

# 절차적 생성 알고리즘을 이용한 3차원 게임월드 제작

고정운<sup>1</sup>, 경병표<sup>1</sup>, 유석호<sup>1</sup>, 이동열<sup>1</sup>, 이완복<sup>1</sup>, 이동엽<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 게임디자인학과

## Create 3-Dimension Game World used Procedural Generation Algorithm

Jung-Woon Ko<sup>1</sup>, Byung-Pyo Kyung<sup>1</sup>, Seuc-Ho Ryu<sup>1</sup>, Dong-Lyeor Lee<sup>1</sup>,  
Wan-Bok Lee<sup>1</sup>, Dong-Yeop Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Game Design, Kongju National University

**요약** 절차적 생성(Procedural Generation) 알고리즘은 일련의 규칙을 반복적으로 수행하여 게임에 활용되는 콘텐츠를 자동으로 생성하는 알고리즘이다. 게임의 규모와 함께 게임 내에 활용되는 콘텐츠의 양이 늘어나기 때문에 콘텐츠 제작에 많은 시간이 소요된다. 이에 따라 절차적 생성과 같은 게임 인공지능을 이용해 게임의 콘텐츠를 자동으로 생성하는 인공지능 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 절차적 생성을 이용해 3차원 게임 맵을 제작하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 노이즈가 점진적으로 변화되는 퍼린 노이즈(Perlin-Noise)를 활용하여 경로가 자연스럽게 연결되는 2차원 등고선을 생성한다. 생성된 2차원 등고선을 바탕으로 3차원의 높이 맵(Height-Map)을 제작한다. 생성된 높이 맵은 맵의 형태가 이질적이지 않고, 수작업으로 제작한 게임월드와 마찬가지로 플레이어가 모든 구간을 돌아다닐 수 있게 제작된 것을 확인하였다. 향후에는 알고리즘의 성능을 향상시켜 실제 게임에 적용할 것이다.

**키워드** : 절차적 생성, 인공지능, 퍼린 노이즈, 높이 맵, 게임월드

**Abstract** The procedural generation algorithm is an algorithm that automatically generates a content to be used in a game by repeatedly executing a series of rules. As the size of the game increases, the amount of content used in the game increases. Accordingly, artificial intelligence research is actively conducted to automatically generate game contents using game artificial intelligence such as procedural generation. In this paper, we propose an algorithm to create 3D game world using procedural generation. The proposed algorithm generates a two-dimensional contour in which the path is naturally connected using Perlin-Noise whose noise is gradually changed. A three-dimensional Height-Map is created based on the generated two-dimensional contour lines. The generated Height-Map show that the shape of the map is normal and that the player is able to move around all the sections as in the game world created by hand. In the future, we will improve the performance of algorithms and apply them to game.

**Key Words** : Procedural Generation, Artificial Intelligence, Perlin-Noise, Height-Map, GameWorld

1. 서론 스토리나 게임에서 제공하는 콘텐츠의 양이 늘어나고  
게임 산업이 발전함에 따라 게임 하나에 내포되는 있다. 이에 따라 게임을 플레이하는 게임월드의 크기

\*Corresponding Author : 이동엽(kongjumail@gmail.com)

Received March 8, 2018

Revised March 14, 2018

Accepted March 16, 2018

Published March 31, 2018

도 함께 커지고 있다[1-3].

게임월드는 일반적으로 게임을 개발하는 개발자가 수작업으로 제작하고 배치한다. 하지만 게임월드의 규모가 점점 방대해지고 있기 때문에 게임월드에 내포되는 오브젝트를 제작하고 디자인하는데 소요되는 시간과 인력 또한 증가하는 추세이다.

상용화된 게임 중에서 가장 큰 게임월드를 가지고 있는 게임은 『스페이스 엔진』으로 게임월드의 크기가 우주 전체와 유사하다. 이 게임은 우주에 대한 학습을 하는 시뮬레이션으로 수업 내에서 활용되기도 한다. 그 외에도 평균적으로 실물 크기의 도시 하나, 또는 그 이상의 게임월드를 게임 내에 포함하고 있는 게임들이 상용화되어 서비스되고 있다[4-6].

이에 따라 게임월드 제작에 할애되는 시간을 단축시키기 위해 일련의 규칙을 반복적으로 수행하여 게임에 활용되는 콘텐츠를 자동으로 생성하는 절차적 생성(Procedural Generation) 알고리즘에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[7-9].

