

메시지 방식을 이용한 가상환경에서의 식물의 성장 모델링

권정우⁰ 김병주 김태한 최운돈 박종희
경북대학교 전자공학과

{zen98⁰, kbj113, hanilove, undon}@palgong.knu.ac.kr, jhpark@ee.knu.ac.kr

Growth Modeling of Plant based on Message method in virtual Environment

Jeong-Woo Kwon⁰, Byung-Joo Kim, Tae-Han Kim, Un-Don Choi, Jong-Hee Park
Dept. of Electronic Engineering Kyungpook National University

요 약

식물의 성장을 모델링 하는데 있어서 기존의 시스템들은 식물의 성장에 대한 환경적인 요소를 고려하기 보다 식물의 모습을 얼마만큼 실제와 비슷하게 렌더링 하느냐에 초점을 맞추고 있다. 그리고 환경적인 요소를 고려한다고 하더라도 자라는 모습을 표현하기 위한 환경적인 요소만을 고려하기 때문에 다양한 환경에서 식물의 성장을 적절히 표현하지 못한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 메시지 방식을 통해 환경적인 요소를 식물에게 전달하고 식물을 composite object로 구분하여 각각의 object들이 하는 역할과 relation을 기반으로 하여 식물이 다양한 환경에서도 논리성과 사실성을 가질 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

1. 서 론

식물의 성장을 모델링 하는데 있어서 기존의 L-system[1]이나 particle system[1]은 식물의 형태를 위주로 하여 식물의 모습을 simulation 하는데 초점을 맞추어 왔다. 하지만 가상환경 내에는 식물 하나만이 존재하는 것이 아니라 식물을 둘러싼 주변 환경과 같이 존재하기 때문에 식물의 모습뿐만 아니라 식물의 성장에 대한 환경과의 상호작용에 대한 simulation 또한 중요한 문제이다. 그래서 L-system을 기반으로 하는 모델에서는 외부 조건에 따라 식물의 형태가 변하는 open L-system[2]을 제시하고 있고 particle system을 기반으로 하는 모델들도 햇빛의 위치에 따라 식물의 성장방향이 바뀌는 등 여러 가지 환경요소를 고려해서 system을 만들고 있다.[2] 하지만 식물의 성장이 환경적인 요소에 따라 달라지거나 변하는 논리적인 부분보다는, 빛의 위치에 따라 식물의 성장 위치를 결정하는 것 등 rendering부분의 환경적인 요소를 고려하고 있기 때문에 비가 자주 오는 환경이거나 가뭄이 자주 있는 다양한 환경에서의 식물의 성장을 적절하게 표현하지 못한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 식물의 성장에 있어 여러 가지 환경적인 요소를 반영하기 위한 식물의 모델링 방법을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 먼저 지금까지의 식물에 대한 모델링 방법에 대한 문제점들을 살펴보고 다양한 환경에서의 식물의 성장을 모델링하기 위해 우선 환경적인 요소를 정의 할 것이다. 그리고 이런 환경적인 요소를 식물에게 전달하기 위한 메시지 방식을 설명한다. 다음으로는 식물을 composite object로 구분하여 각각의 object들이 하는 역할과 relation에 대한 설명을 하고 식물의 성장에 대한 간단한 constraint를 살펴보겠다. 마지막으로 이러한 연구에 대한 간단한 예를 적용해보고 결론을 내리고 앞으로의 향후 연구 방향에 대해 기술할 것이다.

