



# 실전 ROS 시스템 구축

Python, Matlab을 이용한 ROS

Donghoon Park

Copyright © 2016 Donghoon Park

PUBLISHED BY PUBLISHER

SIGMA.SNU.AC.KR

GPL License

*First printing, June 2016*

# Contents

	Part1
<b>1</b>	<b>ROS 개요 및 환경설정 .....</b> <span style="float: right;">7</span>
1.1	ROS란 무엇인가 <span style="float: right;">7</span>
1.2	ROS를 사용하기 위해서는? <span style="float: right;">8</span>
1.3	Ubuntu 설치 <span style="float: right;">8</span>
1.4	ROS 설치 <span style="float: right;">10</span>
1.5	<b>Python Development Environment</b> <span style="float: right;">12</span>
1.5.1	Pycharm .....
1.5.2	Python Package Manager Install .....
<b>2</b>	<b>In-text Elements .....</b> <span style="float: right;">15</span>
2.1	<b>Theorems</b> <span style="float: right;">15</span>
2.1.1	Several equations .....
2.1.2	Single Line .....
2.2	<b>Definitions</b> <span style="float: right;">15</span>
2.3	<b>Notations</b> <span style="float: right;">16</span>
2.4	<b>Remarks</b> <span style="float: right;">16</span>
2.5	<b>Corollaries</b> <span style="float: right;">16</span>
2.6	<b>Propositions</b> <span style="float: right;">16</span>
2.6.1	Several equations .....
2.6.2	Single Line .....
2.7	<b>Examples</b> <span style="float: right;">16</span>
2.7.1	Equation and Text .....

2.7.2	Paragraph of Text .....	17
<b>2.8</b>	<b>Exercises</b>	<b>17</b>
<b>2.9</b>	<b>Problems</b>	<b>17</b>
<b>2.10</b>	<b>Vocabulary</b>	<b>17</b>

II

## Part Two

<b>3</b>	<b>Presenting Information .....</b>	<b>21</b>
3.1	Table	21
3.2	Figure	21
	<b>Bibliography .....</b>	<b>23</b>
	Books	23
	Articles	23
	<b>Index .....</b>	<b>25</b>

# Part1

## 1 ROS 개요 및 환경설정 ..... 7

- 1.1 ROS란 무엇인가
- 1.2 ROS를 사용하기 위해서는?
- 1.3 Ubuntu 설치
- 1.4 ROS 설치
- 1.5 Python Development Environment

## 2 In-text Elements ..... 15

- 2.1 Theorems
- 2.2 Definitions
- 2.3 Notations
- 2.4 Remarks
- 2.5 Corollaries
- 2.6 Propositions
- 2.7 Examples
- 2.8 Exercises
- 2.9 Problems
- 2.10 Vocabulary



# 1. ROS 개요 및 환경설정

## 1.1 ROS란 무엇인가

ROS는 Robot Operating System 으로, 로봇과 관련된 여러 패키지를 제공하고, 특히 프로시저간의 안전한 통신 규약을 제공하는 프로그램입니다. Operating System이라는 이름 때문에 오히려 ROS의 개념에 대해 헷갈려하는 분들이 계신데, ROS는 OS가 하는 일을 일부 도맡아서 하는 프로그램으로 생각하시면 됩니다.

ROS는 2016년 6월 시점으로 ROS Kinetic 버전까지 나와있으며, ROS의 마스코트는 왜인지 모르겠지만 거북이이고, 레퍼런스 로봇은 거북이(turtlebot)이고, 예제도 거북이로 시작합니다. ROS는 설치하는 과정 자체가 기존 Linux유저 기준으로 어려운 편은 아니지만, 로봇을 만드는 사람들이 모두 Linux에 익숙한 것은 아니기 때문에 설치 난이도가 낮은 편은 아닙니다. 어떻게 보면 매우 어려운 설치 과정을 거치는데, 이런 고생을 하면서까지 왜 ROS를 사용해야 하는지에 대해 이야기해보도록 하죠.



