

# Sphero Ball 사물인터넷 애플리케이션 개발의 기술적 이슈

김상준, 신동하\*, 전재준, 성지민, 박춘우, 이재유, 김수동  
송실대학교 컴퓨터학과  
e-mail : kingdum1213@gmail.com, {donghashin, liopmjuk}@naver.com,  
{leuvireh, cnsdsla, jaeyoo1981, sdkim777}@gmail.com

## Technical Challenges in Developing Sphero Ball IoT Applications

Sang Joon Kim, Dong Ha Shin\*, Jae June Jeun, Ji Min Seong, Chun Woo Park, Jae Yoo Lee, and Soo Dong Kim  
Dept. of Computer Science, Soongsil University

### 요 약

사물 간의 인터넷 연결 확산으로 IoT 시대가 도래하면서, 사람이 접근하기 어렵거나 위험한 환경에서 활용 가능한 지상 이동형 IoT 디바이스에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. 특히 Amazon과 같은 사이트에서 전 세계적으로 유통되는 Sphero Ball 이 각광받고 있다. 그러나, Sphero Ball 애플리케이션을 개발하기 위해서는 디바이스의 특성이나 주변 환경으로 인해 생길 수 있는 기술적 이슈에 대한 이해가 필요하다. 본 논문에서는 Sphero Ball 애플리케이션 개발 및 실행의 기술적 이슈에 대해 나열한다. 이를 통해 Sphero Ball 애플리케이션 개발 이슈에 대한 이해를 돕고, 효율적인 개발과 운용 시 발생할 수 있는 오류의 예방이 가능하다.

### 1. 서론

Internet of Things (IoT)는 사물 혹은 디바이스가 무선 네트워크에 연결되어 이를 기반으로 다양한 서비스를 제공할 수 있는 기술이다. IoT 애플리케이션은 무선 네트워크를 통해 IoT 디바이스의 센싱, 액츄에이팅과 같은 기능을 사용함으로써 사용자에게 유용한 서비스를 제공한다 [1].

지상에서 이동하는 IoT 디바이스는 전쟁터 혹은 지하와 같은 사람이 접근하기 어렵거나 위험한 환경에서 유용해 널리 사용되고 있다. Sphero Ball 은 Amazon 등 사이트에서 활발히 유통되는 대표적인 지상 이동형 디바이스이다. 이에 따라, Sphero Ball 애플리케이션 개발과 활용이 다양하게 이루어지고 있다.

현재까지 Sphero Ball 디바이스의 특성과 환경으로 인해 발생하는 개발과 실행 관련 기술적 이슈에 대한 연구가 충분하지 않다. 즉, Sphero Ball 의 기술적 이슈에 대한 분석과 이를 위한 솔루션이 부족하여 애플리케이션 개발의 어려움과 운용 시 오류가 발생한다.

본 논문에서는 Sphero Ball 애플리케이션을 개발 및 실행 시 발생할 수 있는 기술적 이슈들을 나열한다. 제시된 기술적 이슈를 숙지하면 Sphero Ball 애플리케이션의 신뢰성을 높이고, 운용 시 오류를 예방하여 높은 품질을 기대할 수 있다.

### 2. 관련연구

[2]의 연구는 IoT 애플리케이션의 개발 시 고려해

야 할 소프트웨어적 이슈와 발전 방향을 제시하였다. 하지만, 이 연구는 IoT 애플리케이션의 소프트웨어적 이슈만을 고려하고 있으며, IoT 디바이스의 하드웨어적 이슈와 실행 환경에 대한 고려가 미흡하다.

[3]의 연구는 선회주행에서 IoT 디바이스의 이동 속도보다 장치의 관성이 더 큰 영향을 갖는다는 실험 결과를 제공한다. 이 연구는 하드웨어적인 조작을 통한 IoT 디바이스의 선회주행 특성을 중점적으로 다루고 있지만 소프트웨어적인 접근을 통한 제어 방법에 대해서는 다루고 있지 않다.

