■ 論 文 ■

보행교통류를 위한 회전육각격자모형 개발

The Rotated Hexagonal Lattice Model for Pedestrian Flow

이 준 (연세대학교 도시공학과 박사과정)
허 민 국 (연세대학교 도시공학과 석사과정)
정 진 혁 (연세대학교 도시공학과 부교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법
Ⅱ. 선행연구 고찰
1. Square Lattice Model
2. Hexagonal Lattice Model
Ⅲ. Rotated Hexagonal Lattice Model
Ⅳ. 시뮬레이션
1. 시뮬레이션 과정
2. 시뮬레이션 결과 비교
Ⅴ. 결론 및 향후 연구과제
참고문헌

Key Words : 보행 교통류, 정방격자, 육각격자, 회전육각격자, CA모델
Pedestrian flow, Square Lattice, Hexagonal Lattice, Rotated Hexagonal Lattice, CA model

요 약

본 연구에서는 SLM(Square Lattice Model)과 HLM(Hexagonal Lattice Model)을 개선하여 만든 RHLM(Rotated Hexagonal Model)을 제시하고, 이를 이용하여 양방향 보행 교통류의 시뮬레이션 모형을 개발하였다. 20×20의 400개 셀에서 진행되었으며, 시간의 변화에 따른 속도, 밀도, 교통류율로 평가하였다. 본 모형을 같은 조건에서 SLM과 비교해본 결과, 기존의 모형이 보행자의 움직임이 불필요한 동작과 비논리적 방향으로 이동하는 것을 모형에 반영 하였다면, 본 모형은 보행자의 직진 움직임과 자연스러운 회피 방법을 통해 보행교통류의 최단경로 움직임을 표현할 수 있었다. 또한 보행교통류의 더 높은 곳에서 용량을 가지고 보행을 할 수 있는 현상을 반영할 수 있었고, 보행교통류의 경우 밀도가 높아지더라도 속도가 0이 되는 상황은 잘 일어나지 않는 것을 반영할 수 있음을 알 수 있었다.

In this paper, the rotated hexagonal lattice model (RHLM) was proposed, which is applied to pedestrian flow, and developed the simulation model for the pedestrian counterflow . RHLM is an upgrade version of the square lattice model(SLM) and hexagonal lattice model(HLM). The simulation was performed at the hexagonal lattice 20×20 and evaluated by different speed, density and flow conditions. Simulation results are compared with SLM and show that RHLM can replicate the characteristics of pedestrian traffic more effectively and reliably than any other existing models from several perspectives. First, RHLM can explain the shortest-path movement of pedestrians and more realistic avoidance motion. If they cannot move straight direction, they can move shorter distance from previous position to destination. Second, RHLM reflects the characteristics that the pedestrian can move with higher capacity and the speed of pedestrian flow is hard to zero.

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 07첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B03)에 의해 수행되었습니다.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

보행교통류의 시뮬레이션 모형은 다양한 방법으로 연구되고 있지만 특히 그 적용성과 간결성 때문에 셀 기반의 CA 모형을 이용한 분석이 다수 진행되고 있다. 기존의 CA모형들은 기본적으로 정사각형의 셀로 구성되어 있어 상/하/좌/우의 4방향의 움직임을 가정하고 있으며, Square Lattice Model(Muramatsu, 1999)은 정사각형의 셀 대신 정방격자를 사용하여 보행자의 움직임을 표현하였다. 이후의 연구에서는 상/하/좌/우 뿐만 아니라 우대각/좌대각 4방향을 추가하여 8방향의 보행자 이동을 고려하는 모형이 소개되기도 하였다. 대부분의 모형은 양 방향(Bi-Direction)의 움직임을 시뮬레이션 하기위하여 보행의 상충과 충돌에 대한 여러 보행규칙을 적용하고 있다. 하지만 같은 단위시간 동안 대각방향으로 이동할 때 $\sqrt{2}$배 만큼의 긴 거리를 이동하게 되는 문제점 등을 가지고 있다. 최근 Hexagonal Lattice Model(Mannicam, 2002)이 소개되면서 대각방향의 움직임에 대한 적극적인 연구가 진행 되었으나, 상충이 없을 때의 불필요한 움직임 또는 비현실적인 이동으로 모사되고 있는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 Hexagonal Lattice Model을 개선하고 보행자의 움직임을 보다 현실적으로 반영하기 위하여 회전육각격자모형(Rotated Hexagonal Lattice Model, RHLM)을 소개하고 시뮬레이션 구현을 위한 알고리즘을 구축하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

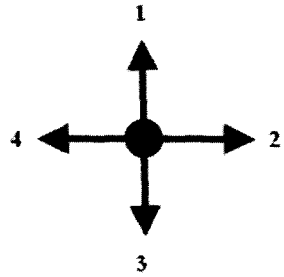
본 연구에서는 CA모형을 기반으로, Random Walkers로 가정된 보행자의 이동형태를 묘사하고 양방향 보행교통류 해석을 하기위하여 Muramatsu(1999)가 제시한 Square Lattice Model(SLM)과 Manniccam(2002)이 제시한 Hexagonal Lattice Model(HLM)을 비교하였다. 현실묘사를 위한 이 모형들의 제반 가정의 차이점을 비교하였으며, 두 모형의 장점을 이용하여 회전육각격자모형(Rotated Hexagonal Lattice Model, RHLM)을 제시하였다.