본 논문에서 제안하는 절차적 생성 알고리즘은 펄린 노이즈(Perlin-Noise)를 이용해 점진적으로 노이즈가 변화되도록 하여 게임월드 제작에 활용 가능한 2차원의 등고선 데이터를 연산한다. 연산이 완료된 등고선 데이터를 바탕으로 높낮이를 나타낼 수 있는 3차원의 높이 맵(Height-Map)을 생성한다. 마지막으로 맵의 높낮이에 맞게 게임월드의 속성과 색상을 설정하여 실제 게임에서 사용하는 게임월드를 제작한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 펄린 노이즈 (Perlin-Noise)

1980년대 초반 펄린에 의해 개발된 펄린 노이즈(Perlin-Noise)는 서로 관계성이 없고 인지 가능한 패턴을 가지지 않는 난수를 만들어내는 기존의 의사 난수 생성과 다르게 부드럽게 정렬된 의사 난수 시퀀스를 생성해 유기적이고 생물적인 특성을 프로그래밍할 때 많이 사용된다.

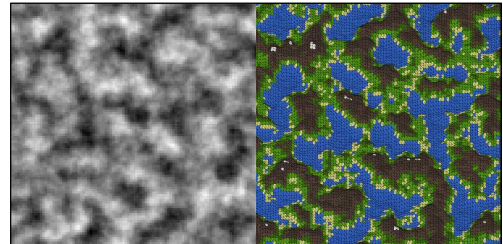


[Fig. 1] Noise and Perlin-Noise

[Fig. 1]은 0에서 1 사이의 의사 난수를 생성한 그래프와 펄린 노이즈(Perlin-Noise)를 이용해 의사 난수를 생성한 그래프를 보여준다[10-12].

### 2.2 3차원 높이 맵 (3-Dimension Height-Map)

3차원 지형을 렌더링할 때 사용하는 방법으로 지형을 위에서 보았을 때 이미지와 x, z축의 위치가 동일하게 표현되기 때문에 지형의 높이 정보인 y축 데이터를 흑백의 명암(0~255)으로 표현한다. 흑백 이미지의 명암 값을 높이 데이터로 활용하기 때문에 이미지의 크기가 작고, 이미지를 쉽게 제작할 수 있다는 장점을 가지고 있다[13-15].



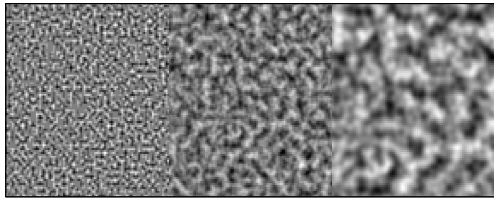
[Fig. 2] Perlin-Noise based image and Height-Map

## 3. Procedural Generator 구현

절차적 생성(Procedural Generation) 알고리즘을 이용해 게임월드를 제작하기 위해 먼저 펄린 노이즈(Perlin-Noise)를 이용하여 2차원의 등고선 데이터를 생성한다. 생성한 등고선 데이터를 이용하여 높낮이가 표현되는 3차원의 메시 기반 높이 맵(Height-Map)을 제작한다. 마지막으로 높이에 따라 표현되는 게임월드의 속성과 색상을 설정하여 게임에서 사용가능한 맵을 생성한다.

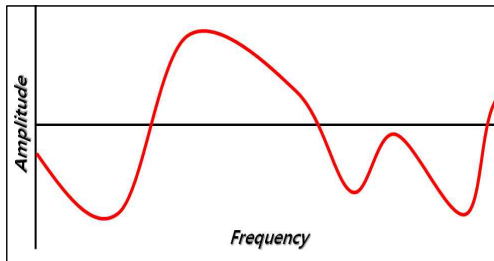
### 3.1 펄린 노이즈를 이용한 2차원 등고선

펄린 노이즈(Perlin-Noise)를 이용해 점진적으로 노이즈가 변화되도록 하여 게임월드 제작에 활용 가능한 2차원의 등고선 데이터를 연산한다. 펄린 노이즈는 [Fig. 3]과 같이 노이즈의 크기(Noise Scale)를 설정할 수 있다. 노이즈의 크기에 따라 게임월드의 밀집도가 변화된다.



[Fig. 3] Scale for world density (2, 5, 10)

필린 노이즈는 월드의 x축을 조작할 수 있는 진동 (Frequency) 데이터와 월드의 y축을 조작할 수 있는 진폭(Amplitude) 데이터를 가지고 있다.