ROS의 필요성에 대해 이야기하려면 ROS가 어떤 것인지부터 이야기해야 할 것입니다. 프로그래머의 입장에서 보면, ROS는 일종의 라이브러리입니다. Python, C++, Matlab, Javascript 등에서 돌아가는 라이브러리를 공식적/ 비공식적으로 제공하며, 프로그램 언어에서 쉽게 불러와서 사용할 수 있습니다. ROS 라이브러리가 제공하는 API는 상당히 단순합니다. 데이터를 저장하고 불러오는 두 가지 방식에 대한 함수(or Functional Block)를 제공할 뿐입니다. 여기서

의문이 들 수 있습니다. 리눅스에 조금 익숙하신 분이라면 알겠지만 리눅스에서는 변수 공유를 그다지 어려운 과정을 거치지 않고 할 수 있습니다. 왜 굳이 ROS를 써야 하는 것일까요? 그 해답은 ROS의 호환성에 있다고 할 수 있습니다. ROS는 다른 언어간에도 심지어 다른 하드웨어간에도 변수 공유를 위한 프로토콜을 제공합니다. 그리고 무엇보다도 프로그램을 패키지화시키고 나면, 우리가 프로그램의 내부를 아예 모르고도 그 패키지에서 뽑아주는 변수만 사용할 수 있다는 점이 가장 큰 장점이죠. 사실상의 하드웨어 플러그 앤 플레이를 진정하게 가능하게 하는 것이죠. ROS 패키지를 이용할 때는 소프트웨어 패키지는 설치 후 실행만 하면 됩니다. 하드웨어 연결이 필요한 패키지는 동일한 하드웨어 구성 후 꽂고, 패키지를 실행하면 됩니다. 기존에 개발한 하드웨어에 대한 완벽한 재사용성을 확보할 수 있는 것이죠. 임베디드 환경에서 구르던 로봇 프로그래머들에게 조금 더 감을 잡을 수 있게 예시를 들어보자면, 다른 사람이 짠 아두이노 시스템을 컴퓨터에 꽂기만 하면 주요 변수를 ROS가 directory 형식으로 정리해서 보여준다는 말도 안 되는 일이 가능해집니다.

결론적으로, 하드웨어 및 소프트웨어의 모듈화 및 재사용성을 극한까지 추구할 수 있는 구조가 ROS라고 보시면 됩니다.

## 1.2 ROS를 사용하기 위해서는?

ROS를 사용하기 위해서는 먼저 시스템을 구성해야 합니다. ROS는 보통 Ubuntu라는 리눅스 배포판 위에 올려서 쓰는 것이 일반적입니다. Ubuntu 위에서는 ROS를 비교적 쉽게 명령줄 도구를 이용해서 설치할 수 있습니다. 또한, Ubuntu는 리눅스 배포판 중 매우 유명한 측면 속하며 ARM 보드를 상당히 잘 지원하기 때문에 소형 로봇 시스템에도 올릴 수 있다는 점에서 Ubuntu 위에서 ROS 구성 후 실습을 하시는 것을 권장합니다.

그리고, ROS에 접속하는 프로그램을 짜는 과정 또한 필요하기 때문에 개발용 프로그램 언어 환경 또한 설치해야 합니다. 보통 ROS 접속 프로그램을 짤 때는 Python, C++ 등의 언어를 사용합니다. 이 책에서는 Python을 주 개발 언어로 사용하는 과정에 대해 이야기하겠습니다. 보다 나은 성능을 원한다면 C++을 이용하는 것을 권장합니다. ros 기본 메뉴얼은 C++로 작성되어 있기 때문에, 기본 ros 매뉴얼을 따라서 한다면 C++ 프로그래밍은 어렵지 않게 할 수 있습니다. 이 교재에서 Python을 주 언어로 사용하는 이유는 스크립트 인터프리터를 이용한 실시간 코드 확인이 가능하기 때문입니다. 다시 한번 강조하지만 프로그램이 무거운 경우 C++에서의 개발을 권장합니다.