Marsman 의 연구는 사용자와 IoT 디바이스 관리 운용 시스템이 제어 권한을 공유하여 Sphero Ball 의 실시간 제어 비용을 최소화하는 기법을 제안한다[4]. 이 연구는 IoT 디바이스에 대한 명령 주체의 변환을 지원하며, 각 주체에서 서로 다른 방향으로 IoT 디바이스 이동 명령이 발생하였을 때 처리 기법을 제시하고 있다. 그러나, 급격한 방향 전환 시 관성으로 인해 발생하는 오차 처리 방안에 대한 설계가 부족하다.

현재까지 IoT 관련 연구에서 IoT 디바이스의 위치 측정에 대한 중요성이 강조되고 있고, Structure from Motion 을 이용한 이미지 처리 [5]와 Error Propagation Aware 을 이용한 오차 인지 [6], 디바이스 간의 거리 측정[7] 등 다양한 기법들이 제시되었다. 제시된 기법들을 활용하면 실내에서 IoT 디바이스의 위치 파악이 가능하다. 그러나, Sphero Ball 과 같은 IoT 디바이스는 하드웨어적인 특성에 따라 제시된 기법의 적용이 제한되어 IoT 디바이스의 이동거리 및 방향을 고려한 위치 측정 기법이 요구된다.

\* Corresponding author

### 3. 개발 관련 기술적 이슈

본 절에서는 Sphero Ball 애플리케이션 개발 시 발생할 수 있는 기술적 이슈들을 나열한다.

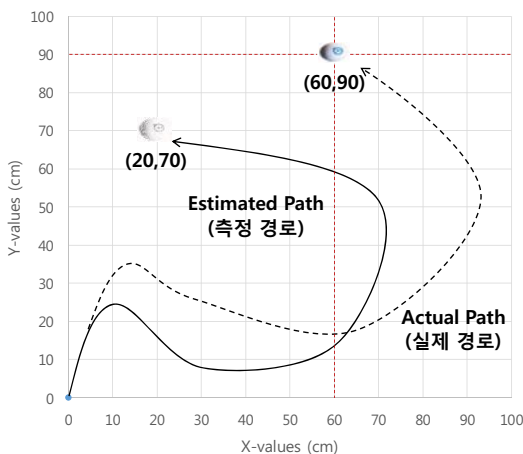
#### 3.1. Sphero Ball 위치 정보 부재의 이슈

Sphero Ball 의 위치 측정은 움직임을 제어하는 모든 애플리케이션 개발을 위해 반드시 필요하다. 예를 들면, 사용자의 가시성을 벗어나 자체적인 이동이 가능하기 때문에 사용자가 위치를 파악할 수 있는 기능이 필요하다. 또한, 특정 지점에 대한 좌표 정보를 활용하여 사용자의 의도대로 이동하는 기능이 많이 사용되고 있어 정확하게 위치를 측정하는 기법이 중요하게 다뤄진다.

Sphero Ball 은 좌표 정보로 활용할 수 있는 API 를 제공하지만 정확한 위치를 측정하기에는 다음과 같은 한계가 있다.

- 위치를 찾기 위한 센서의 부재
- 측정된 정보의 판단 오류
- 공회전으로 인한 위치의 오차

(그림 1)은 Sphero Ball 이 측정한 위치 좌표와 관성에 의해 이동한 실제 위치의 차이를 나타낸다.



(그림 1) 측정된 위치 좌표와 실제 위치의 차이

Sphero Ball 은 GPS 같은 위치 측정 센서의 부재로 인해 모터의 회전량을 계산하여 간접적인 위치를 측정하기 때문에 정확한 위치를 측정하는 것에 한계가 있다. API 에서 측정된 좌표 정보를 제공하지만, 실제 이동하지 않아도 모터가 회전하는 경우 위치 이동으로 판단하게 된다. 따라서, 속도나 방향 전환에 따른 공회전으로 인해 (그림 1)의 실선인 측정 경로와 점선인 실제 경로가 달라도 모터의 회전량이 같으면 실제 위치 (60,90)이 아닌 측정된 좌표 위치 (20,70)로 간주하여 정확도가 보장되지 않는다.

