

페트리 넷을 적용한 위치기반 서비스 시스템의 타당성 분석

임 재 걸* · 주 재 훈** · 남 윤 석***

A Feasibility Analysis of Location-Based Service Systems Applying Petri net

Jae-Geol Yim* · Jae-Hun Joo** · Yoon-Suk Nam***

Abstract

Recently, location-based service (LBS) is a hot issue in the field of computer applications. So many papers introducing new techniques of implementing a LBS and new application fields of LBS have been published recently. However, to the best of our knowledge, none of them discusses feasibility test in the prior to the implementation. The importance of a feasibility test for a design prior to the implementation cannot be overemphasized. This paper presents a method of feasibility test for a LBS design.

Our method performs three steps. At the first step, we build a Petri net model of the LBS system which is depicted in natural language. The second step is to analyse the Petri net to find errors and flaws in the design. We also improve the Petri net model by fixing the errors and flaws in this step. A feasibility test is the third and final step. In this step, we verify if the design satisfies the user's requirement in the senses of quality of service (QoS) and of minimizing the implementation cost. The third step is performed in the manner of mathematical analysis of the Petri net.

Keywords : Location-based Service, LBS, Petri Net, Feasibility Analysis, System Analysis, Modeling

논문접수일 : 2005년 1월 17일 논문게재확정일 : 2005년 2월 20일

* 동국대학교 공학대학 컴퓨터멀티미디어학과 교수

** 동국대학교 상경대학 전자상거래학과 교수

*** 동국대학교 공학대학 정보통신공학과 조교수

1. 서 론

위치기반 서비스(Location Based Services : LBS)란 사용자가 지정한 지리적 위치나 혹은 현재 사용자가 있는 지리적 위치를 고려하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 서비스이다. 여기에서 지리적 위치란 위도와 경도로 결정되는 지구상의 2차원적인 좌표나 위도와 경도 및 고도로 결정되는 3차원적인 좌표를 일컫는다. 근래에 무선이동 단말기를 통하여 사용자에게 다양한 위치기반 서비스가 제공되고 있다[ETSI GSM 03.71, 2000]. 이들 위치기반 서비스는 일반적으로 사용자에게 매우 유용한 정보를 제공할 수 있기 때문에 시스템 개발이 활발히 진행되고 있다. 그러나 현재까지 개발된 시스템의 의도했던 서비스를 제대로 제공하고 있는지에 대한 객관적인 분석은 이루어지지 않고 있다.

Krishnamurthy[2002]는 단문서비스(Short Message Service)를 이용한 위치기반 서비스 시스템에 대한 접근 방법을 소개하고 이 방법의 장단점을 HTTP 방법과 비교하였다. Virrantaus et al.[2001]은 GIS(Geographic Information Systems)에 저장된 데이터가 LBS 환경에서 어떻게 사용되는가 알아보고 GIS의 특성을 분석한 다음, LBS의 요구사항과 이들과의 관계를 파악하고, 이를 바탕으로 구축한 LBS 시제품을 소개한 바 있다. Hartigan[2002]은 항해 중인 선박에 매우 정확한 기상예측을 1998년 이래 제공하여 온 MNS(Maritime Nowcasting Service)라고 불리는 상용시스템이 어떻게 콘텐츠를 저장하고 제공하며, 모델로부터 구한 기상예측과 실측 간에 차이가 있을 때 어떤 기술을 이용하여 조화를 이루는지, 고객의 프로파일을 어떻게 관리하는지 등을 소개하였다. Koo and Rosenberg[2003]는 퍼듀(Purdue) 대학에 구축된 LBS의 하나로 사용자에게 가장 가까운 프린터의 위치

를 안내하고 그 프린터를 이용하여 프린트를 할 수 있는 서비스를 제공하는 원격 프린트 서비스라는 시스템의 구축 사례를 소개하였다.

어떤 방법이든 초기단계에 도메인을 정형적으로 표현하여 수학적인 타당성을 분석한 후 LBS 시스템을 개발하는 것이 중요하다. 왜냐하면 시스템을 개발하여 실행한 후에 그 시스템이 유용하지 않거나 효율적이고 효과적이지 못한 것으로 밝혀지면, 이미 투자한 거대한 비용은 쓸모가 없어지기 때문이다. 그러나 개발 초기에 도메인을 분석하여 수학적으로 LBS 시스템의 타당성을 분석해 볼 수 있는 방식에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 이는 지나치게 새로운 시스템 개발에만 역점을 두었기 때문인 것으로 보인다.

초기 단계에 LBS 시스템에 대한 정확한 분석을 수행할 수 있다면 시스템 수명주기 전체에서 효율성과 효과성을 높일 수 있기 때문에 시스템 개발에 앞서 그 타당성을 분석하는 것은 대단히 중요하다. 따라서 본 논문에서는 페트리 넷(Petri net)이라는 수학적이며 시각적이기도 한 모델링 도구를 이용하여 LBS 시스템 개발의 타당성을 분석하는 방법을 제안한다.

시스템의 명세를 기술하기 위한 도구로 자연어, 의사언어, 프로그래밍 언어 등이 적용될 수 있다. 그러나 자연어는 누구나 사용하기 쉽고 이해하기 쉽지만 자연어에 내재된 모호성을 해결하기 어려운 단점이 있다. 프로그래밍 언어로 표현된 시스템 명세는 프로그램 수행으로 타당성 검사가 쉽지만, 너무 세세하여 전체적인 구성을 이해하기가 힘들다.

본 논문에서는 자연어로 묘사된 전통적인 위치기반 서비스 시스템을 페트리 넷으로 모델링하여 이를 분석함으로써 다양한 위치기반 서비스 시스템 분석에 페트리 넷 방법이 적용될 수 있음을 나타내 보이고자 한다. 또한 LBS 시스

템의 개발에 앞서 사전에 시스템의 성능 및 서비스 수준을 분석하여 시스템의 문제점을 사전에 찾아낼 수 있음을 제안하고자 한다.

위치기반서비스 시스템의 타당성 분석에 대한 선행 연구는 없지만, 타당성 분석을 위한 일반적인 방법론, 즉 분석 팀을 어떻게 구성하여, 어떤 항목에 대한 조사를 하고, 어떤 정보를 추출해야 한다는 일반적인 방법론이 Khoong and Ku[1994]에 소개되었다. 이러한 연구는 타당성 분석의 일반적인 방법론을 제시하지만 본 논문이 제시하는 바와 같은 수학적 방법이 아니라는 점이 크게 다르다. 본 논문은 수학적 방법을 사용하여 분석 결과가 하나의 식으로 일목요연하게 나타난다. 또한 결과식의 구성 요소들이 시스템을 구성하는 요소들의 성능을 나타내는 변수의 형태임으로 변수에 다른 값을 대입하여 시스템을 최적화하는 변수 값을 쉽게 구할 수 있는 장점이 있다.