또한 이것은 필자의 개인적인 추천인데, Matlab을 활용할 수 있는 환경에 있고, 로봇의 Computing Power가 충분히 좋은 경우 Matlab의 Simulink를 사용하는 것을 추천합니다. Matlab Simulink는 Gui Block Programming Language로 시스템 구성에 있어서는 매우 탁월한 기능을 갖추고 있습니다. 특히, DSP Filter 구성에서는 따라올 대안이 없다는 것에는 대부분의 엔지니어가 동의할 것입니다.

따라서 본 교재를 전부 보기 위해서는 아래와 같은 환경을 구성하고 가는 것을 추천합니다.

1. Ubuntu 14.04 or Ubuntu 16.04
2. ROS Jade or Kinetic
3. Python 2.7 and Development Environment
4. Matlab 2016a with Simulink Robotics Communication Block

이제 해당 환경들을 설치하는 방법에 대해서 차근차근 설명해 보겠습니다.

## 1.3 Ubuntu 설치

이번 섹션에서는 Ubuntu를 설치하는 방법에 대해 이야기해 보겠습니다. Ubuntu는 앞서 말했듯이 리눅스 시스템으로, ROS를 올리기 좋은 환경을 제공해줍니다. 하드웨어를 연계해서 개발을 할 예정이니 Virtual Machine이 아닌 Native로 설치하는 것을 권장합니다. ARM 보드 위에 설치한 Ubuntu를 가지고 교재를 진행하는 것은 권장하지 않습니다. 왜냐하면 ARM에는 지원되지 않는 ROS 패키지가 많으며, 이 교재는 64비트 x86 CPU (일반적인 Intel, AMD CPU) 기준으로 쓰여졌기 때문입니다.

먼저 Ubuntu ISO Image를 다운로드 받습니다. 우분투 공식 배포판을 활용하는 것을 추천합니다.

#### Link 1.3.1 — <http://www.ubuntu.com/>. : Ubuntu 공식 홈페이지

Ubuntu 공식 홈페이지에 접속하셔서 Desktop 버전을 다운로드 받으세요. LTS(Long Term Support) 버전을 사용하는 것을 추천합니다.