Ⅱ. 선행연구고찰

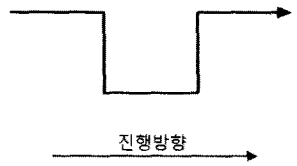
차량교통류의 해석을 위한 다양한 연구들이 여러 분야에서 진행되었지만 보행(Pedestrian)에 대한 연구가 시작된 것은 그리 오래된 일이 아니다. 1970년대에 Fruin은 보행에 대한 다양 연구를 진행하였는데, 이후 긴급상황 대피(Jin, 1976, 1985, 1997, Muir, 1989, Gwynne, 1999)를 위한 보행자 시설과 공공시설물들의 설계기준(R. Futian, 1993, G.Ho, 2001, Y. Guoli, 2004, J.J. Tecce, 1992)을 제시하기위한 다양한 연구들이 현재까지도 진행되고 있다. 그밖에도 최근에는 시뮬레이션기법을 이용하여 보행교통류의 묘사가 시도되기도 하였는데, 대표적인 모형들로는 Hoogendoorn (2003,2005)과 Helbing(2000), Daamen(2004)가 제시한 미시적 시뮬레이션 모형들이 있으며, 상용프로그램으로 NOMAD, PEDsim등 다양한 미시적, 거시적 시뮬레이터가 제공되고 있다.

1. Square Lattice Model

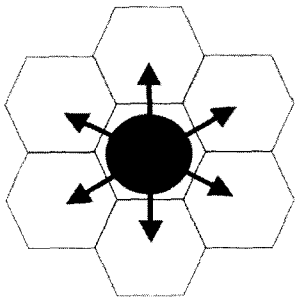
Muramatsu(1999)가 제시한 Square Lattice Model(SLM)은 보행자의 움직임을 가스입자의 움직임과 유사하다고 가정하고, 보행교통류를 해석하기 위해 Lattice Gas Model을 개선하여 정방격자에서 보행자의 움직임을 정의한 모형이다. 모형에서 보행자는 후방을 제외한 오른쪽, 왼쪽, 전방의 세 가지 방향 중 한 가지 방향으로 움직일 수 있는 Biased Random Walker로서, 〈그림 1〉은 보행자의 이동가능한 방향을 나타내고 검은 점은 보행자를 나타낸다. SLM의 보행자들은 다음과 같은 일련의 규칙을 가지고 이동하게 된다. 첫째, 보행자는 후방으로 이동을 하지 않으며, 진행방향의 전방 또는 좌우측으로 이동할 수 있다. 〈그림 1〉에서 보면, 왼쪽에서 오른쪽으로 움직이는 보행자는 진행방향의 좌회전(숫자 2), 직진(숫자 1), 우회전(숫자 3) 중 한 방향으로 이동 할 수 있다. 둘째, 보행자는 한 시뮬레이션 단위 시간동안 한 칸만 이동할 수 있다. 셋째, 각 위치에는 오직 한 명의 보행자만 있을 수 있으며 두 명 이상의 보행자가 있을 수 없다. 넷째, 다음 위치로 이동하기 위한 방향의 선택은 전진하려는 힘(Drift Strength)에 의해서 결정되는데, 그 값이 클수록 직진방향에 대한 선택확률을 높이고, 작을수록 좌우측으로 방향을 전환할 확률



〈그림 1〉 SLM의 보행이동 가능 방향



〈그림 2〉 상충이 발생했을 때 SLM에서 보행자의 움직임



〈그림 3〉 HLM의 보행이동 가능 방향

〈그림 4〉 상충이 없을 때 HLM에서 보행자의 최단거리 움직임

이 크다. 예를 들어 〈그림 1〉에서 오른쪽으로 이동하려는 보행자가 1, 2, 3 방향으로 모두 갈 수 있다면, 그 때의 각 방향에 대한 확률은 각각 $P_1=(1-D)/3$, $P_2=D+(1-D)/3$, $P_3=(1-D)/3$이 된다.