특정 분야에 대한 타당성 분석 방법으로 Cho and Kim[2001]는 실시간 이산 사건 시스템의 명세가 주어질 때 스케줄을 작성하는 정책과 그 정책의 타당성을 분석하는 방법을 소개하였으며, Bowers[1996]는 자유 비행하는 여러 대의 비행기들이 충돌하지 않도록 비행 스케줄의 타당성을 검사하는 방법을 소개한다. 또한, Manabe and Aoyagi[1995]는 주기적인 실시간 시스템의 타당성 검사에 대한 연구를 소개한다. 이러한 방법들은 주어진 하나의 기준을 만족하는지 판단하는데 연구의 초점을 두고 있다. 예를 들면, 비행 스케줄이 충돌을 일으키지는 않는지, 혹은 실시간 시스템에서 반응 시간이 제한 시간을 넘기지 않는지 판단하는 것이 주목적이다. 이에 반하여, 본 논문이 제공하는 방법은 시스템이 주어진 기준을 만족하는지를 판단할 뿐 아니라, 주어진 조건을 만족할 경우에는 시스템 설비 비용을 절감하는 방안을 제시하고, 만족하지 못

할 경우에는 시스템의 병목을 분명히 밝힘으로써 최소의 비용으로 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 방안까지 제시하는 장점이 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 서론에 이어 2장에서는 페트리 넷과 전통적 위치기반 서비스 시스템에 대하여 소개한다. 3장에서는 자연어로 묘사된 시스템 설계를 페트리 넷으로 모델링하여 시스템의 타당성을 분석한다. 끝으로 4장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

2. 선행연구

2.1 페트리 넷의 정의 및 예

페트리 넷은 1962년에 처음 소개된 이후 시스템 성능 테스트와 통신 규약의 일관성 및 타당성 테스트 등의 분야에 성공적으로 사용되었으며, 분산소프트웨어시스템, 분산데이터베이스시스템, 병렬시스템, 유연생산시스템, 이산적 사건 시스템, 컴파일러와 운영체제 시스템, 사무자동화보시스템, 형식언어, 논리 언어 등의 모델과 분석에 알맞은 도구로서 각광을 받고 있다. 이와 같이 페트리 넷을 이용한 연구들이 활발히 진행되는 이유는 페트리 넷 모형을 구축하기가 용이하고 구축된 모형을 분석하는 수학적 방법이 널리 연구되었기 때문이다.

페트리 넷의 정의는 <표 1>과 같으며[Murata, 1989], 페트리 넷의 역동적 성질에 대해서 모의 실험을 가능케 하여 주는 변천 격발의 정의는 다음과 같다.

- (1) 하나의 변천 t 에 대하여, 입력 장소 p 가 최소한 $W(p, t)$ 만큼의 토큰을 갖고 있으면, t 는 장전되었다고 한다.
- (2) 장전된 t 는 격발될 수도 있고, 아니 될 수도 있다.
- (3) t 의 격발은 $W(p, t)$ 만큼의 토큰을 각 입력

장소 p에서 제거하고, $W(t, p)$ 만큼의 토큰을 각 출력 장소에 더하여 준다.

<표 1> 페트리 넷의 정의

페트리 넷 N은 5가지 요소로 구성된다. $N = (P, T, F, W, M_0)$, 단,
 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 은 장소(place)라는 유한 집합,
 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ 은 변천(transition)이라는 유한 집합,
 F : 유향간선이라는 $(P \times T)$ 와 $(T \times P)$ 의 합집합의 부분집합,
 $W: F \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ 는 유향간선의 가중치를 결정하는 함수,
 $M_0: P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ 은 초기에 각 장소에 놓인 토큰의 수를 표현하며, 초기 마킹(marking)이라고 함.
 단, P와 T의 교집합은 공집합이고, P와 T의 합집합은 공집합이 아님.

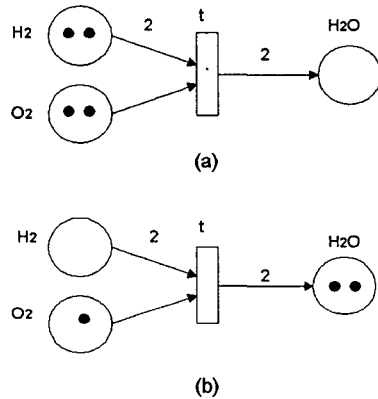
페트리 넷의 예(PN)로 다음을 들 수 있다:

$P = \{H_2, O_2, H_2O\}$,
 $T = \{t\}$,
 $F = \{(H_2, t), (O_2, t), (t, H_2O)\}$,
 $W((H_2, t)) = 2, W((O_2, t)) = 1, W((t, H_2O)) = 2$,
 $M_0(H_2) = 2, M_0(O_2) = 2, M_0(H_2O) = 0$.

페트리 넷은 보통 그림으로 표현되는 데 위와 같이 정의된 PN의 그림 표현은 <그림 1>과 같다. 이 페트리 넷은 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ 라는 화학적 반응을 나타내는 페트리 넷이다. 화학 변화는 변천 t로 표현되고, H_2, O_2, H_2O 의 사용되는 분자의 이름은 장소의 이름으로 나타나며, H_2 두 분자와 O_2 한 분자가 사용되어 H_2O 두 분자를 생성한다는 사용되는 분자의 수와 생성되는 분자의 수는 유향간선의 가중치로 표현된다. 장소 H_2 와 O_2 각각에 놓인 두개의 까만 점(토큰)은 현재 H_2 와 O_2 두 분자씩이 있음을 보인다. 각 장소에 충분한 수의 토큰이 존재함으로 격발이 가능하다. 격발 결과 주어진 페트리 넷의 토큰은 <그림 1>의 (b)와 같이 놓이게 되

며, 화학 반응 결과 H_2O 가 한 분자 생기고 O_2 한 분자가 남았음을 보인다.

페트리 넷의 토큰은 일률적으로 까만 점이기에 때문에 다양한 유형의 토큰을 나타내려고 하면 그래프가 매우 복잡하게 된다. 이러한 문제점을 완화하기 위하여 토큰에 이름을 줄 수 있도록 변화한 페트리 넷을 색깔 페트리 넷(colored Petri net)이라 한다. 색깔 페트리 넷을 직관적으로 설명하기 위하여 <그림 2>와 같은 예를 소개한다.