오차가 발생한 좌표 정보는 사용자가 Sphero Ball 의 위치를 파악하기 위한 기능과 출발 지점으로 이동하는 기능을 포함하는 위치 기반의 유용한 애플리케이션을 만드는 데 제한이 있다.

#### 3.2. Sphero Ball 특정 지점 이동 이슈

Sphero Ball 은 사용자가 조작하는 기능뿐만 아니라 자체 이동성을 가지고 있어 특정 지점을 찾아가는 기능이 중요하게 다뤄진다. 또한, 특정 지점으로 이동하는 기능은 이동 명령을 제어하기 편리해 이동 기반 애플리케이션을 다양하게 개발할 수 있다.

Sphero Ball 은 이동성을 제어하기 위한 여러 API 를 제공하지만 현재까지 특정 지점으로 이동하기 위한 기능에는 다음과 같은 한계가 존재한다.

- 좌표 정보를 이용한 이동 기능 API 의 부재
- 특정 지점에서 정확한 제동의 어려움

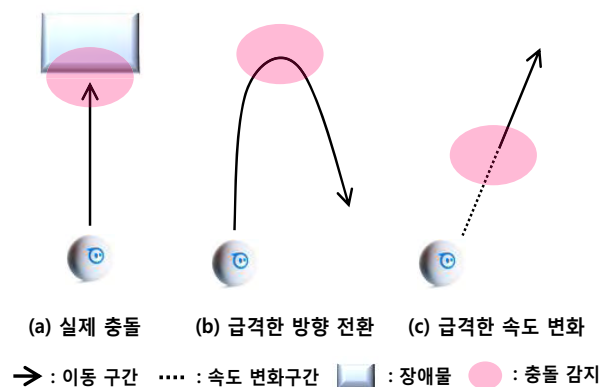
좌표 정보를 제공하는 API 와 Sphero Ball 의 움직임을 제어하는 API 는 지원한다. 좌표 정보에 대한 API 는 현재 위치를 측정해주고, 특정 지점의 위치를 좌표 정보로 활용을 가능하게 한다. 움직임을 제어하는 API 는 방향과 속도를 입력 받아 이동을 가능하게 한다. 그러나, 특정 지점으로 가기 위해서 좌표 정보를 이용해 방향과 거리를 계산하며 이동하는 API 는 제공하지 않는다. Sphero Ball 은 공 형태의 특성상 제동 명령을 받았을 때 정확한 지점에서 바로 멈추지 못하고, 속도에 의한 관성이 발생하여 정확한 지점으로 이동하는데 한계가 있다.

API 에서 충분한 기능을 지원하지 않기 때문에 나열된 문제점들에 의해서 많이 사용되는 기능임에도 늘 개발해야 하는 불편함이 생긴다. 또한, 목표지점으로 정확한 이동이 어려워 자체적으로 위치를 찾아 이동하는 기능 개발 시 제한이 생긴다.

#### 3.3. Sphero Ball 충돌 감지 및 처리 이슈

Sphero Ball 이 장애물을 감지하고 충돌상황을 예측하여 충돌로 인해 발생할 수 있는 예외상황을 제거하는 것이 바람직하다. 하지만, 이동 중 발생하는 장애물과의 충돌은 예측이 불가능하기 때문에 충돌감지와 처리 기능이 더욱 중요하게 다루어진다.

(그림 2)는 Sphero Ball 이 이동 중 충돌로 감지할 수 있는 상황을 보여준다.



(그림 2) Sphero Ball 충격 감지 상황의 예

충격 감지 센서 API 에서는 내부 축의 충격 값을 활용하여 사용자가 설정한 임계 값을 초과 하는 경

우 충돌 상황으로 처리한다. 그러나, Sphero Ball 에 어플리케이션 개발 시 활용할 수 있는 충돌 감지 센서 사용에는 (그림 2)에서 제시한 예와 같은 한계점이 있다.