2. 관련연구

식물의 모델링에 있어서 가장 대표적인 것이 L-system이다. 이 시스템은 일종의 프랙탈로서 특별히 식물의 성장과정을 모델링 하기 위하여 개발한 수학적인 모델로 기본적으로 병렬적인 문자열의 재적용 메커니즘이다.[3] L-system은 식물의 모습을 실제와 비슷하게 렌더링 할 수 있는 장점이 있지만 이 모델은 식물의 성장에 있어서 환경적인 요소와의 상호작용 없이

초기 문자열로부터 생성규칙의 반복적인 적용에 의해 식물을 모델링 하였기 때문에 다양한 환경에서 식물의 성장을 모델링 하기에는 논리성과 사실성이 떨어지고 동적인 환경 내에서 발생하는 예측할 수 없는 환경적인 변화에 대해 적절한 반응을 할 수 없다는 결점이 있다.

particle system을 이용한 모델들은 식물의 모든 모듈이 그것의 내부 상태나 외부 조건에 의해 어떤 행동을 하도록 하는 system이다. 이 system은 뿌리나 주위에 있는 잎으로부터 영양분을 공급받아야 bud가 성장할 수 있고 잎은 빛을 받아야 영양분을 만들어 낼 수 있는 등 식물의 성장에 대한 논리성을 가지고 있다는 장점이 있지만 식물의 한쪽 가지 부분만 볼에 닿거나 식물을 원래의 위치에서 다른 위치로 옮겨 심는 등의 예상치 못한 상황에 대해서는 대처하지 못하는 문제가 있다.

3. 식물의 환경

3.1 환경적인 요소

식물의 성장에 있어서 물, 온도, 햇빛, 영양분 등은 꼭 필요한 환경적인 요소이다. 본 논문에서는 이러한 환경적인 요소들을 가상세계내의 다른 object들의 환경적인 속성이나 activity에 의한 effect라고 정의 한다. 예를 들면, 햇빛이라는 것은 태양의 combustion에 의해서 생기는 effect이다.[4] 여기서 object는 공간을 차지하고 있는 physical entity[5]이고 activity는 object가 할 수 있는 action이다. 그리고 attribute는 object의 특성이나 상태를 나타내는 값이다. attribute에는 색깔, 질량, 크기, 온도 등 여러 가지 종류가 있지만, 본 논문에서는 환경 속성과 개별 속성으로 나눈다. 개별 속성은 색깔이나 크기처럼 object의 특성을 나타내는 속성이고 환경 속성은 온도나 습도처럼 다른 object의 상태에 영향을 줄 수 있는 속성이다.

이런 환경속성은 메시지 구조를 통해서 식물에게 전달되고 식물은 이 환경 속성을 가지고 성장에 사용하게 된다.

3.2 메시지 구조

식물은 햇빛의 세기나 물의 양 같은 환경의 영향을 받아서 성장하게 된다. 예를 들어 햇빛의 세기가 세면 광합성을 많이 하게 되어서 빨리 자랄 수 있고 물의양이 적으면 식물의 성장이 더딜 수도 있다. 본 논문에서는 이처럼 식물이 다른 object로부터 받는 환경적인 요소에 관한 신호를 메시지라고 하고 그

기본 구조를 아래와 같이 정의한다. 이 메시지 구조는 [6]에 사용된 메시지를 본 논문에 맞게 변경한 것이다.

```
message = < ef, amount, time, space zone >
▽ ef : ef ∈ Physical concept ∨ Material
▽ amount : amount ∈ domain of ef
```

"<>"은 메시지의 format를 이야기 하는 것이고 "▽"는 메시지의 구성요소에 대한 constraint를 의미한다. 그리고 "∨"는 or을 나타낸다. "A ∈ B"는 A가 B의 element라는 의미이다. ef는 environmental factor를 뜻하며 이것은 빛, 온도, 습도와 같은 physical concept에 속하거나 CO₂, O₂같은 material[5]에 속해야 된다.

amount라는 것은 ef의 양을 결정해주는 요소이다. ef는 그 종류에 따라 domain이 정의 되어야 하고 amount는 각각의 domain내의 값이어야 한다. 예를 들어 햇빛이나 물의 마이너스 값이 없어야하고 물의 양도 마이너스 값이 없어야 한다. 이렇게 amount는 각각의 ef의 domain안의 값이어야 한다.