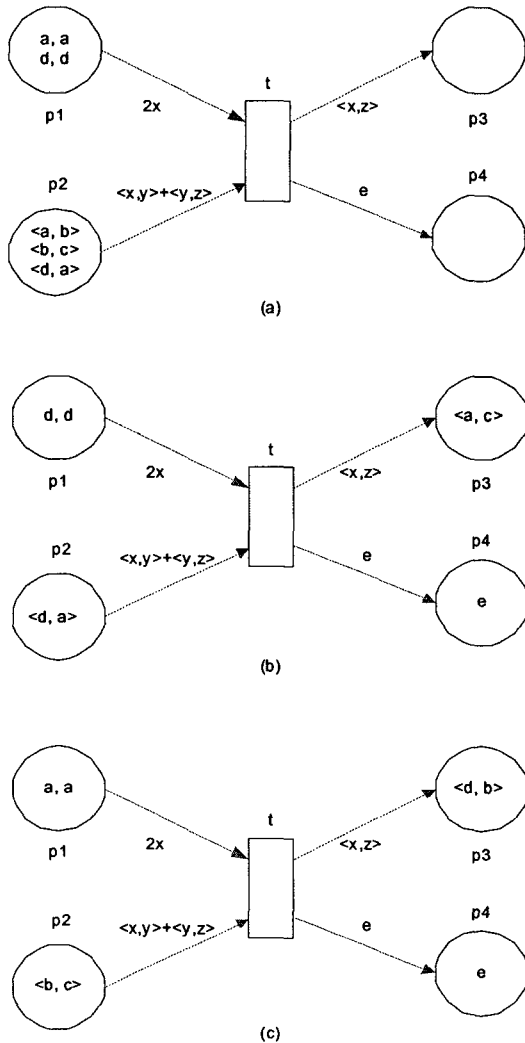


<그림 1> 페트리 넷의 예

<그림 2>(a)는 색깔 페트리 넷의 예이고, <그림 2>(b)와 <그림 2>(c)는 격발 결과를 보인다. <그림 2>(a)의 p_1 에는 이름이 a인 토큰이 2, d인 토큰이 2개 있다. p_2 에는 <a, b>라는 토큰, <b, c>라는 토큰, 그리고 <d, a>라는 토큰이 각각 하나씩 있다. 간선 (p_1, t) 에는 $2x$ 라는 레이블이 붙어 있는데, 변수 x는 상수로 대체될 수 있다. 이 예에서는 x가 a 혹은 d로 대체될 수 있다. 간선 (p_2, t) 의 레이블은 $\langle x, y \rangle + \langle y, z \rangle$ 이다. 변수의 영역(scope)은 변천이기 때문에, $2x$ 의 x가 a로 대체되었다면 $\langle x, y \rangle$ 의 x도 역시 a로 대체되어야 한다.

<그림 2>(b)는 $\{ax, by, cz\}$, 즉 x, y, z가 각각 a, b, c로 대체되었을 경우, 변천 t의 격발

결과 a 2개가 p₁에서, <a, b>와 <b, c>가 p₂에서 제거되고, <a, c> 하나가 p₃로 e 하나가 p₄로 삽입된 것을 보인다. <그림 2> (c)는 {d|x, a|y, b|z}, 즉 x, y, z가 각각 d, b로 대치되었을 경우, <그림 2>(a)에서 변천 t의 격발 결과를 보인다.



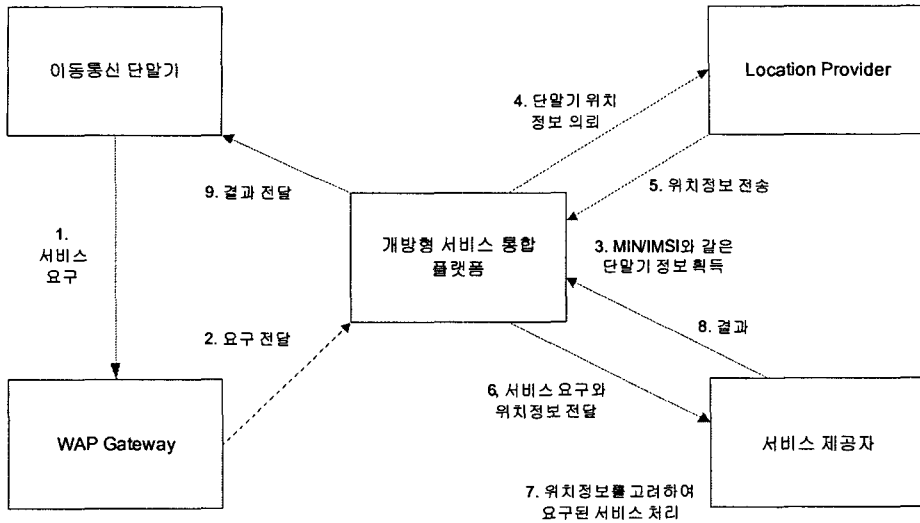
<그림 2> 색깔 페트리 넷의 예 : (a)는 격발 전, (b)는 대치를 {a|x, b|y, c|z}으로 하였을 경우 격발 결과, (c)는 대치를 {d|x, a|y, b|z}로 하였을 경우 격발 결과

토큰이 이름을 갖게 됨에 따라, 토큰을 유형별로 분류하는 것이 가능하게 되었다. 토큰 유

형의 예를 들면 정수, 실수와 같은 기본유형 외에 원소-나열 유형(enumeration), 기존의 유형들의 곱집합으로 구성되는 순서쌍 유형, 등이 있을 수 있다. 장소에는 그 장소에 놓이는 것이 허용된 토큰 유형이 지정될 수 있다. 또한 간선의 레이블이나 변천에 토큰을 생성하는 함수를 연합시키는 것도 가능하다. 더 나아가서 장소, 간선, 변천에 시간을 연합시켜 토큰이 처리되는데 걸리는 시간을 기록하는 것도 가능하다. 색깔과 시간이 모두 지원되는 페트리 넷을 본 논문에서는 사용한다.

2.2 전통적 위치기반 서비스 시스템

Krishnamurthy[2002]에 의하면 전통적인 HTTP/XML 방식의 위치기반 서비스 시스템의 구성은 <그림 3>과 같다. 서비스 제공자(Contents Provider)는 일반적으로 서비스 포털 사이트를 운영한다. 사용자는 이 포털 사이트의 URL을 알고, 브라우저를 사용하여 이곳에 접근한다. 포털 사이트의 웹 페이지는 WAPG(Wireless Application Protocol Gateway)의 도움을 받아 사용자 단말기에 출력된다. 사용자는 웹 브라우저의 메뉴를 선택하여 서비스를 요청한다. 사용자에게 서비스를 제공하려면 사용자의 위치 정보를 반드시 알아야 한다. 게이트웨이는 사용자가 요구한 명령을 응용 개발 플랫폼인 개방형 서비스 통합 플랫폼(이하 통합플랫폼이라 함)에 전송한다. 통합플랫폼은 사용자 요구로부터 MIN/IMSI(Mobile Identification Number/International Mobile Subscriber Identification)와 같은 이동단말기의 정보를 얻는다. 그리고 위치제공자(Location Provider)로부터 단말기의 위치 정보를 얻는다. 이 위치정보를 가지고 통합플랫폼은 서비스 제공자로부터 필요한 데이터를 얻는다. 그리고 이 정보를 사용자 단말기에 전달한다.



〈그림 3〉 전통적인 위치기반 서비스 시스템의 구성

3. 모델링 및 타당성 분석

3.1 페트리 넷으로의 모델링

〈그림 4〉는 〈그림 3〉을 바탕으로 CPN-Tools 로 구현한 페트리 넷 모형이고, 장소의 데이터 유형은 〈표 2〉와 같이 정의된다. CPN-Tools는 페트리 넷 모형을 구축하기 위한 편리한 환경을 제공하는 시각적인 도구이며, 사용 방법은 여타의 시각적인 도구와 같이 직관적이다. 단, 페트리 넷에서 사용되는 기본적인 용어와 개념에 대한 사전 지식이 필요하다. CPN-Tools는 모델 구축 환경 제공뿐 아니라 시뮬레이션 실행 기능과 간단한 모델 분석 기능도 제공한다.