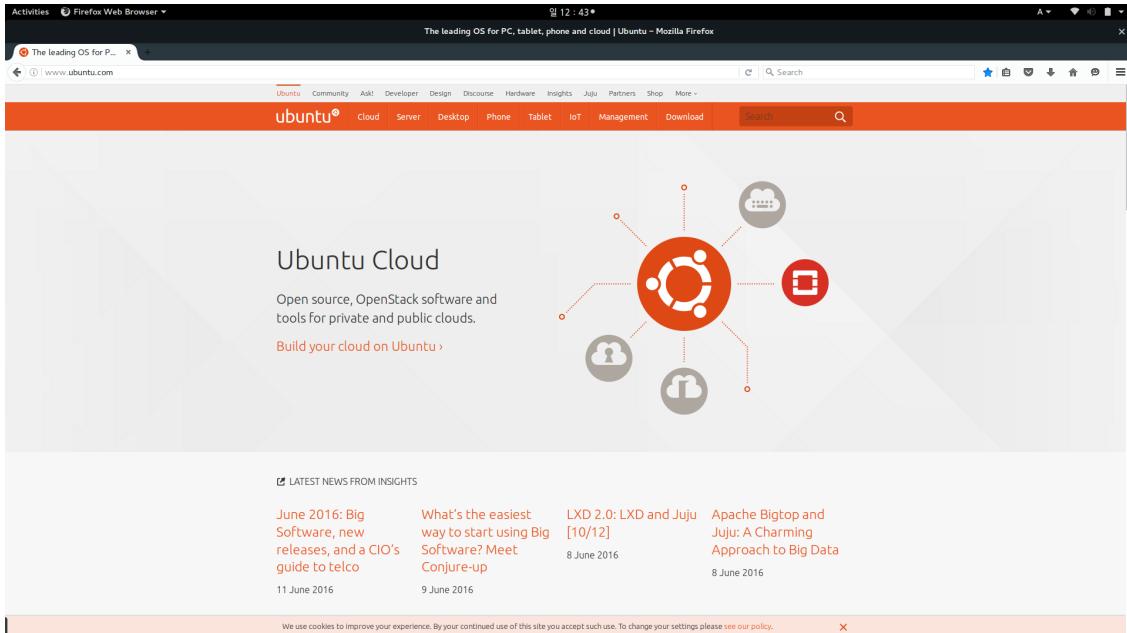


Figure 1.1: Ubuntu 공식 페이지

다운로드 받은 ISO 파일은 이제 usb에 넣어 부팅 usb를 만들고 설치해야 합니다. 해당 과정은 잘 정리되어 있는 블로그 링크가 있기에 아래에 첨부합니다.

#### Link 1.3.2 — <http://sergeswin.com/1178>. : Ubuntu 부팅 usb 제작과정

해당 블로그의 글을 보고 부팅 usb를 만드셨다면, 이제 컴퓨터 파티션에 공간을 30GB 정도 남긴 뒤(단순히 free space가 아니라 disk 관리로 들어가셔서 가용 공간을 확보하셔야 합니다.) usb로 부팅해서 해당 공간에 ubuntu를 설치하세요. 공식 홈페이지에서 튜토리얼을 제공하니 참고하셔서 설치하면 어렵지 않게 설치가 가능합니다.

#### Link 1.3.3 — <http://www.ubuntu.com/download/desktop/install-ubuntu-desktop>. : Ubuntu 설치 과정

사실 Ubuntu는 리눅스 중에서도 매우 사용자 친화적인 배포판이기 때문에 설치순서 자체가 어렵다기보다는, 설치 과정 중에 생기는 문제가 해결하기 까다롭습니다. 그러나 개인별 증상이 매우 다르고, 그 때마다 해결책도 다르기 때문에 모든 것을 매뉴얼로 만들기는 사실상 불가능 합니다. Ubuntu 설치 중에 문제가 생긴다면 아래 사이트를 참고해서 해결하도록 노력해보세요. Linux 환경에서 작업을 하기 위해서는 해당 배포판의 포럼을 계속해서 들락 날락 하는 노력이 필요하답니다.

#### Link 1.3.4 — <http://askubuntu.com/>. : AskUbuntu Forum

무사히 Ubuntu를 설치하셨다면 축하합니다! 다음 파트에서는 드디어 ROS를 설치해 보겠습니다.

## 1.4 ROS 설치

ROS는 2016.06 현재 ROS Kinetic Version 까지 나와 있습니다. ROS 또한 Ubuntu와 마찬가지로 여러 가지 배포판이 나와있는데, 일반적으로 비슷한 시기에 나온 Ubuntu와 ROS 배포판이 호환성이 좋습니다. Ubuntu 14.04를 설치해 온 분은 ROS Jade, Ubuntu 16.04를 설치해 온 분은 ROS Kinetic을 권장합니다. 혹시나 개발기간이 촉박해서 기존 패키지를 조합하는 방식의 개발을 원하는 분은 구버전인 ROS Indigo를 사용하셔도 좋습니다. ROS는 최신버전으로 올수록 apt-get을 이용해 간단히 설치할 수 있는 패키지가 줄어들기 때문에, 최신버전과 패키지의 숫자 사이에서 잘 저울질 해서 알맞은 버전을 선택하시길 바랍니다.



Figure 1.2: ROS Versions

ROS 설치를 위해서는 Ubuntu에서 커멘드 라인을 실행해야 합니다. 일반적인 환경을 구축했다면 Ctrl + Alt + T 를 누르면 아래와 같이 커멘드라인이 실행됩니다.