time은 sender가 메시지를 보낼 때의 시간을 이야기 한다. 이것은 식물이 메시지를 받고 나서 자신의 activity들을 활성화 하는 시점까지의 시간을 알아내기 위한 것이다. 즉, 메시지를 받은 식물은 바로 이 메시지에 대한 반응을 보일 수도 있고 아니면 어느 정도 시간이 지난 후에 메시지에 대한 반응을 보일 수도 있다. 이런 경우에 이 값이 사용된다.

space zone은 이 메시지가 어느 공간까지 영향을 줄 수 있는냐를 나타내는 것이다. 햇빛의 경우에는 이 요소가 거의 대부분의 공간에 영향을 미칠 것이지만, 온도나 물의 양 같은 요소들은 아주 한정된 공간에서만 적용이 가능하다.

이렇게 메시지 방식으로 환경적인 요소를 처리하는 것은 가상세계내에 새로운 object들이 나타날 때마다 그에 따른 환경적인 요소를 새롭게 고려할 필요 없이 정의된 메시지 형태로 환경적인요소를 보내기만 하면 되기 때문에 환경적인 요소를 handling하는데 아주 편리하다.

4. 식물의 구조

4.1 메시지 처리

가상세계의 식물은 다른 object들로부터 메시지를 받고 그에 따른 activity들을 수행한다. 그리고 자신의 activity들에 따른 effect로서 메시지를 보낸다.

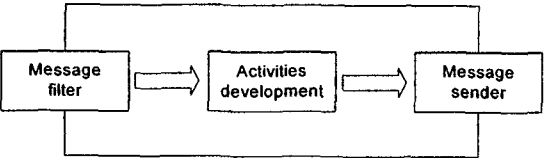


그림 1 식물의 기본 구조

메시지필터는 가상세계내에서 다른 object들이 보내는 메시지 중에서 자신에게 해당하는 메시지를 구분하는 역할을 한다. 식물은 자신의 성장에 필요한 physical concept들과 material 들을 미리 정의해 놓는다. 그리고 메시지필터에 도착하는 메시지 중에서 ef slot을 보고 그것이 자신에게 필요한 것인지 아닌지를 판단한다. 하지만 ef가 자신이 필요로 하는 physical concept이라 할지라도 space zone slot을 보고 그것이 자신에게 영향을 미치는 것인지를 최종적으로 판단해야만 한다. 이렇게 해서 받아들여지는 메시지는 activities development에서 식

물에 정의 되어진 activity들을 활성화하고 그 effect로 생기는 ef의 변화를 다시 메시지 형태로 해서 다른 object들에게 보내게 된다. 이러한 구조를 통해서 식물은 가상환경내에서 일어나는 다양한 상황이나 변화에 대해서 적절히 반응할 수 있다.

4.2 Composite object

식물은 뿌리, 줄기, 가지, 잎으로 이루어진 composite object 이다.[7] 즉, 각각의 object들이 식물의 component로써 밀접한 연관을 맺고 있다. 식물을 구성하는 각각의 object들은 physical relation과 biological relation을 갖는다. physical relation은 각각의 object들이 실제로 어느 object들과 연결되어 있는지에 대한 위치관계를 나타내며 biological relation은 식물의 성장에 있어 필요한 영양분과 물을 object끼리 주고받는 역할을 한다. 이러한 biological relation은 physical relation에 종속된다. 그러므로 physical relation이 깨어지면 biological relation도 같이 깨어진다. 이러한 relation들은 일종의 constraint로써 식물의 성장에 있어 논리적인 면을 더해줄 수 있다.