〈표 2〉에서 E는 무색 토큰(colorless token)을 나타내기 위한 데이터 유형, MS(Mobile Station)는 이동통신 단말기를 의미, RES는 서비스 제공자가 제공하는 질의에 대한 결과, M은 메뉴, LocInt는 위치를 나타내는 정수, MSXM은 MS와 M으로 생성될 수 있는 순서쌍을 나타내며, 마찬가지로 나머지 데이터 유형의 이름에 사용된 X는 순서쌍을 의미

한다. var는 변수를 정의한다는 의미의 예약어다. 한편, 간선의 레이블(inscription)에 보이는 함수 ran()은 무작위수(random number) 생성 함수이다.

3.2 페트리 넷 분석을 통한 수정 모형

자연어 설명에는 단말기가 하나인지 여러 개인지 명시되어 있지 않다. 페트리 넷 모형에 초기 마킹을 설정하지 않으면 시뮬레이션 실행 시 모든 변천이 격발 불가능하여, LBS 시스템이 죽어 있는 상태임을 반영함으로 자연어 표현에 가입자의 수에 대한 언급이 빠져있음을 발견하게 된다. 사용자가 선택할 수 있는 메뉴의 가지가 여러 개임을 페트리 넷에서는 무작위 수 생성 함수(random function)로 나타냈다. 자연어 설명에 이동단말기와 WAPG가 무선통신으로 연결되었다고 명시되어 있음으로 페트리 넷 모형에도 WAPG의 도움으로 이동단말기의 id(고유번호)와 menu(메뉴)가 통합 플랫폼에 도착한다고 묘사하였다. 또한 통신 지연 시간을 명시하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

to MS'의 격발 조건으로 표시하였다. 결과적으로 <그림 4>는 변천 'Back to MS'가 격발 불가능(dead)하게 되어, 시스템에 결함이 있다는 것을 알 수 있게 된다. 이점을 수정하기 위하여, 이동세계와 인터넷 세계의 다리 역할을 하며 무선 마크업 언어(WML : Wireless Markup Language) 페이지로 코드화하는 일, 사용자 인증, WML 스크립트를 컴파일 하는 일 등을 수행하는 WAPG를 통하여 결과가 사용자에게 전달되도록 수정해야 한다는 것을 알 수 있다. 수정 사항을 반영하여 <그림 4>를 개선한 페트리 넷 모형이 <그림 5>에 보인다. <그림 5>에서 @+DEL()의 @은 시물레이션 세계의 현재 시각, DEL()은 전송 지연시간을 나타내기 위한 수를

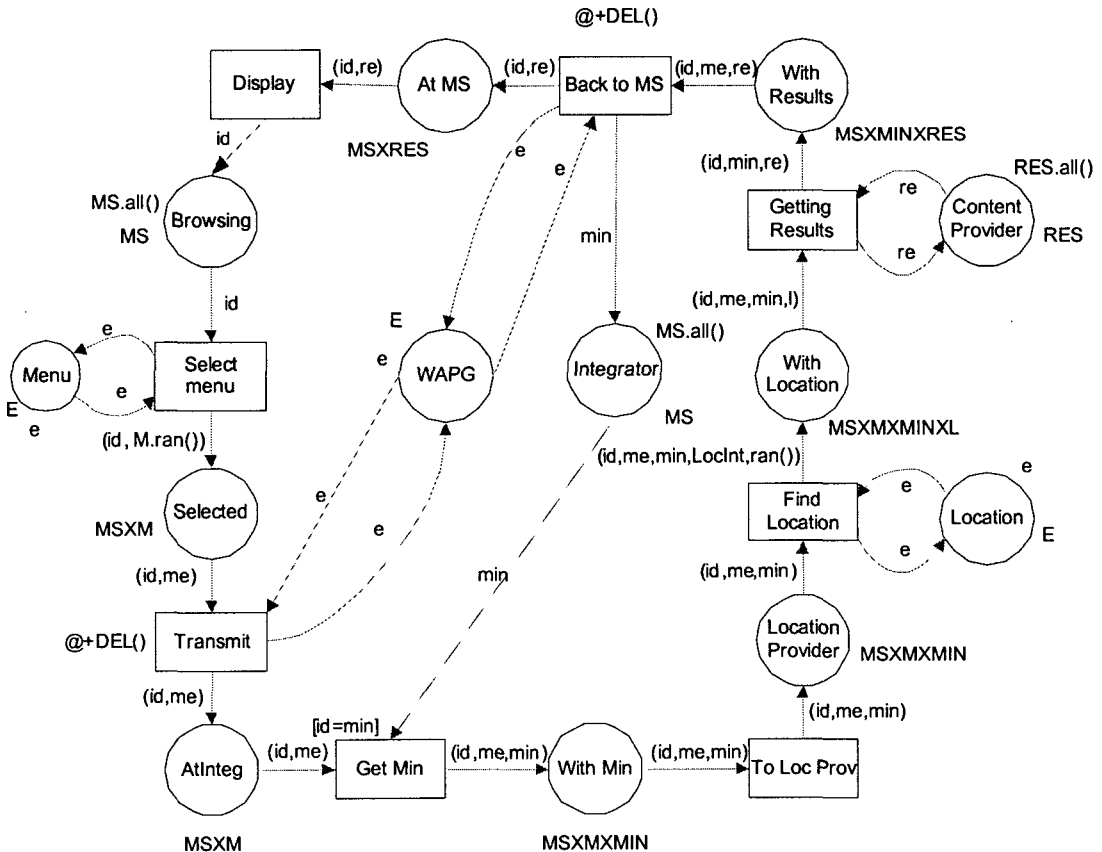
구하는 무작위수 생성 함수다. 이 함수의 정의는 <표 3>과 같다.

<표 3> <그림 5>의 선언(declaration)의 일부

```

...
color NetDelay = int with 25.75 ;
fun DEL() = NetDelay.ran() ;
    
```

<그림 5>에는 Krishnamurthy[2002]에 소개된 자연어 기술에 충실하기 위하여 MIN을 통합플랫폼이 제공하는 것으로 표현하였지만, 실제로는 MIN은 단말기의 고유번호로 통합플랫폼으로 전송하는 메시지에 MIN 정보가 포함되는 것이므로 <그림 6>에는 장소 'Service Ne-