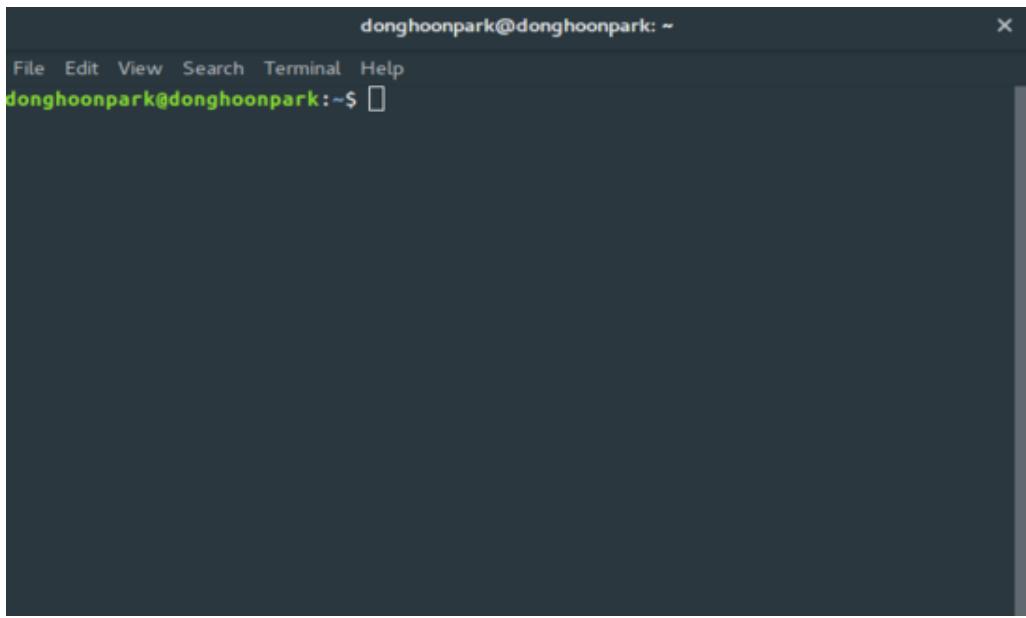


Figure 1.3: Terminal 실행 창

이제 이 창 위에 설치 명령어를 입력하여 ROS를 설치하게 됩니다. ROS 설치는 대부분 비슷한 과정으로 진행되지만, 버전별로 약간씩 상이하기 때문에 자신이 설치할 버전이 무엇인지 잘 알고 진행하시기 바랍니다. 혹시나 ARM Linux Board(Odroid/ Raspberry pi/ Beaglebone Black) 가 최종 Target System인 경우, 최신버전인 ROS Kinetic을 설치하지 않는 것을 권장합니다.

ROS의 버전별 설치 방법은 아래와 같습니다.

**Link 1.4.1 — <http://wiki.ros.org/indigo/Installation/Ubuntu>.** : ROS Indigo 설치과정

**Link 1.4.2 — <http://wiki.ros.org/jade/Installation/Ubuntu>.** : ROS Jade 설치과정

**Link 1.4.3 — <http://wiki.ros.org/kinetic/Installation/Ubuntu>.** : ROS Kinetic 설치과정

설치 과정에 따라 명령어를 입력하면 ROS가 설치됩니다. desktop-full package로 설치하는 것을 권장드리며, 최대 약 1시간까지도 걸리는 작업이므로 느긋하게 기다려 주세요. 1.1 - 1.8 까지 모든 명령어를 순서대로 입력하셔야 합니다.

간단하게 설치하고 싶으시다 혹은 리눅스 초보라 아무것도 모르겠다 하시는 분은 아래 명령어를 입력해서 ROS Indigo를 간단하게 설치하는 방법도 있습니다만 권장하지 않습니다. 해당 링크는 오픈소스 로보틱스 카페 표윤석 연구원님께서 만든 저장소와 스크립트입니다.