SLM에서 보행자들은 직진과 좌회전, 우회전의 3가지 움직임만을 가지고 있기 때문에 〈그림 2〉에서 보는 것과 같이 우측 방향으로 이동하는 보행자의 경우에는 맞은 편에서 오는 보행자와 상충이 발생했을 때 90도로 방향을 전환하게 된다. 그러나 일반적으로 보행자는 목적지를 향해 최단경로로 진행하려는 특성을 가지고 있기 때문에 보행자의 회피움직임에 대한 개선이 필요하다.

또한 시뮬레이션 과정에 있어서 가장 중요한 부분으로 보행자가 이동할 수 있는 공간을 분석하는 탐색과정을 들 수 있다. 보행자가 움직일 수 있는 공간은 그 공간이 비어있는 상태일 때 가능한데 보행자가 한 번씩 움직일 때 마다, 이동가능한 공간과 가능하지 않은 공간이 계속 바뀌게 된다. 그래서 이러한 이동의 문제를 현실적으로 설명할 알고리즘이 필요하다.

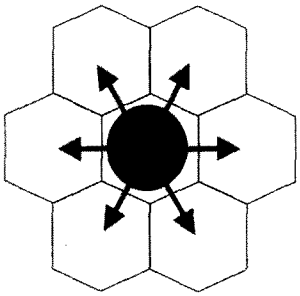
2. Hexagonal Lattice Model

Manniccam(2002)은 SLM을 개선한 HLM을 제시하였다. 이 모형은 〈그림 3〉에서 보는 것처럼 정사각형의 격자 대신에 정육각형의 격자를 사용하여 보행자의 움직임을 표현한 것이다. 모형에서 보행자들은 기본적으로 SLM에서 사용하는 Biased Random Walkers로 가정되어 후방으로 이동하지 않으며, D값에 의해서 다음 위치로 이동할 확률을 결정하는 등 유사한 규칙을 가지고 이동하게 된다. 그러나 이 모델은 Hexagonal Lattice를 사용하기 때문에 SLM과 기본적인 규칙은 유사하지만, 보행자의 이동방향과 움직임의 형태 등이 다르게 나타난다. HLM은 SLM에 비해서 보행자가 선택 가능한 방향의 개수가 2개 더 많아졌으며 보행자간의 상충에 대해서도 다양한 방향으로의 회피를 표현할 수 있다. 그러나 〈그림 4〉에서처럼 상충이 없을 때에도 목적지를 향해 지그재그로 이동해야 하기 때문에 보행자의 직선 움직임에 대해서는 적절한 표현을 하지 못한다는 한계를 가진다.

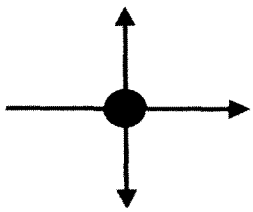
Ⅲ. Rotated Hexagonal Lattice Model

본 연구에서는 보행자의 움직임을 보다 현실적으로 반영하기 위해 기존의 SLM과 HLM을 개선하여 회전육각격자모형(Rotated Hexagonal Lattice Model, RHLM)을 개발하였다. RHLM의 개념은 육방격자모형의 셀을 90도 회전하여 이동방향의 움직임을 개선한 모형이라 할 수 있다(〈그림 5〉).

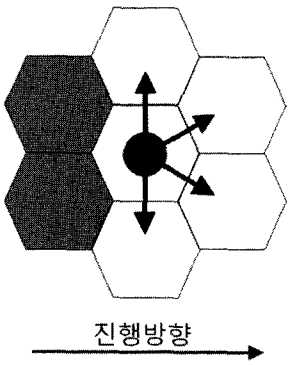
우선 이동 가능한 방향수를 살펴보면, SLM의 경우 〈그림 6〉에서처럼 총 4가지의 선택 가능한 이동방향 중에서 후방으로 이동하는 한 방향을 제외한 3가지 방향으로 이동이 가능하다. HLM의 경우는 〈그림 7〉에서 보듯이 총 6가지의 선택 가능한 이동방향을 가지고 있지만 후방을 향한 2방향을 제외한 4방향으로 이동이 가능하다.



〈그림 5〉 RHLM의 보행 이동가능 방향



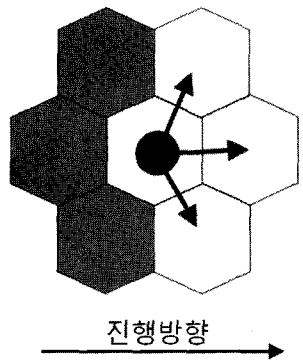
〈그림 6〉 SLM에서 우축으로 이동하는 보행자의 이동 가능한 방향



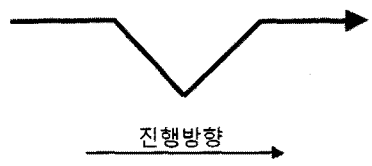
〈그림 7〉 HLM에서 우축으로 이동하는 보행자의 이동 가능한 방향

하지만 〈그림 8〉과 같이 RHLM에서는 HLM과 같은 총 6가지 선택 가능한 이동방향에서 후방으로 이동하는 3방향을 제외하고 3방향으로 이동하게 된다. 이와 같이 RHLM은 SLM에 비하여 더욱 많은 선택방향(6개)을 가지고 있지만 HLM에 비해서는 이동 가능한 방향이 적다. 하지만 다음과 같은 특징을 가지고 있기 때문에 SLM과 HLM의 개선된 모형이라 할 수 있을 것이다.