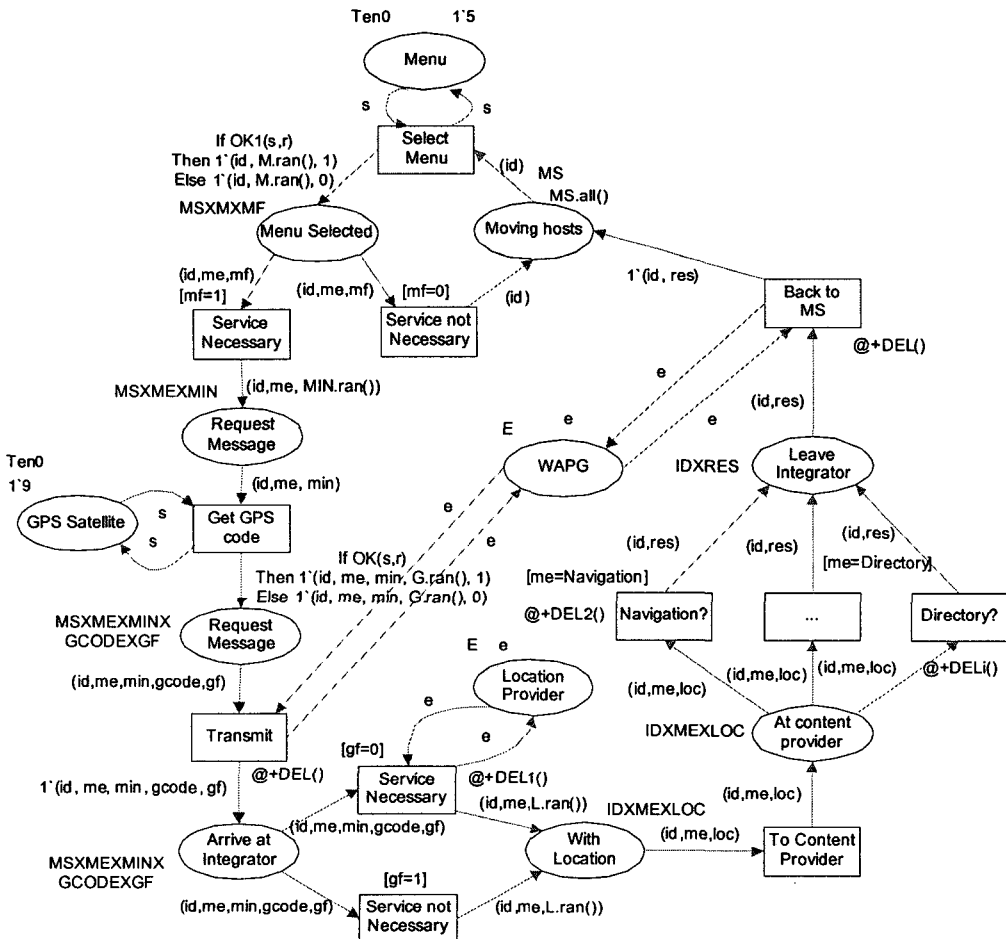
<그림 5> 1차 개선된 페트리 넷 모형

cessary'와 변천 'Request Message'를 연결하는 간선의 레이블에 MIN 값을 부가하는 함수를 첨가하였다.

<그림 5>에는 LBS를 요구하는 모든 메시지에 대하여 위치제공자(Location Provider)의 서비스를 요구함으로써 사용자의 위치를 파악하는 것으로 되어 있다. 그러나 실제로는 GPS 수신 장치를 장착한 단말기와 그렇지 않은 단말기가 있어서, 전자에는 단말기로부터 들어오는 LBS를 요구하는 메시지에 단말기의 위치가 포함되고, 그렇지 않은 경우에만 위치제공자의 서비스를 요구하게 된다. 서비스의 질을 예측하려

면, 위치제공자의 처리 시간을 고려해야 함으로, GPS 사용 단말기와 그렇지 않은 단말기의 비율을 시스템 설계에 반드시 반영하여야 한다. <그림 6>에는 GPS 사용자를 90%로 하였으며, 이는 변천 'Get GPS code'에 반영되어 있다.

<그림 6>에 반영된 나머지 시나리오를 간단히 설명하면 다음과 같다. 메시지가 통합플랫폼에 도착하면, 위치제공자의 도움을 받을 것인지 아닌지를 판단하여 위치정보를 확보한 다음, 콘텐츠 제공자에게 메뉴에서 선택된 명령과 사용자 위치를 보낸다. 콘텐츠 제공자는 사용자가 원하는 서비스가 항법 서비스, 게이트웨이 서비



<그림 6> 2차 개선된 페트리 넷 모형

〈표 4〉 〈그림 6〉의 Declaration의 일부

```

color Ten1 = int with 1..10 ;
color Ten0 = int with 0..10 ;
var s : Ten0 ; var r : Ten1 ;
fun OK1(s : Ten0, r : Ten1) = (r<=s) ;
...
color NetDelay = int with 25..75 ;
fun DEL() = NetDelay.ran() ;

```

스, 디렉터리 서비스 등을 판단하여 필요한 정보를 구성한 다음, WAPG의 도움을 받아 이동 단말기로 전송한다.

3.3 처리시간 분석

LBS 시스템의 목적은 사용자의 위치를 고려한 유용한 각종 정보를 사용자에게 정확하게 제공하는 것이다. 그런데 대부분의 LBS 사용자는 이동단말기를 휴대하고 계속 움직이고 있기 때문에, LBS 시스템 분석에서 가장 중요한 것은 사용자의 위치를 고려한 정보가 얼마나 신속하게 사용자의 단말기에 전달되는가이다. 예를 들어, 가입자의 수가 n 이고, 사용자가 시속 30km의 속도로 움직일 때, “10m 전방에서 좌회전하시기 바랍니다.”라는 안내를 하려면 LBS 시스템은 적어도 1초 이내에 n 사용자의 위치 파악, 콘텐츠 제공자의 처리 과정, 단말기에게 결과 메시지 송신 등을 모두 끝내야 한다.

시간 페트리 넷(Timed Petri Net)에서 초기 마킹으로부터 시작하여 모든 변천을 최소 한번 이상 격발하고 초기 마킹으로 다시 돌아오는데 소요되는 최소시간을 최소 사이클 시간(Minimum Cycle Time)이라고 하며, 이것을 찾기 위한 수식이 Murata[1989]에 소개되었다. 최소 사이클 시간이 바로 n 개의 이동물체를 한번 서비스하는데 소요되는 시간에 해당하므로, 이 방법을 적용하여 〈그림 6〉의 최소 사이클 시간을 찾고자 한다. 이 방법은 시간 페트리 넷에 적용

되는 방법이므로 〈그림 6〉을 우선 〈그림 7〉과 같이 시간 페트리 넷으로 변형한다.

〈그림 6〉의 장소 Menu와 변천 'Select Menu'는 셀프-루프(self-loop)이다. 셀프-루프는 인접 행렬 표현이 불가능하므로 〈그림 7〉에는 여벌의 변천과 장소를 첨가하여 셀프-루프를 해소시킨다.

〈그림 7〉의 초기마킹은 다음과 같다 :