**Link 1.4.4 — <http://cafe.naver.com/openrt/13991>.** : wget [https://raw.githubusercontent.com/oroca/oroca-ros-pkg/master/ros\\_install.sh](https://raw.githubusercontent.com/oroca/oroca-ros-pkg/master/ros_install.sh) && chmod 755 ./ros\_install.sh && ./ros\_install.sh catkin\_ws indigo

ROS를 모두 설치했다면 제대로 설치되었는지 roscore 프로그램을 실행시켜 봅시다. 터미널을 열고, roscore 명령어를 아래와 같이 입력하고 실행해 보세요. 정상적으로 작동한다면 ROS 설치에 성공한 것입니다. 아래 예시는 ROS Kinetic을 설치한 예시입니다.

```
roscore http://donghoonpark:11311/
File Edit View Search Terminal Help
donghoonpark@donghoonpark:~$ roscore
... logging to /home/donghoonpark/.ros/log/f81e68cc-3096-11e6-b92e-
3052cb70141d/roslaunch-donghoonpark-17659.log
Checking log directory for disk usage. This may take awhile.
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is <1GB.

started roslaunch server http://donghoonpark:46744/
ros_comm version 1.12.0

SUMMARY
=====

PARAMETERS
  * /rosdistro: kinetic
  * /rosversion: 1.12.0

NODES

auto-starting new master
process[master]: started with pid [17672]
ROS_MASTER_URI=http://donghoonpark:11311/

setting /run_id to f81e68cc-3096-11e6-b92e-3052cb70141d
process[rosout-1]: started with pid [17685]
started core service [/rosout]
```

Figure 1.4: roscore 실행 창

## 1.5 Python Development Environment

이제 프로그래밍 언어인 파이썬을 사용하기 위한 개발환경을 갖추어 봅시다. 프로그래밍 언어 개발환경은 크게 세 가지로 구성됩니다. Editor, Compiler, Debugger. 여기에서는 IDE 한 가지를 추천하고, 혹시나 상황이 여의치 않을 경우 사용할 수 있는 오픈소스 개발환경 구축법을 소개하도록 하겠습니다.

### 1.5.1 Pycharm



Figure 1.5: pycharm

Pycharm은 JetBrains에서 만든 Python 전용 IDE입니다. 파이썬 패키지만 설치된 상태라면자동으로 모든 설정을 알아서 수행하며, 설치만 하면 바로 사용할 수 있는 상태가 됩니다. 아쉬운 점이라면 다른 환경에 비해 비교적 무겁다는 점과, 무료가 아니라는 점입니다. 그러나 학생인증을 하면 무료로 받을 수 있으므로 학생이라면 해당 IDE를 사용하는 것을 권장합니다. 개인적인 감상으로는 여타 개발 프로그램에 비해 비싼 편이 아니므로 구매하는 것도 상당히 좋은 선택일 것입니다.(필자는 위 회사와 아무런 관련이 없습니다.) Pycharm은 아래 링크로 가면 다운로드 받을 수 있습니다.