SLM은 전방방향으로 보행자의 움직임을 잘 표현하지만 전방으로 이동이 불가능 할 때는 〈그림 2〉와 같이 좌·우방향으로 우회를 하게 된다. 이는 보행자가 최단



〈그림 8〉 RHLM에서 우축으로 이동하는 보행자의 이동 가능한 방향



〈그림 9〉 RHLM의 보행 이동가능 방향

거리로의 이동이 아닌 필요 이상의 큰 우회를 하게 되는 것이다. 또한 HLM은 보행자의 우회에 대한 이동행태는 잘 표현하고 있지만 〈그림 4〉에서처럼 상충이 발생하지 않는 상황에서도 모든 보행자가 의미 없는 지그재그 이동을 하게 된다.

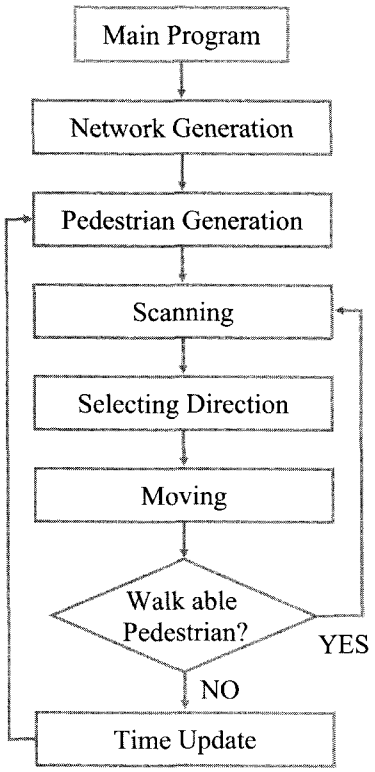
그러나 RHLM의 경우, 맞은 편의 보행자와 상충이 발생하였을 때 〈그림 9〉와 같이 보행자와의 충돌을 피하기 위해 90도의 방향전환을 하지 않고 60도의 방향전환만 하면서 회피 움직임의 표현이 가능하다. 뿐만 아니라 상충이 발생하지 않았을 때에는 전방을 향해서 직선으로 이동할 수 있는 보행행태를 반영할 수 있는 것이다.

그리고 SLM에서도 대각방향을 추가하여 총 8개의 방향을 가지고 보행자의 이동을 묘사한 모형들이 있지만, 이런 경우 대각방향에 대한 움직임이 전방과 좌우의 이동에 비해서 $\sqrt{2}$ 배만큼 길어지는 문제점을 가지고 있기 때문에 본 연구에서는 논외 하였다.

Ⅳ. 시뮬레이션

1. 시뮬레이션 과정

본 모형은 사각형의 격자가 아닌 육각형의 격자를 사용하기 때문에 보행자가 위치하는 셀이 일렬로 배치되지



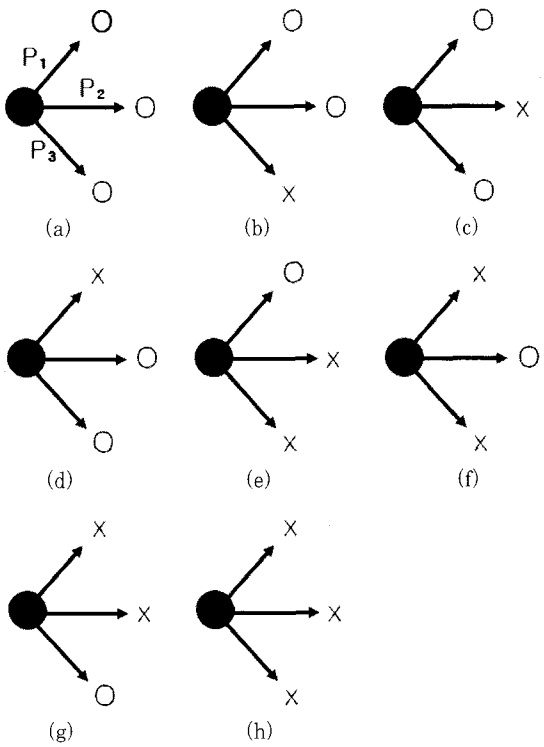
〈그림 10〉 순서도

않고 육각 셀로 어긋나서 배치된다. 하지만 가로 방향의 경우 어긋나 있지 않고, 세로의 방향만 틀어져 있으므로 행렬로써 일련의 규칙을 이용하여 표현이 가능하다.