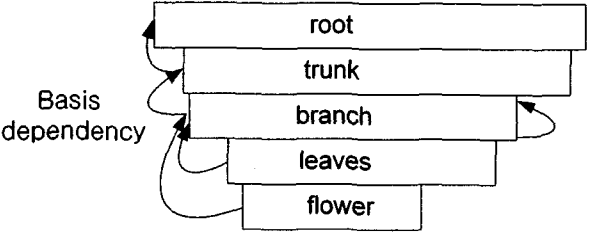


그림 2 식물을 구성하는 object들에 대한 relation

위의 그림은 식물을 구성하는 각각의 object들에 대한 relation을 나타낸 것이다. 뿌리의 경우는 하나의 줄기에만 relation을 가지지만 줄기의 경우는 하나의 줄기에 여러 개의 가지들에 대한 relation을 가질 수 있다. 가지의 경우도 하나의 가지에 여러 개의 잔가지들이 relation을 가질 수 있으며 recursive한 방법으로 잔가지들에도 여러 가지 잔가지들이 relation을 가질 수 있다. 잎들과 꽃들은 가지에 대해서만 relation을 가진다. 식물내의 각각의 object들은 이런 relation관계를 통하여 물과 영양분을 서로 주고받을 수 있다. 예를 들어 줄기는 자신이 가지고 있는 물의 attribute값을 자신과 biological relation을 맺고 있는 가지들에게 전달한다. 그리고 다른 object들에게 전달할 값만큼 자신의 attribute값을 바꾸어 준다. 이러한 relation관계는 식물의 성장에 논리성을 주고 바람이 불어 나뭇가지가 부러지는 경우나 나무의 일부분만 불에 타는 경우처럼 다양한 환경의 변화에 따른 나무의 qualitative change[6]에 대해서도 적절하게 표현할 수 있게 해준다.

뿌리는 토양으로부터 물과 영양분을 흡수하고 흡수한 물과 영양분을 자신의 성장에 사용한다. 그리고 자신의 성장에서 쓰고 남은 것을 저장하고 있다가 줄기의 필요에 따라 저장하고 있던 물과 영양분을 biological relation을 통하여 줄기에게 보낸다.

줄기와 가지도 뿌리와 마찬가지로 biological relation을 통해서 물과 영양분을 가지와 잎으로 전달한다. 줄기와 가지는 가상세계내의 다른 object로부터 메시지를 받는다. 특히 온도의 메시지를 받아 자신의 성장률을 계산하고 빛은 자신이 자랄 방향을 계산하는데 사용된다.

잎은 가지로부터 받은 물과 메시지로부터 받은 햇빛과 CO₂를 이용해 광합성을 한다. CO₂의 양과 햇빛의 세기로 인해 광합성의 양은 달라지겠지만 광합성을 통해 만들어진 영양분은

다시 가지와 줄기로 보내진다. 또 광합성을 통해 만들어진 O₂ 는 메시지형태로 해서 다른 object들에게 전달한다.

4.3 Constraint

식물의 성장에 있어 논리적인 면을 더해주기 위해서는 constraint가 필요하다. 잎이 광합성을 할 경우, 광합성에 필요한 요소는 햇빛, 물, CO₂가 있다. 각각의 요소 중 하나라도 없다면 광합성을 할 수 없다. 그러므로 우선 식물은 광합성을 하기 위해 광합성에 필요한 요소들이 있는지부터 확인해야 한다. 만약 햇빛이 다른 object 때문에 식물에 비춰지지 않는다면 그 광합성을 할 수 없다. 그리고 광합성을 할 수 있는 모든 요소들이 갖추어져 있다 할지라도 주위 온도가 vital range[7]안에 있지 않으면 광합성을 할 수 없다.

6. 적용 예

지금까지 설명한 것들을 간단한 예를 통해서 적용시켜 보겠다.