Link 1.5.1 — <https://www.jetbrains.com/pycharm/>. : Pycharm 공식 홈페이지

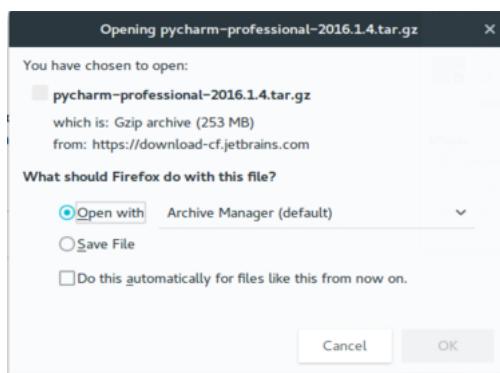
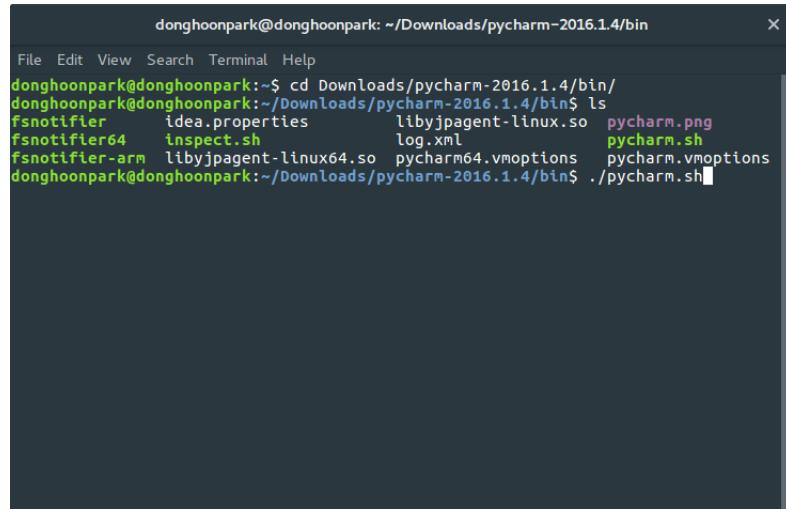


Figure 1.6: pycharm 다운로드

Pycharm을 다운로드 받고, 설치하는 방법에 대해 이야기하겠습니다. tar.gz 확장자를 가진 파일은 tar 명령어 혹은 파일 압축풀기 프로그램을 이용해 압축을 해제할 수 있습니다. 압축을 푸는 법은 검색해서 찾아보시고, 압축이 풀린 상태에서 아래 그림과 같이 커맨드라인에서 해당 경로로 이동 후 실행파일을 실행(.) 시켜주면 됩니다.



```
donghoonpark@donghoonpark: ~/Downloads/pycharm-2016.1.4/bin$ cd ~/Downloads/pycharm-2016.1.4/bin/
donghoonpark@donghoonpark:~/Downloads/pycharm-2016.1.4/bin$ ls
fsnotifier    idea.properties    libyjagent-linux.so  pycharm.png
fsnotifier64   inspect.sh       log.xml           pycharm.sh
fsnotifier-arm libyjagent-linux64.so  pycharm64.vmoptions  pycharm.vmoptions
donghoonpark@donghoonpark:~/Downloads/pycharm-2016.1.4/bin$ ./pycharm.sh
```

Figure 1.7: pycharm 설치



Figure 1.8: pycharm 실행화면

이제 new project를 누르고 프로그래밍을 시작하면 됩니다.

### 1.5.2 Python Package Manager Install

IDE를 사용하지 않는 경우에는 IDE에 해당하는 환경을 각각 구성해줘야 합니다.



## 2. In-text Elements

### 2.1 Theorems

This is an example of theorems.

#### 2.1.1 Several equations

This is a theorem consisting of several equations.

**Theorem 2.1.1 — Name of the theorem.** In  $E = \mathbb{R}^n$  all norms are equivalent. It has the properties:

$$|||\mathbf{x}|| - ||\mathbf{y}||| \leq ||\mathbf{x} - \mathbf{y}|| \quad (2.1)$$

$$||\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i|| \leq \sum_{i=1}^n ||\mathbf{x}_i|| \quad \text{where } n \text{ is a finite integer} \quad (2.2)$$

#### 2.1.2 Single Line

This is a theorem consisting of just one line.

**Theorem 2.1.2** A set  $\mathcal{D}(G)$  is dense in  $L^2(G)$ ,  $|\cdot|_0$ .

### 2.2 Definitions

This is an example of a definition. A definition could be mathematical or it could define a concept.