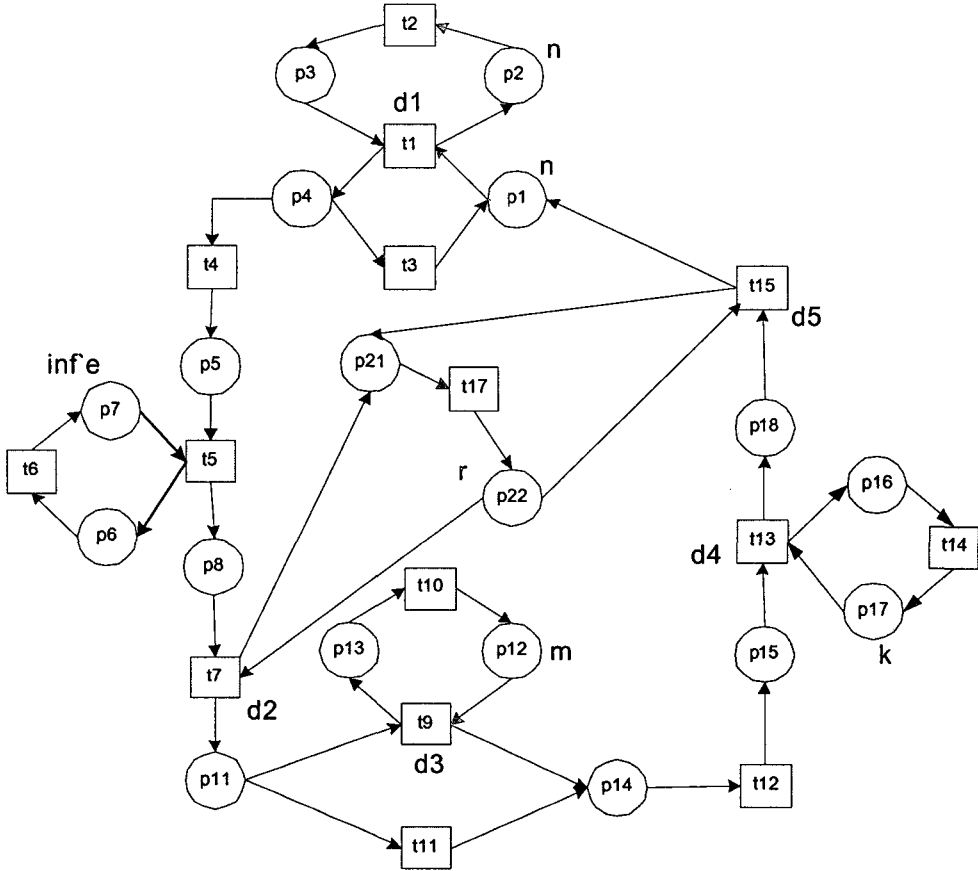
$p1 : n, p2 : n, p7 : \text{무한}, p10 : \text{무한}, p12 : m,$
 $p17 : k, p20 : \text{무한}, p22 : r, \text{나머지} : 0.$

$p1$ 의 n 은 가입자 수, $p2$ 의 n 은 가입자마다 메뉴 선택이 가능하게 하기 위한 토큰 수, 무한 토큰은 자원이 충분하다는 것을 의미한다. 예를 들어, $p7$ 의 무한 토큰은 GPS 위성에서 발신되는 신호가 항상 사용 가능하다는 것을 의미한다. $p12$ 의 m 은 위치제공자의 처리장치 수이다. 처리 장치의 수를 증가시키면 위치제공자의 처리 속도가 증가하는 효과를 낳는다. $p17$ 의 k 는 콘텐츠 제공자의 처리장치 수를 나타낸다. 위치 제공자의 경우와 마찬가지로 처리 장치의 수가 증가하면 콘텐츠 제공자의 처리 속도도 빨라진다. $p22$ 의 k 는 무선통신 에이전트의 수이다. 에이전트의 수가 많으면 동시에 통신 할 수 있는 사용자의 수가 증가한다.

각 변천의 처리 시간은 다음과 같다 :

$t1 : d1, t7 : d2, t9 : d3, t13 : d4, t15 : d5,$
 나머지는 0.

$d1$ 은 사용자가 단말기 메뉴에서 명령을 선택하는데 소요되는 시간, $d2$ 는 요구 메시지가 통합 플랫폼에 전송되는데 걸리는 지연시간, $d3$ 는 위치제공자의 처리 시간, $d4$ 는 콘텐츠 제공자의 처리 시간, $d5$ 는 결과가 사용자에게 전송되는데 걸리는 소요시간, 나머지 처리 시간은 무시할 만큼 짧은 시간이므로 0으로 한다. 콘텐츠 제공



〈그림 7〉 〈그림 6〉을 변형하여 얻은 시간 페트리 넷

자의 처리 시간은 콘텐츠 유형에 따라 달라진다. 본 모형에서는 변수 d4를 사용하는데, 이 변수는 여러 가지 유형의 평균 처리 시간이나 혹은 최악의 경우의 처리 시간으로 대입될 수 있다.

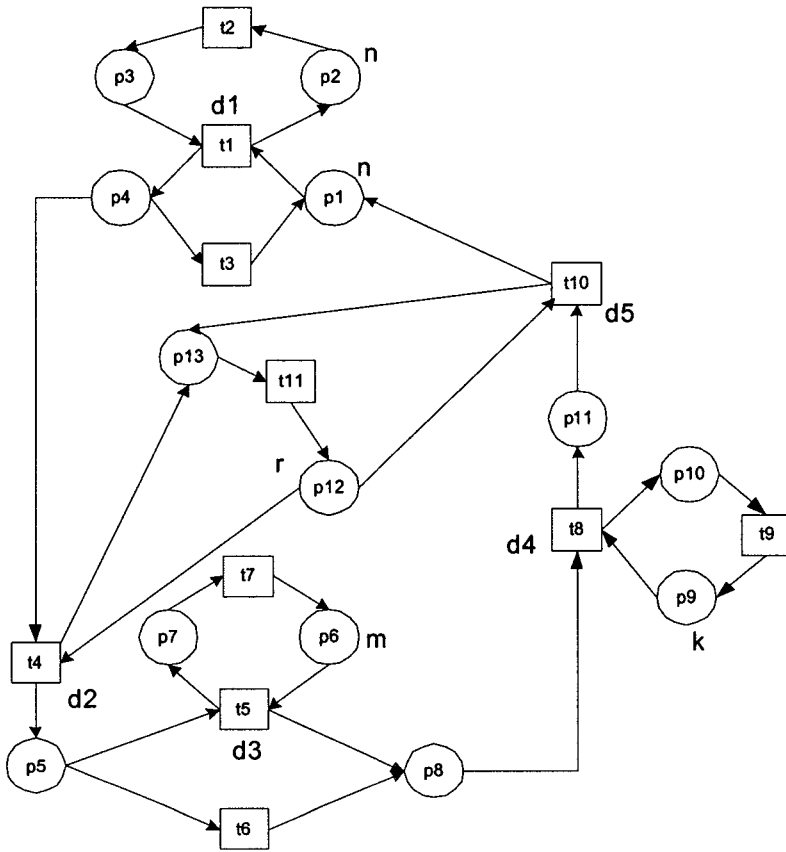
LBS 시스템의 서비스의 질은 시스템의 처리 시간에 의하여 좌우된다. 따라서 본 논문은 시스템의 처리 시간을 분석하려고 한다. 시간 분석에서 소요 시간이 0이고, 항상 격발이 가능한 변천들은 통합이 가능하다. 예를 들어, p4, t4, p5, t5, p7, p6, t6, p8은 모두 통합되어 하나의 장소로 표현되어도 처리 시간에 아무런 영향을 미치지 않는다. 비슷한 방법으로 p14, t12, p15도 통합시킨다. 한편, p10과 p20에는 무한 토큰이 들어 있음으로 변천 격발에 아무런 영향을

미치지 않으므로 제거한다. 통합 과정을 거친 결과 〈그림 8〉을 얻는다.