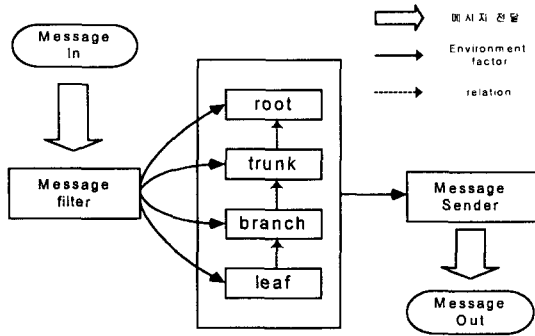


그림 3 적용 예

위의 그림처럼 식물은 태양, 대기, 토양으로부터 빛, 온도, 습도, 바람, CO₂, O₂, 물, 영양분들을 메시지 형태로 받는다. 식물은 먼저 메시지 filter를 통해서 빛, 온도, 바람, CO₂, O₂등을 받아들여서 각각의 object들에게 필요에 따라 보내준다. 각각의 object들은 메시지 filter를 통해 받은 환경적인 요소들과 biological relation에 따라서 받은 요소들을 이용하여 각자의 activity들을 활성화 하는데 사용한다. 그리고 자신의 activity들을 활성화한 결과를 다시 메시지 sender가 메시지 형태로 만들어서 보낸다. 이런 과정을 되풀이 하면서 식물은 성장하게 된다.

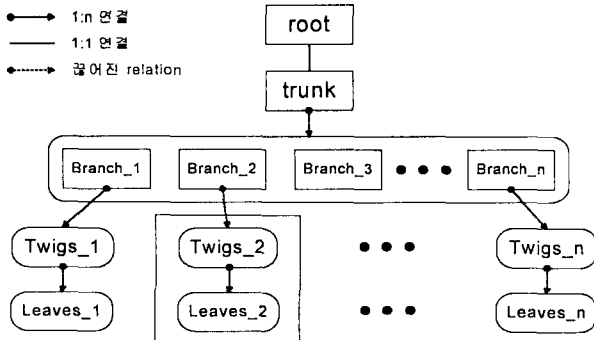


그림 4 Twigs_2의 relation이 끊어진 경우

위의 그림은 Twigs_2에 대한 physical relation이 끊어진 경우이다. 이 같은 경우는 branch_2에서 twigs_2로의 relation이 끊어졌기 때문에 자동적으로 Twigs_2와 leaves_2에 대한 relation도 끊어졌으므로 leaves_2에 있는 leaf들은 더 이상 광합성을 할 수 없다.

7. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 다양한 환경에서의 식물의 성장을 simulation 하기 위해 식물의 환경적인 요소를 정의 하고 환경적인 요소들을 메시지 방식으로 식물에게 전달하는 방식을 소개했다. 그리고 식물을 composite object로 구분하여 각각의 object의 역할과 간단한 constraint들을 살펴보았다. 환경적인 요소를 메시지로 전달함으로써 가상세계내에 새로운 object가 등장한다 하더라도 그 object에 의한 환경적인 요소의 변화를 새롭게 고려해줄 필요 없이 메시지 방식을 통해 식물에게 전달할 수 있다. 또한 식물을 composite object로 구분하였기 때문에 환경적인 요소에 대한 변화를 식물의 element들이 각각 자신에게 맞는 것을 받아들여 반영하였기 때문에 qualitative change에 대해서도 식물의 성장에 논리성과 사실성을 줄 수 있다. 하지만 아직까지 식물의 성장에 대한 constraint가 부족하고, 식물의 성장에 대한 구체적인 rule과 식물의 성장에 있어 공간적인 부분에 대한 연구가 더욱 진행되어야 한다.

참고 문헌

[1]Bedrich Benes and Erik Uriel Millan. Virtual climbing plants competing for space. Computer Animation, 2002. Proceedings of, 2002 Page(s): 33-42
 [2]Radom ir Mech and Przemyslaw Prusinkiewicz. Visual models of plants interacting with their environment. Proceedings of SIGGRAPH 96, pages 397--410, August 1996
 [3]http://rics.cie.cau.ac.kr/kiss98/edm.html
 [4]Park J., "Modelling of Environment for Events on the earth", Tech. report #11, AIMM lab.,Kyungpook National Univ., 2002
 [5]Park J., "The Ontology about the Microcosm", Tech. report #9, AIMM lab.,Kyungpook National Univ., 2001
 [6]Jin-Young Cho, "Message-based Model for Diverse Events by structured Objects in virtual Natural Environment", IC-AI '02 Volume 2, p722-727, 2002
 [7]Park J., "The Lives of the Physical Objects", Tech. report #8, AIMM lab.,Kyungpook National Univ., 2001