(그림 2)에서는 Sphero Ball 이 실제로 장애물과 충돌하여 충돌상황으로 감지하는 정상적인 작동 (a) 과 급격한 방향 전환 (b), 속도의 변화 (c) 등으로 인해 발생하는 충격에 대해서도 동일하게 감지하는 문제점을 보여준다.

API 활용 시 구동환경에 발생할 수 있는 충격 량을 고려하여 임계 값을 설정 할 수 있지만, 구동 중 발생할 수 있는 비정상적인 충돌감지에 대한 처리에는 어려움이 있다.

#### 4. 실행 관련 기술적 이슈

본 절에서는 Sphero Ball 어플리케이션 실행 시 발생할 수 있는 기술적 이슈들을 나열한다.

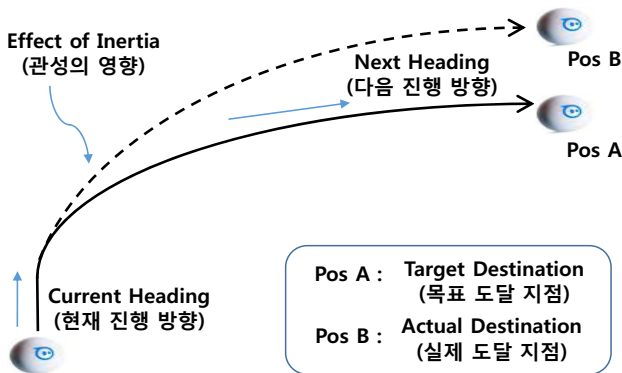
##### 4.1. Sphero Ball 방향 전환의 정확도 이슈

Sphero Ball 이 수행하는 대부분의 이동에는 방향 전환이 필요하며, 어플리케이션이나 사용자가 목표하는 위치에 정확하게 Sphero Ball 이 도달하도록 어플리케이션을 개발해야 한다.

Sphero Ball API 에서 활용할 수 있는 drive(heading, velocity) 메소드가 방향과 속도를 입력 받아 Sphero Ball 을 움직이며, 이 메소드의 방향 값을 변경해서 적용하면 Sphero Ball 의 방향을 전환할 수 있다. 그러나, drive() 메소드의 방향 값을 바꾸는 방법만으로는 목표 지점에 도달하도록 정확도를 높이는 것이 어렵다. Sphero Ball 방향 전환의 정확도에 영향을 주는 원인들은 다음과 같다.

- 속도에 비례한 관성 (Inertia)
- 표면의 재질 (Textile Condition)
- 방향 전환하는 표면의 기울기 (Flatness)

(그림 3)은 관성에 의해 발생하는 실제 도달 지점과 목표 도달 지점의 오차를 보여준다.



(그림 3) 관성으로 인한 오차 발생

방향 전환의 정확도를 높이기 위해서 관성을 제어해야 하지만, 현재 Sphero Ball API 를 활용한 관성 제어는 어렵다. Sphero Ball 은 표면과 접촉하는 면

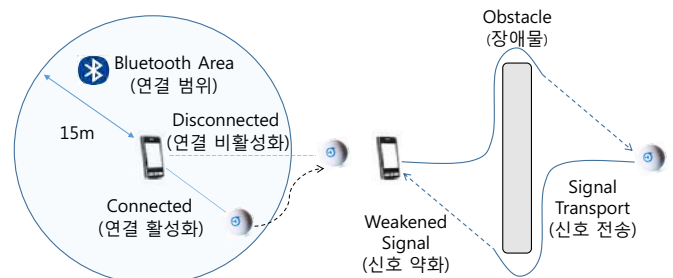
적이 좁아 표면의 기울기와 재질의 영향을 많이 받으며, 표면의 특징을 파악하여 알맞은 방향 전환을 해야 한다. 그러나, 현재 Sphero Ball 에는 표면의 재질이나 기울기를 파악하는 센서가 따로 탑재되어 있지 않아, 방향 전환의 정확도를 높이는 데 어려움이 있다.