〈그림 8〉의 페트리 넷을 행렬로 표기하면 A와 같다. $A^T x = 0$ 을 만족하는 벡터를 T-불변(T-invariant)이라 하며, 각 트랜지션을 T-불변의 해당 항만큼 격발하면 본래의 마킹으로 돌아오는 성질이 있다. 〈그림 8〉의 경우에는 다음과 같은 T-불변들이 있다.

$$\begin{aligned} & (1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)^T, \\ & (1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 2)^T, \\ & (1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 2)^T. \end{aligned}$$

T-불변의 합도 역시 T-불변임으로, 다음과 같은 벡터 x도 역시 T-불변이다.



<그림 8> 통합 결과

$$x = (4 \ 4 \ 2 \ 2 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 4)^T \quad (1)$$

식 (1)의 의미는 t1을 4회 격발하고, t2를 4회 격발하고, ..., t10을 4회 격발함으로써, 모든 변천들을 빠짐없이 격발하고 원래의 마킹으로 되 돌아오는 격발순서가 있다는 것이다.

한편, $Ay=0$ 을 만족하는 벡터 y 를 S-불변 (S-invariant)이라고 한다. 즉, 초기 마킹 M_0 으로부터 도달 가능한 임의의 마킹 M_i 에 대하여 다음 성질이 만족한다.

$$y^T M_i = y^T M_0 \quad (2)$$

$$A = \begin{matrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \\ t_7 \\ t_8 \\ t_9 \\ t_{10} \\ t_{11} \end{matrix} & \begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

<그림 8>에 대한 S-불변은 다음과 같다:

$$\begin{aligned} y_1^T &= (0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0), \\ y_2^T &= (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1), \\ y_3^T &= (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0), \\ y_4^T &= (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0), \\ y_5^T &= (1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0). \end{aligned} \quad (3)$$

따라서 최소 사이클 시간은 다음 식을 만족한다.

$$\text{최소 사이클 시간} = \text{Max} \{y_k^T(A^-)^T D x / y_k^T M_0\} \quad (4)$$

<그림 8>의 경우, x는 식 (1)에 주어진 T-불변, y_k는 식 (3)에 주어진 다섯 개의 S-불변, A⁻ = [a_{ij}]_{n×m}, with a_{ij}⁻ = w(P_j, t_i), 대각행렬 D = d_i, i = 1, 2, ..., n, 그리고 초기 마킹 M₀은 다음과 같다:

$$M_0 = (n \ n \ 0 \ 0 \ 0 \ m \ 0 \ 0 \ k \ 0 \ 0 \ r \ 0),$$

n은 이동물체의 수, r은 무선통신 에이전트의 수, m은 위치제공자의 처리장치 수, k는 콘텐츠 제공자의 처리장치 수를 의미한다. <그림 8>의 다섯 S-불변 각각에 대한 식 (4)의 분모를 구하면 다음과 같다.

$$y_1^T M_0 = n, \ y_2^T M_0 = r, \ y_3^T M_0 = m, \\ y_4^T M_0 = k, \ y_5^T M_0 = n.$$

<그림 8>의 행렬 A⁻는 다음과 같다:

$$A^- = \begin{matrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \\ t_7 \\ t_8 \\ t_9 \\ t_{10} \\ t_{11} \end{matrix} & \begin{bmatrix} +1 & 0 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & +1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

또한 지속시간 행렬 D는 다음과 같다:

$$D = \begin{matrix} & t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 & t7 & t8 & t9 & t10 & t11 \\ \begin{matrix} t1 \\ t2 \\ t3 \\ t4 \\ t5 \\ t6 \\ t7 \\ t8 \\ t9 \\ t10 \\ t11 \end{matrix} & \begin{bmatrix} d1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

따라서, (A⁻)^TD의 결과는 다음과 같다

$$(A^-)^T \cdot D = \begin{matrix} & t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 & t7 & t8 & t9 & t10 & t11 \\ \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \\ p4 \\ p5 \\ p6 \\ p7 \\ p8 \\ p9 \\ p10 \\ p11 \\ p12 \\ p13 \end{matrix} & \begin{bmatrix} d1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ d1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

결과적으로, (A⁻)^TD x = (4d₁ 0 4d₁ 2d₂ d₃ d₃ 0 2d₄ 2d₄ 0 2d₅ 2(d₂ + d₅) 0)^T이며, 식 (4)의 값은 다음과 같다.

$$y_1^T(A^-)^T D x / y_1^T M_0 = 4d_1/n \\ y_2^T(A^-)^T D x / y_2^T M_0 = 2(d_2 + d_5)/r \\ y_3^T(A^-)^T D x / y_3^T M_0 = d_3/m \\ y_4^T(A^-)^T D x / y_4^T M_0 = 2d_4/k \\ y_5^T(A^-)^T D x / y_5^T M_0 = (4d_1 + 2d_2 + d_3 + 2d_4 + 2d_5)/n$$

따라서 <그림 8>에 대한 최소 사이클 시간은 다음과 같다.

$$\text{Max}\{4d_1/n, 2(d_2 + d_5)/r, d_3/m, 2d_4/k, (4d_1 + 2d_2 + d_3 + 2d_4 + 2d_5)/n\} \quad (5)$$

지속시간 d₁은 사용자가 메뉴를 선택하는 시간임으로 비교적 긴 시간이다. 그러나 가입자 n이 이 일을 하고 있음으로 명령어 하나에 할당되는 시간은 이것을 n으로 나누기한 값에 해당한다. d₂는 단말기에서 통합플랫폼으로 메시지를 전달하는 통신 시간이고, d₅는 통합플랫폼에서 단말기로 결과를 전달하는 통신시간이다. d₃는 위치제공자의 처리시간인데, 위치제공자의 처리장치의 수가 증가하면 처리 시간이 짧아질 수 있다. d₄는 콘텐츠 제공자의 처리시간이며,

이 시간도 역시 처리장치의 수가 증가하면 짧아질 수 있다.

예를 들어, 지연 시간과 자원의 수가 다음과 같은 경우를 고려하여보자.

$$d_1 = 60,000, d_2 = 100, d_3 = 500, d_4 = 1,000, \\ d_5 = 100, n = 1,000, k = 1, m = 1, r = 1.$$

최소 사이클 시간은 다음과 같다.

$$\text{MAX}\{240, 400, 500, 2,000, 242.9\} = 2,000$$

최소사이클 시간 2,000의 의미는 이 LBS 시스템의 반응시간이 콘텐츠 제공자에 의하여 결정된다는 것이다. 따라서 시스템 사용자가 불편을 느낄 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 이를 해소하려면, 콘텐츠 제공자를 개선하여 지연 시간을 짧게 하든지, 처리장치를 늘리는 방법을 고려해야 한다. 또 다른 방법은 가입자의 수를 줄이는 것도 가능하다. 예를 들어, 가입자의 수가 $n=50$ 이라면, 최소 사이클 시간은 d_1 에 의하여 결정된다. 이것은 시스템의 성능이 필요 이상으로 좋아서 많은 시간을 쉬는 시간으로 허비함으로써, 더 많은 가입자를 서비스하든지 아니면 가격이 저렴한 시스템을 사용하여 설비비용을 절감하라는 것을 의미한다.

