Petri Net), 정보처리논문지, 5권, 5호, 1998년 5월, pp. 1119-1129.
- [2] 임재걸, "기대값을 이용한 하이퍼미디어 시나리오 수행 시간 예측 방법," 한국정보처리학회, 1998년 추계학술발표대회, 1998년 10월 16-17일, 경희대학교 (수원캠퍼스)
- [3] T. Murata, "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications," *Proceedings of the IEEE*, Vol 77, No 4, April 1989.