Sphero Ball 이 방향 전환 후 어플리케이션이나 사용자가 목표하는 지점에 도달하지 못하면, Sphero Ball 의 움직임이 개발 시 고려한 것과 다르고, 위치 기반의 기능 또한 오차가 발생할 수 있다.

##### 4.2. 불안정한 블루투스 연결성 이슈

어플리케이션과 Sphero Ball 은 블루투스를 활용하여 패킷을 지속적으로 주고 받게 된다. 어플리케이션에서는 Sphero Ball 의 색깔, 모터 제어 등을 위해 데이터를 전송하고, Sphero Ball 은 센서값, 상태정보 등을 어플리케이션으로 전송하게 된다. 이동성을 가지는 디바이스 특성을 고려 할 때 어플리케이션의 조작과 실제 Sphero Ball 동작이 원격에서 이루어져야 하므로 상호간의 블루투스 연결 상태가 안정 되어야 한다.

(그림 4)는 Sphero Ball 의 자체 이동성에 의해 발생할 수 있는 블루투스 연결성 이슈를 보여주는 예이다.



(a) 블루투스 범위를 벗어나는 경우 (b) 장애물이 신호를 방해하는 경우  
(그림 4) 불안정한 연결 상태의 예

Sphero Ball 과 블루투스 통신방식의 특성은 한계점이 존재한다. 고정된 디바이스와 달리 블루투스를 통신 장치가 계속 이동하게 되므로 불안정한 통신상태가 될 가능성이 높아진다. (그림 4)에서 Sphero Ball 이 이동 중 통신 가능한 블루투스 범위 15m 를 벗어나게 되는 경우 (a)는 연결이 비활성화 되는 상황을 보여준다. 또한, 장애물이 블루투스 신호를 방해하는 경우 (b)는 신호의 강도가 약해지는 상황을 나타낸다.

Sphero Ball 동작 중 블루투스 연결 상태가 불안정할 시, 어플리케이션에서 조작에 어려움이 있고, 어플리케이션에서 전달하는 마지막 명령을 계속해서 수행하는 문제점이 발생한다.

##### 4.3. Sphero Ball 이동과 환경 특성 의존성 이슈

Sphero Ball 은 다른 특성을 가지는 여러 환경에서 이동할 수 있다. 표면 재질에 따라 작용하는 마찰력이 다르고, 이동 경로에 따라 경사의 차이가 있다. 이러한 환경 특성을 고려하여 Sphero Ball 동작의 정

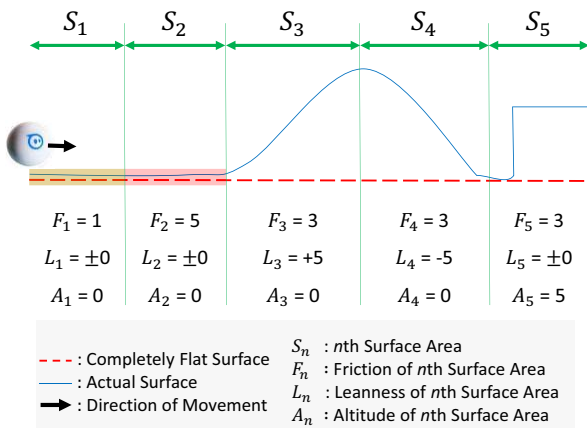
확도를 높일 수 있다.

Sphero Ball 은 환경 특성을 감지하는 센서가 탑재되어 있지 않아 환경 특성에 따른 움직임을 예측하기 어렵다. 따라서, Sphero Ball 이 동일한 명령에도 다른 동작을 보일 수 있다.

Sphero Ball 의 동작 수행에 직접적인 영향을 주는 환경 요소는 다음의 세 가지가 있다.