RHLM을 구현하기 위하여 〈그림 10〉과 같은 알고리즘을 이용하였다. Network Generation은 보행자의 이동을 묘사할 수 있는 정방육각모형의 시뮬레이션 환경으로 이차원 행렬을 이용하였다. 길이(Length)는 i이고 넓이(Width)는 j인 i×j의 행렬을 생성하여 기본 네트워크를 구성한다.

Pedestrian Generation 단계에서는 평균이 람다(Lambda)인 포아송 분포를 이용하여 포아송임의 추출방법(Poisson Random Sampling Method)에 의하여 보행자를 발생시키는 단계가 된다.

Scanning은 가장 중요한 단계인데, 각각의 보행자가 이동할 수 있는 셀을 찾는 단계이다. 각각의 보행자는 〈그림 11〉의 8가지 경우 중 한 가지의 경우에 해당할 것이다. 이 과정을 통해서 보행자가 현재 상황에서 이동 가능한 셀을 결정 한다. 즉 $P_{i,j}^{a,t}$를 보행자의 위치라고 할 때, 이 보행자가 〈그림 11〉의 (a)경우에 시점t의 i,j셀의 위치라 하면, 다음시간$(t+1)$의 이동 가능한 위치는



〈그림 11〉 보행자가 선택할 수 있는 RHLM의 8가지 이동상황 :이동가능한 방향을 화살표로 표시하였고, 화살표 끝에 〔×〕는 공간이 없어서 이동할 수 없는 셀 〔o〕는 공간이 있어서 이동할 수 있는 셀로 표현되었다. 네트워크내의 모든 보행자는 (a)부터 (h)의 8가지 경우 중에서 한 경우에 속하게 됨.

하방대각($\widehat{P_{i+1,j}^{a,t+1}}$), 상방대각($\widehat{P_{i-1,j}^{a,t+1}}$), 직진($\widehat{P_{i,j+1}^{a,t+1}}$)의 세 가지 방향이 있을 것이다.

Selecting Direction과정에서는 Scanning과정에서 결정된 이동 가능한 셀을 확률적으로 선택하도록 하는 방법이다. 각 방향에 대한 확률은 전방으로 이동하려는 강도를 나타내는 Drift Strength에 의해서 결정된다. 〈그림 11〉의 각 상황에서 보행자가 각 방향에 대해 가지는 확률은 다음과 같다.

(a) $P_1=(1-D)/3$, $P_2=D+(1-D)/3$, $P_3=(1-D)/3$
(b) $P_1=(1-D)/2$, $P_2=D+(1-D)/2$, $P_3=0$
(c) $P_1=1/2$, $P_2=0$, $P_3=1/2$
(d) $P_1=0$, $P_2=D+(1-D)/2$, $P_3=(1-D)/2$
(e) $P_1=1$, $P_2=0$, $P_3=0$
(f) $P_1=0$, $P_2=1$, $P_3=0$
(g) $P_1=0$, $P_2=0$, $P_3=1$
(h) $P_1=0$, $P_2=0$, $P_3=0$

본 연구에서는 이 확률을 균일분포를 가정한 임의추출(Uniform Distribution Random Sampling)을 통해 최종 선택 방향을 결정하였다.

Moving 단계는 이제 보행자가 Selecting Direction 과정에서 결정된 방향으로 움직이게 되는데 한 보행자 한 명이 움직일 때 마다 움직일 수 있는 보행자가 더 있는지 확인을 하게 되며, 만약 움직일 수 있는 보행자가 있다면, 다시 Scanning 과정을 거치게 된다. 이 과정이 반복되는 이유는 보행자가 한명이라도 움직이게 되면, 다른 보행자들이 영향을 받아서 이동 가능한 셀이 달라지기 때문이다.

마지막으로 더 이상 움직일 수 있는 보행자가 없게 되면, 시뮬레이션을 위한 단위시간이 지난 것으로 판단하고 다시 Pedestrian Generation 단계로 돌아가 새로 유입되는 보행교통량을 네트워크에 생성시키고 시뮬레이션 과정은 계속 반복되게 된다.

2. 시뮬레이션 결과 비교

본 연구에서 제시한 RHLM의 시뮬레이션 결과를 SLM의 결과와 비교하였다. 현재 모형을 평가할 수 있는 자료가 존재하지 않기 때문에 수집된 자료와 비교 할 수 없기 때문이다. Muramatsu(1999), Maniccam (2002) 등의 연구에서도 현실자료와의 검증을 하지 못하고 시뮬레이션 간의 비교를 하였으며, 경험적인 방법으로 모형 평가를 하였다.