[Fig. 4] Frequency and Amplitude

필린 노이즈에서 이러한 진동, 진폭 데이터를 하나의 층(옥타브, Octave)이라고 한다. 이 옥타브는 하나만 사용할 수도 있지만 하나만 사용하였을 때는 게임 월드의 등고선 데이터가 단조롭게 보일 수 있기 때문에 노이즈를 여러 옥타브로 분할하여 게임 월드에 사용되는 등고선 데이터를 세밀하게 표현한다.

여러 개의 옥타브를 사용하여 게임 월드의 등고선 데이터를 제작할 때는 하나의 옥타브만 게임 월드의 전체적인 모양에 영향을 줄 수 있도록 옥타브의 단계에 따라 진동과 진폭이 다르게 적용되도록 설정한다.

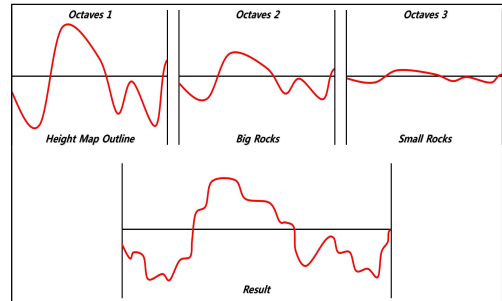
$$\text{Frequency} = \_Frequency \wedge n$$

$$\text{Amplitude} = \frac{1}{\_Amplitude \wedge n} \quad (\text{식 1})$$

$n$  : Octaves Level

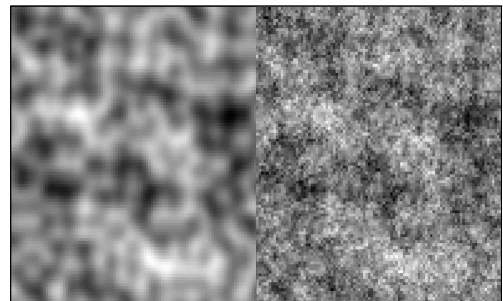
[식. 1]과 같이 첫 번째 옥타브는 진동과 진폭 데이터가 그대로 적용되어 게임 월드의 전체적인 외형을

나타내는 등고선 데이터를 연산한다. 두 번째 옥타브 부터는 진동의 간격은 늘어나고, 진폭의 폭은 점점 낮아져 게임 월드의 세부적인 표현을 나타내는 등고선 데이터를 연산한다. [Fig. 5]와 같이 3개의 옥타브를 하나로 합치게 되면 첫 번째 옥타브에 의해 전체적인 외형이 표현되고, 나머지 옥타브는 외형을 변질시키지 않고 세부적인 게임 월드를 표현한다.



[Fig. 5] Octave settings for detail of Game-World

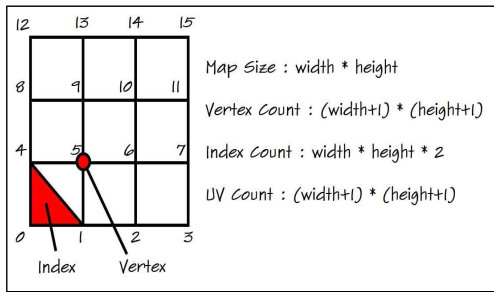
[Fig. 6]은 옥타브 층을 2개, 4개로 설정하였을 때 게임 월드의 데이터 변화를 관찰하여 나타낸 것으로 진동(Frequency)의 값을 3으로, 진폭(Amplitude)의 값을 1로 설정하여 관찰한 결과이다.



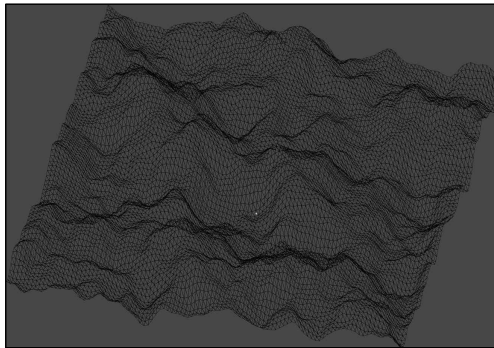
[Fig. 6] Variation of Game-World by octaves

### 3.2 높이 맵 (Height-Map) 생성

2차원 등고선 데이터를 바탕으로 전체 게임 월드를 메시(Mesh) 형태로 생성한다. [Fig. 7]과 같이 게임 월드의 크기에 맞게 점(Vertex) 정보를 생성하고, 점을 연결하는 삼각형(Triangles)을 제작한다. Vertex와 Triangles 정보를 바탕으로 제작된 메시는 [Fig. 8]과 같은 형태로 나타난다.