- 표면의 마찰력 (Surface Friction)
- 표면 경사도 (Surface Leanness)
- 환경 낙차 (Environment Altitude)

(그림 5)는 위치에 따라 위 세 가지 환경 특성을 다르게 가진 가상 환경을 나타낸다. 세 특성은 모두 상대적으로 표시하고 있으며, 마찰 정도는 0 에서 5, 경사 정도는 -5 에서 +5, 낙차는 0 에서 5 의 범위를 가진다.



(그림 5) 위치에 따라 다른 특성을 가지는 가상 환경

Sphero Ball 이 각 표면에서 동일한 속도로 동작하도록 명령 시 상대적 수치로 표현된 환경 특성에 따라 마찰력이 작은  $S_1$ 에서는 기존 속도보다 빠르게, 마찰력이 큰  $S_2$ 에서는 느리게 이동하게 된다. 경사가 있는  $S_3$ 와  $S_4$ 에서는 Sphero Ball 구 형태의 성질과 중력의 영향을 받아 속력의 변화가 발생할 수 있다. 또한, 디바이스의 특성상 낙차가 존재하는  $S_5$ 에서는 주행이 제한적이다.

Sphero Ball 은 환경 상태에 따라 의존적으로 동작하기 때문에 이동 기반의 애플리케이션 개발에 제약이 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구

Sphero Ball 은 대표적인 이동형 IoT 디바이스로 특성과 환경에 따라 민감하게 영향을 받으며, 이는 효율적인 애플리케이션 개발에 여러 문제를 발생시킨다. 그러나, 기존 연구의 경우 특정 디바이스의 특성 및 구동환경으로 인해 발생할 수 있는 기술적 이슈에 대한 분석이 부족하다.

본 논문은 Sphero Ball 애플리케이션 개발 및 실행 시 발생할 수 있는 이슈들을 제시 및 분석하였다. 제시된 기술적 이슈에 대한 이해의 중요성과 이슈의 발

생 원인을 분석하고, 이로 인한 문제점을 상세히 기술하였다. Sphero Ball 애플리케이션 개발자가 이슈를 숙지하면, 효율적인 애플리케이션 개발이 가능하고 운용 시 오류를 예방하여 높은 품질을 기대할 수 있다.

본 논문에서 나열한 Sphero Ball 애플리케이션 개발 및 실행 시 발생하는 이슈들에 대한 솔루션은 향후 연구에서 다룬다.

### Acknowledge

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012R1A1B3004130).

### 참고문헌

- [1] Jayavardhana, G., Rajkumar, B., Slaven, M., and Marimuthu, P., "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Journal of Future Generation Computer Systems*, Vol. 29, Issue 7, pp. 1645-1660, September 2013.
- [2] 광경섭, "IoT와 소프트웨어적 과제," *정보과학회지*, 제 32권, 제 6호, pp. 9-18, June 2014.
- [3] 김민호, 이명희, 이동원, 왕현민, "구(Sphere) 형태의 토크 구동 장치 선회 주행 제어를 위한 휠 회전 가속도 및 속도 제어에 관한 연구," *정보 및 제어 심포지움 논문집 (ICS 2011)*, pp. 69-73, April 2011.
- [4] Marsman, J.P., "Sharing Control with a Robotic Ball," *Radboud University Bachelor Thesis*, pp. 1-53, August 2013.
- [5] 조창우, 정창성, "사물인터넷에서 객체의 물리적 위치 측정 방법," *대한전자공학회 학술대회 논문집*, Vol. 2014, No. 6 제 37권, 제 1호, pp. 1554-1556, June 2014.
- [6] Alsindi, N., Pahlavan, K., and Alavi, B., "An error propagation aware algorithm for precise cooperative indoor localization," *In Proceedings of Military Communications Conference (MILCOM 2006)*, pp. 23-25, October 2006.
- [7] Joon Young J., Dong Oh K., and Chang Seok B., "Peer to Peer Signal Characteristic Between IoT Devices for Distance Estimation," *In Proceedings of Internet of Things (WF-IoT)*, pp. 208-211, March 2014.