1) Speed, Density, Flow의 정산

두 모형을 비교하기 위해서는 평가의 척도가 필요한데, 본 연구에서는 속도, 밀도, 교통류율의 개념을 사용하였다. 보행자의 통행속도는 공간평균 속도와 같은 개념으로 적용하였으며, 교통류에서와 같이 이동거리와 이동시간을 이용하여 추정하였다. 평균속도는 동일한 시뮬레이션 시간동안 일정한 거리를 이동하게 되므로 t 시점에 속도(Speed)는 구간 전체에서 전방으로 이동한 보행자의 수(Moving Pedestrian)를 구간 전체에 보행자의 수(Total Pedestrian)로 나누었다. 밀도(Density)는 t 시점에 전체 보행자의 수를 넓이(Area)로 나누었으며, 교통류(Flow)의 경우 전방으로 이동한 보행자의 수를 넓이로 나누었다[1]. 여기에서 단위를 사용하지 않고 보행자수(Pedestrian), 셀(Cell)과 단위시간(Unit Time)으로 표시하였는데, 그 이유는 보행자에 대한 평균이동속도와 이동거리, 그리고 보행자가 필요로 하는 평균 면적이 국내의 경우 아직 정의 되지 않았고, Fruin, Hoogendon[2] 등 많은 연구들이 있었지만, 각기 다른 척도를 제시하고 있기 때문에 본 연구에서는 시뮬레이션 시간인 t와 거리, 속도, 길이에 대한 단위를 제시하지 않고 그 의미만을 이용하였다.

2) 시뮬레이션의 초기 파라미터설정

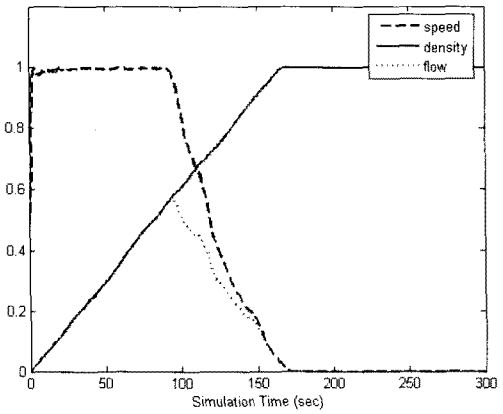
시뮬레이션의 초기 파라미터는 가로(Width)×세로(Length) 20×20, 40개의 셀로 구성하였으며, 보행자의 발생량을 조절하는 람다(Lambda)의 값은 평균 10으로 단위시간(Unit Time)당 포아송분포를 따라 발생하도록 하였다. 전방으로 직진하려는 힘을 나타내는 Drift Strength는 0.95로 설정하였다. 이와 같은 설정은 Mannicam(2002)에서 SLM과 HLM을 비교하기 위한 기본 모수의 설정과 동일하다.

3) 결과비교

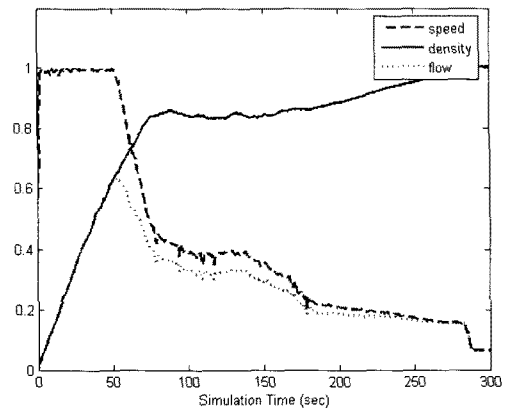
〈그림 12〉는 SLM의 시간에 흐름에 따른 속도, 밀도, 교통류율 그래프이다. 시간의 흐름에 따라 밀도와 교통류율을 증가하게 되는데 네트워크에 보행자가 진입하고 있는 시점이므로 당연히 보행자와 밀도는 같은 크기로 올라가게 된다. 하지만 일정시간(약 100 Unit Time) 이상 보행자가 계속 진입하게 되면 교통의 특성상 용량이상의 통행이 유입되므로 밀도는 높아지고 교통유율은 낮아지는 현상을 관찰 할 수 있다. 속도에서도 교통의 일반적인 현상이 나타나게 된다. 일정시간 까지는 보행자의 최고속도인 1.0(Cell/UnitTime)으로 움직이지만 용량까지 교통량이 늘어난 시점(약 100 Unit Time)에서는 속도와 교통류율이 감소하기 시작한다. 그리고 약 170 단위시간(Unit Time)이상이 되면 밀도는 최고값인 1.0(Pedestrian./Cell)이 되고, 속도와 밀도는 0.0이 된다.