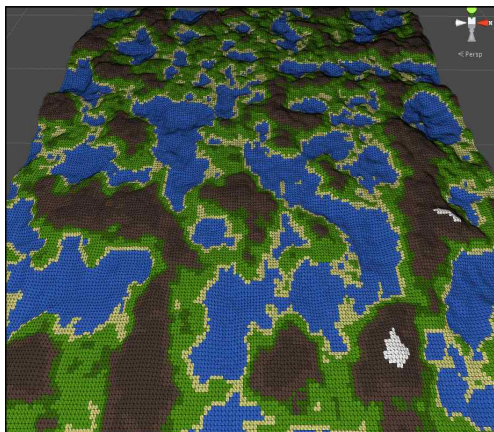
[Fig. 7] Create mesh based Mesh-Map



[Fig. 8] 3-Dimension Height-Map

### 3.3 게임 월드의 속성과 색상 설정

생성이 완료된 높이 맵(Hight-Map)의 높이 데이터를 바탕으로 게임월드에서 표현되는 맵의 속성을 설정하고, 각 속성에 맞는 색상을 설정하여 실제 게임에서 사용 가능한 게임월드를 제작한다.



[Fig. 9] Game-World with map attributes and colors

## 4. 실험 및 결과

본 논문에서는 펄린 노이즈(Perlin-Noise)를 이용해 등고선 데이터를 연산하고, 게임월드를 제작하는 절차적 생성(Procedural Generation) 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 점진적으로 노이즈가 변화되도록 하여 게임월드 제작에 활용 가능한 2차원의 등고선 데이터를 연산하고, 연산된 데이터를 활용해 3차원의 높이 맵(Hight-Map)을 제작한다. 제작이 완료된 높이 맵의 높낮이에 맞게 게임월드의 속성과 색상을 설정하여 실제 게임에서 사용하는 게임월드를 제작하였다.

[Fig. 10]은 본 논문에서 제안하는 절차적 생성 알고리즘을 활용해 자동으로 생성한 게임월드와 개발자가 수동으로 제작한 게임월드를 나타낸 것이다.



[Fig. 10] Procedural Generation(left), Hand-Draw(right)

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 효율성을 검증하기 위해 두 개의 게임월드에서 캐릭터의 이동에 대한 시뮬레이션을 진행하였으며, 캐릭터가 접근할 수 없는 제한구역 없이 두 월드에서 잘 이동하는 것을 확인하였다.

## 5. 결론

본 논문에서는 게임월드 제작에 소요되는 시간을 단축하기 위해 개발자가 직접 게임월드를 제작하는 것이 아닌 일련의 규칙을 반복적으로 수행하여 게임에서 활용 가능한 게임월드를 자동으로 생성하는 절차적 생성(Procedural Generation) 알고리즘을 제안하였다.

제안하는 알고리즘은 펄린 노이즈를 이용해 점진적으로 노이즈가 변화되도록 하여 게임월드 제작에 활용 가능한 2차원의 등고선 데이터를 연산한다. 연산이 완

료된 등고선 데이터를 바탕으로 높낮이가 표현되는 3차원의 메시 기반 높이 맵 (Height-Map)을 제작한다. 마지막으로 높이에 따라 표현되는 맵의 속성과 색상을 설정하여 게임에서 사용가능한 게임월드를 제작한다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 효율성을 검증하기 위해 제안하는 알고리즘으로 제작된 게임월드와 수작업으로 제작된 게임월드로서 캐릭터의 이동에 대한 시뮬레이션을 진행하였다. 실험 결과 제안하는 알고리즘으로 자동 생성한 게임월드로서 캐릭터가 접근할 수 없는 제한구역이 존재하지 않았으며, 게임월드의 모든 곳을 돌아다닐 수 있는 것을 확인하였다.

향후에는 생성된 게임월드에 지형의 속성에 따라 나무, 건물 등과 같은 오브젝트를 자동으로 배치하도록 알고리즘의 성능을 향상시켜 실제 게임에 적용할 것이다.