4. 결 론

본 논문은 페트리 넷을 이용한 위치기반서비스 시스템의 분석 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 사용예로, 자연어로 묘사된 전통적인 위치기반서비스 시스템을 페트리 넷으로 변환하여 분석하는 과정을 나타내 보였다. 페트리 넷 구축 과정에서 자연어 표현에서는 빠뜨리고 넘어간 부분과 오류를 발견할 수 있음을 보였다. 일반적으로 자연어로 묘사된 시스템 명세는 시

스템에 대한 세부 사항이 빠지는 경우가 많고, 너무 추상적이라 구현과정에서 사용자 요구사항을 오해하는 경우가 많이 발생한다. 본 논문은 페트리 넷이 자연어보다 더욱 구체적이고 명확한 시스템 기술 도구임을 보였다. 본 연구가 페트리 넷을 적용한 LBS 시스템의 타당성을 최초로 분석하였다는데 의의가 있다.

페트리 넷의 장점으로는 수학적 분석 방법의 가능성을 들 수 있다. 본 논문에서는 주어진 LBS 시스템이 사용자의 요구를 전송받아 결과를 제공하는데 걸리는 시간을 분석하는 수학적 방법을 소개하였으며, 이 분석 결과를 바탕으로 시스템이 사용자의 요구사항을 만족시키는지, 그렇지 않다면 어느 부분을 보강해야 하는지 등을 알 수 있다. 즉, 본 연구에서는 LBS 시스템을 페트리 넷으로 모델링하여 분석함으로써 성능 및 서비스 수준을 사전에(시스템 개발 이전) 알 수 있어 더욱 효율적이고 효과적인 LBS 시스템 설계가 가능함을 제시하였다.

본 논문은 위치기반 서비스 시스템 설계의 타당성을 분석하는 최초의 시도라는 점에서 그 의의가 클 뿐 아니라, 기존의 연구가 타당성 분석에 대한 일반적인 방법론을 제시하거나, 혹은 설계 중인 시스템이 특정 기준을 만족하는지 확인하는 방법에 대한 연구인데 반하여, 본 논문이 소개하는 방법은 분석 결과를 일목요연하게 수학적식으로 보여준다는 장점과, 설계 중인 시스템이 제약 사항을 만족하는지 확인하는 것과 더불어 비용 측면에서 최적화하는 방안까지 제시한다는 장점이 있다.

본 논문에서 예로 사용한 <그림 3>은 위치기반서비스 시스템의 일반적인 골격이다. 또한 <그림 3>의 단점을 확인하기 위하여 참고한 Mabrouk[9]의 연구에서도 위치기반서비스 시스템을 포괄적으로 설명하고 있다. 따라서 특별한 위치기반 서비스 시스템에 흥미있는 독자는 본

논문에 소개한 방법을 바탕으로 약간의 창의성을 발휘하여 독자적인 페트리 넷 모델을 구축한 다음 소개된 최소 순회시간 분석 방법을 적용함으로써 구상중인 시스템의 타당성을 분석할 수 있다.

본 연구의 결과는 새로운 LBS 비즈니스 모델을 개발하여 상용화하는데 활용될 수 있다. 향후에는 여행안내 및 여행자 의사결정을 지원하기 위한 관광분야에 본 연구 결과를 적용함으로써 관광 LBS 시스템의 타당성을 분석하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Bowers, K.L., "Determining the feasibility of a flight profile in a Free Flight environment", *Proceedings of Digital Avionics Systems Conference*, (15th AIAA/IEEE), Atlanta, GA USA, Oct. 27-31, 1996, pp. 81-86.
- [2] Cho, S.M. and Kim, T.G., "Analysis of feasibility for real time simulation of RT- DEVs models", *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Tucson, AZ, USA, Vol. 5, Oct. 7-10, 2001, pp. 3069-3074.
- [3] ETSI GSM 03.71, "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Location Services (LCS)", 2000.
- [4] Hartigan, P.F., "Transport and Processing of Perishable Information: Essential Infrastructure for Location Based Services", *3G Mobile Communication Technology*, Vol. 8, No. 10(May 2002), Conference Publication No. 489 IEE 2002, pp. 345-349.
- [5] Jensen, K., *CPN-Tools [Online]*, Dept. Computer Science, Univ. Aarhus, Denmark, Available : <http://wiki.daimi.au.dk:8000/cpntools/cpntools.wiki>.
- [6] Khoong, C.M. and Ku, Y.W., "A holistic feasibility study framework for decision systems", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 24, Issue. 1, Jan. 1994, pp. 100-106.
- [7] Koo, S. and C. Rosenberg, "Location-based E-campus Web Services: From Design to Development", *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, (Per Com 2003). March 23-26, 2003, pp. 207-215.
- [8] Krishnamurthy, N., "Using SMS to Deliver Location-based Services", *Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Personal Wireless Communications (Proceedings of ICPWC'2002)*, Dec. 15-17, 2002, pp. 177-181.
- [9] Mabrouk, M., *OpenGIS Location Services (OpenLS): Core Services OGC 03-006r*, <http://www.opengis.org/>.
- [10] Manabe, Y. and Aoyagi, S., "A feasibility decision algorithm for rate monotonic scheduling of periodic real-time tasks", *Proceedings of Real-Time Technology and Applications Symposium*, Chicago, IL USA, May 15-17, 1995, pp. 212-218.
- [11] Murata, T., "Petri nets: Properties, analysis and applications", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, No. 4, April 1989, pp. 541-580.
- [12] Virrantaus, K., Veijalainen J. and Markkula J., "Developing GIS-Supported Location-Based Services", *Proceedings of the Second International Conference on Web Information Systems Engineering*, Vol. 2, Dec. 3-6, 2001, pp. 66-75.

저자소개



임재길

현재 동국대학교(경주캠퍼스) 공학대학 컴퓨터멀티미디어학과 교수로 재직 중이다. 일리노이 주립대학교에서 컴퓨터과학 박사 학위를 취득하였다. 주요 관심 분야는 페트

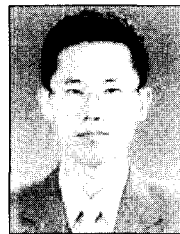
리 넷 이론과 응용, 시스템 분석, 컴퓨터 네트워크, 인공지능 등이다. 한국정보과학회 논문지, 한국정보처리학회 논문지, 대한전자공학회 논문지, Information Sciences, The Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan 등에 다수의 논문을 게재하였다.



주재훈

현재 동국대학교(경주캠퍼스) 상경대학 전자상거래학과 교수로 재직 중이다. 부산대학교에서 경영학박사 학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 전자상거래와 e-비즈니스 전략/모형/개발방법론, 시맨틱 웹, 전자지불시스

템, 웹기반 DSS 등이다. 경영학연구, 경영정보학연구, 한국경영과학회지, Information Systems Management, International Journal of Industrial Engineering 등에 다수의 논문을 게재하였다.



남윤석

현재 동국대학교 정보통신공학과 조교수로 재직 중이다. 경북대학교에서 전자공학과 학사, 석사, 박사 학위를 취득하였다. 한국전자통신연구원 책

임연구원(1987~2000)에서 근무하였다. 주요 관심분야는 초고속정보통신망, VoIP, 센서네트워킹, 무선홈네트워크 등이다.