1) HCM, Hoogendon등 다양한 연구에서 교통량과 밀도, 속도의 관계를 사용하고 있다. 본 연구에서도 Kardi(2006)이 사용한 속도, 밀도, 교통량의 관계를 따라 표현하였다.

2) Fruin의 ,Hoogendon, HCM의 경우는 실험대상자를 통해서 일반적인 체형을 통해 추정하였지만 약간의 차이점을 보이고 있으며, 연구자에 따라 다른 기준을 제시하고 있다. 또한 국내의 연구(장현호 외 2006)에서는 HCM값을 그대로 적용하기도 하였지만 그 기본단위의 중요성을 감안하여 필요로 하는 단위길이와 속도에 대한 연구는 향후 연구로 남겨두었다.

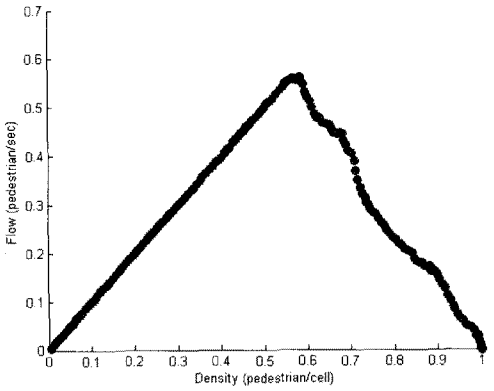


〈그림 12〉 SLM
Speed(Cell/Unit Time)
Density(Pedestrian/Area)
Flow(Pedestrian/Unit Time/ Width)
Simulation Time(Unit Time)

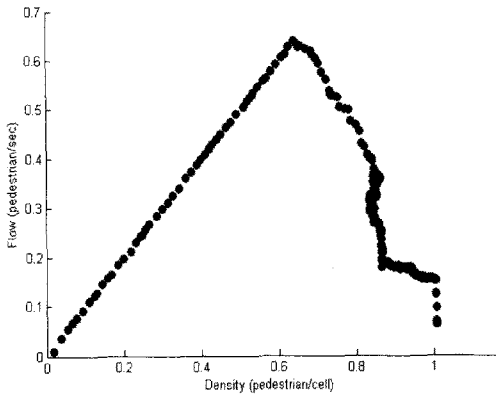


〈그림 13〉 RHLM
Speed(Cell/Unit Time)
Density(Pedestrian/Area)
Flow(Pedestrian/Unit Time/ Width)
Simulation Time(Unit Time)

〈그림 13〉은 RHLM의 결과이다. SLM과는 달리 좀 더 이른 시간대(약 55 Unit time)에 용량에 이르게 되며, 속도의 경우도 용량이 되는 같은 시간대에 줄어들기 시작한다. 하지만 속도가 천천히 떨어지고 있고 밀도도 1까지 올라가지 않고 있다. 이 현상은 〈그림 15〉의 밀도와 교통류율의 그래프를 통해서 다시 설명될 수 있다. 먼저 용량부분을 살펴보면 SLM에서 용량이 0.5와 0.6사이에서 용량이 존재하는 것과 달리, RHLM에서는 0.6과 0.7사이에 용량이 존재함을 알 수 있다. 또한 밀도관계에 있어서도, SLM의 경우는 밀도가 1일 때 더 이상 움직이지 못하고 속도가 0 이 되고 있지만, RHLM에서



〈그림 14〉 SLM
Flow-Density 관계



〈그림 15〉 RHLM
Flow-Density 관계

는 밀도가 1에 근접해도 속도가 0으로 쉽게 떨어지지 않음을 알 수 있다. 즉 RHLM은 더욱 높은 용량을 가지고 있으며 와해(Breakdown)현상이 천천히 일어나는 것을 알 수 있는 것이다.

현실의 보행행태를 살펴보면 다음과 같은 추정이 가능하다. 일반적인 차량의 경우와 달리 충돌과 상충에 의해서 위험이 적기 때문에 훨씬 높은 밀도까지 보행자들은 자신의 속도를 유지하며 이동할 것이며, 아무리 높은 밀도라도 보행자들이 서로서로 자신의 공간을 최대한 활용해서 조금씩 움직이는 현상이 나타날 것 이다. 그리고 그 보행자의 이동자체가 〈그림 7〉에서 표현된 것처럼 전방으로 이동을 하지 못하면 좌우로 이동하는 것과 달리 본 모형은 〈그림 9〉와 같이 전방으로 이동이 불가능할 경우 좌우로의 방향전환(또는 회피)의 형태로 보행하게 되기 때문에 현실보행을 반영할 수 있는 유사한 모형이라고 할 수 있을 것이라 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 Rotated Hexagonal Lattice Model (RHLM)을 이용하여 양방향 보행 교통류의 시뮬레이션 모형을 개발하였다. CA 모형을 기반으로 하고 있으며, 보행자의 움직임은 Biased Random Walker의 개념을 활용하여 1999년에 제시된 Square Lattice Mode (SLM)과 2002년에 제시된 Hexagonal Lattice Model(HLM)을 개선하여 모형정립을 하였다. 양방향의 보행자 이동모형을 완성하기 위하여 기존 모형에 Scanning 과정을 추가하였으며, 이 과정은 상충되는 보행자의 위치를 결정하기 위해서 중요한 과정이다.