## REFERENCES

- [1] ApertureSilence, (2010). A relative size comparison of game world maps - fascinating! Retrieved from <https://www.giantbomb.com/profile/aperturesilence/blog/a-relative-size-comparison-of-game-world-maps-fasc/49712/>
- [2] J. Togelius & J. Schmidhuber. (2008). An experiment in automatic game design. *Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*.
- [3] M. J. Nelson & M. Mateas. (2007). Towards automated game design. *AI\*IA: Artificial Intelligence and Human-Oriented Computing*, 626-637.
- [4] Mine TV, (2017). What is the actual map size in the game? Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=vWc0X4KV6Lk>
- [5] J. Togelius., M.Preuss., N. Beume., S. Wessing., J. Hagelbck., G. N. Yannakakis., & C. Grappiolo. (2013). Controllable procedural map generation via multiobjective evolution. *Genetic Programming and Evolvable Machines*.
- [6] A. Liapis., G. N. Yannakakis., & J. Togelius. (2013). Towards a generic method of evaluating game levels. *Proceedings of the AAAI Artificial Intelligence for Interactive Digital Entertainment Conference*.
- [7] J.M. Kim, P. Oh., S.J. Kim., & S.M. Hong. (2016). Automatic Map Generation without an Isolated Cave Using Cell Automata Enhanced by Binary Space Partitioning. *Journal of Korea Game Society*, 16(6), 59-68.
- [8] Minhui, W. (2017). The game map design based on A\* algorithm. *Journal of Multimedia tools and applications*, 76(16), 17231-17253.
- [9] J. Togelius., G. N. Yannakakis., K. O. Stanley., & C. Browne. (2010). Search-Based Procedural Content Generation. *Proceedings of the 2010 international conference on Applications of Evolutionary Computation*. 3(3), 172-186.
- [10] Y.R. Sim., H.Y. Kang., & J.H. Han. (2016). Multi-resolution Perlin Noise Decomposition and Procedural Texture Synthesis by Example. *In Conference on HCI Korea*, 2016(1), 382-388.
- [11] J.W. Ko, B.P. Kyung., & D.Y. Lee. (2017). Procedural Map Generator Algorithm for Variableness Game World. *In Conference on Korea Game Society*, 159-162.
- [12] John C. Hart. (2001). Perlin noise pixel shaders. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS workshop on Graphics hardware*. 87-94.
- [13] K.M. Jeong. (2010). Implementation of a 3D Terrain Map Editor Based on Height Map. *Journal of The Korean Society for Computer Game*, 23, 79-85.
- [14] H.J. Na., Y.E. Choe., & M.J. Chung. (2014). Efficient 3D terrain mapping based on normal distribution transform grid. *Journal of ICCAS*, 76(16), 656-660.
- [15] Yokoya, N., Yamamoto, K., & Funakuro, N. (1989). Fractal-based analysis and interpolation of 3D natural surface shapes and their application to terrain modeling. *Computer Vision, Graphics, Image Processing*, 46(3), 284-302.

고정운(Jung-Woon Ko)

[학생회원]



- 2012년 2월 : 호서대학교 게임 공학과(공학사)
- 2014년 2월 : 호서대학교 게임학과(공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 게임디자인학과 박사과정

· 관심분야 : 게임 프로그래밍, 인공지능, 기능성 게임  
· E-Mail : nightofelf@nate.com

이동열(Dong-Lyeor Lee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 일본큐슈 예술공과대학원 예술공학과 정보전달달전공 (예술공학석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 게임디자인학과 교수

· 관심분야 : 게임캐릭터디자인, 컴퓨터그래픽  
· E-Mail : ezer@kongju.ac.kr

경병표(Byung-Pyo Kyung)

[정회원]



- 1994년 3월 : 일본큐슈 예술공과대학 예술공학과 정보전달전공(예술공학석사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 게임디자인학과 교수

· 관심분야 : 게임디자인, 컴퓨터그래픽, 멀티미디어  
· E-Mail : kyungbp@kongju.ac.kr

이완복(Wan-Bok Lee)

[정회원]



- 2004년 2월 : KAIST 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공(공학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 게임디자인학과 교수

· 관심분야 : 게임엔진, 시뮬레이션, 이산사건시스템  
· E-Mail : wblee@kongju.ac.kr

유석호(Seuc-Ho Ryu)

[정회원]



- 1997년 2월 : NYIT (Communication Art 예술학 석사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 게임디자인학과 교수

· 관심분야 : 게임 UI, 게임 인터랙션, 게임그래픽  
· E-Mail : seanryu@kongju.ac.kr

이동엽(Dong-Yeop Lee)

[정회원]



- 2002년 10월 : De Montfort University (Master of Arts)
- 2013sus 8월 : 상명대학교 감성공학과 (감성공학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 게임디자인학과 교수

· 관심분야 : 게임디자인, 게임 모델링, 멀티미디어  
· E-Mail : kongjumail@gmail.com