20×20의 400개 셀에서 진행되었으며, 시간의 변화에 따른 속도, 밀도, 교통류율로 평가하였다. 본 모형을 같은 조건에서 SLM과 비교해본 결과, 보행교통류의 더 높은 곳에서 용량을 가지고 보행을 할 수 있는 현상을 반영할 수 있었고, 보행교통류의 경우 밀도가 높아지더라도 속도가 0이 되는 상황은 잘 일어나지 않는 것을 반영할 수 있음을 알 수 있었다. 그밖에도 기존에는 보행자의 움직임이 불필요한 동작과 비논리적 방향으로 이동하는 것을 모형에 반영 하였다면, 본 모형에서는 보행자의 직진 움직임과 자연스러운 회피 방법을 표현한 시뮬레이션 방법론이라 할 수 있다.

향후 연구에서는 본 연구에서 비교검토하지 않은 HLM과의 시뮬레이션 결과비교와 다방향에서의 보행교통류를 묘사할 수 있는 시뮬레이션의 개발이 필요할 것이다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제59회 학술발표회 (2008.10.24)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. T. Jin(1997), Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke, Proceedings of the 5th international symposium IAFFS, Melbourne Australia, pp.3~21.
2. T. Jin and T. Yamada(1985), Irritating Effects from Fire Smoke on Visibility, fire Science and Technology, Vol. 5, No. 1, pp.79~80.
3. T. Jin(1976), Visibility Through Fire Smoke, Report of the Fire Institute of Japan No. 42.
4. H. Muir and C. Marrison(1996), A. Evans, Aircraft Evacuation: The Effect of Passenger Motivation and Cabin Configuration Adjacent to the Exit, CAA Paper 89019, ISBN 0860394069, CAA London.
5. S. Gwynne, E.R. Galea, M. Owen, P.J. Lawrence(1998), An Investigation of the Aspects of Occupant Behaviour Required for Evacuation Modelling, Journal of Applied Fire Science Vol. 8, pp.19~59.
6. R. Futian(1993), Psychology of Traffic Engineering, Beijing University of Technology Publishing House, pp.201~204.
7. G. Ho, C.T. Scialfa, J.k. Caird, T. Graw (2001), Visual Search Traffic Signs, The effects of Clutter, Lminace, and Aging, Human Factors, 43, pp.194~207.
8. Y. Guoli(2004), Application of Eye Move Analysis Method, In: Psychological Research, Tianjin Education publishing houses, pp.340~355.
9. J.J. Tecce(1992), Psychology, Physiology and Experimental. In: McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology, New York: McGraw-Hill, pp.375~377.
10. S.P. Hoogendoorn, P.H.L. Bovy(2003), Simulation of Pedestrian Flows by Optimal Control and Differnctial Games, Optimal Control Applications and Methods 24, pp.153~172.
11. D. Helbing, J.J. Farkas, T. Vicsek(2000), Simulation Dynamical Features of Escape Panic, in: Nature 407, pp.487~490.
12. S.P. Hoogendoorn, W. Daamen(2005), Pedestrian Behavior at Bottleneck, Transportation Science 39, pp.147~159.
13. G. Casella, R.L. Berger(1990), Statistical Inference, Duxbury Press, Belmont, California.

14. S.P. Hoogendoorn, W. Daamen, R. Landman (2004), Microscopic Calibration and Validation of pedestrian Models-Cross-Conparison of models using Experimental data, Transport & Planning Department, Delft University of Technology.

15. S. Maniccam(2002), Traffic jamming on hexagonal lattice, Physica A 321.

16. Masakuni Muramatsu, Tunemasa Irie, Takashi Nagatani(1999), Jamming transition in pedestrian counter flow, physica A 267, pp.487~498.

♧ 주 작 성 자 : 이 준
♧ 교 신 저 자 : 이 준
♧ 논문투고일 : 2008. 10. 24
♧ 논문심사일 : 2008. 12. 26 (1차)
2009. 1. 13 (2차)
2009. 1. 22 (3차)
♧ 심사판정일 : 2009. 1. 22
♧ 반론접수기한 : 2009. 6. 30
♧ 3인 익명 심사필
♧ 1인 abstract 교정필