**Definition 2.2.1 — Definition name.** Given a vector space  $E$ , a norm on  $E$  is an application, denoted  $||\cdot||$ ,  $E$  in  $\mathbb{R}^+ = [0, +\infty[$  such that:

$$||\mathbf{x}|| = 0 \Rightarrow \mathbf{x} = \mathbf{0} \quad (2.3)$$

$$||\lambda \mathbf{x}|| = |\lambda| \cdot ||\mathbf{x}|| \quad (2.4)$$

$$||\mathbf{x} + \mathbf{y}|| \leq ||\mathbf{x}|| + ||\mathbf{y}|| \quad (2.5)$$

## 2.3 Notations

**Notation 2.1.** Given an open subset  $G$  of  $\mathbb{R}^n$ , the set of functions  $\varphi$  are:

1. Bounded support  $G$ ;
2. Infinitely differentiable;

a vector space is denoted by  $\mathcal{D}(G)$ .

## 2.4 Remarks

This is an example of a remark.



The concepts presented here are now in conventional employment in mathematics. Vector spaces are taken over the field  $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ , however, established properties are easily extended to  $\mathbb{K} = \mathbb{C}$ .

## 2.5 Corollaries

This is an example of a corollary.

**Corollary 2.5.1 — Corollary name.** The concepts presented here are now in conventional employment in mathematics. Vector spaces are taken over the field  $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ , however, established properties are easily extended to  $\mathbb{K} = \mathbb{C}$ .

## 2.6 Propositions

This is an example of propositions.

### 2.6.1 Several equations

**Proposition 2.6.1 — Proposition name.** It has the properties:

$$|||\mathbf{x}|| - ||\mathbf{y}||| \leq ||\mathbf{x} - \mathbf{y}|| \quad (2.6)$$

$$||\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i|| \leq \sum_{i=1}^n ||\mathbf{x}_i|| \quad \text{where } n \text{ is a finite integer} \quad (2.7)$$

### 2.6.2 Single Line

**Proposition 2.6.2** Let  $f, g \in L^2(G)$ ; if  $\forall \varphi \in \mathcal{D}(G)$ ,  $(f, \varphi)_0 = (g, \varphi)_0$  then  $f = g$ .

## 2.7 Examples

This is an example of examples.

### 2.7.1 Equation and Text

■ **Example 2.1** Let  $G = \{x \in \mathbb{R}^2 : |x| < 3\}$  and denoted by:  $x^0 = (1, 1)$ ; consider the function:

$$f(x) = \begin{cases} e^{|x|} & \text{si } |x - x^0| \leq 1/2 \\ 0 & \text{si } |x - x^0| > 1/2 \end{cases} \quad (2.8)$$

The function  $f$  has bounded support, we can take  $A = \{x \in \mathbb{R}^2 : |x - x^0| \leq 1/2 + \varepsilon\}$  for all  $\varepsilon \in ]0; 5/2 - \sqrt{2}[$ . ■

### 2.7.2 Paragraph of Text

■ **Example 2.2 — Example name.** Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

■

### 2.8 Exercises

This is an example of an exercise.

**Exercise 2.1** This is a good place to ask a question to test learning progress or further cement ideas into students' minds.

■

### 2.9 Problems

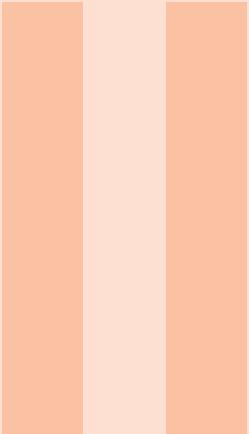
**Problem 2.1** What is the average airspeed velocity of an unladen swallow?

### 2.10 Vocabulary

Define a word to improve a students' vocabulary.

**Vocabulary 2.1 — Word.** Definition of word.





# Part Two

<b>3</b>	<b>Presenting Information .....</b>	<b>21</b>
3.1	Table	
3.2	Figure	
	<b>Bibliography .....</b>	<b>23</b>
	Books	
	Articles	
	<b>Index .....</b>	<b>25</b>



### 3. Presenting Information

#### 3.1 Table

Treatments	Response 1	Response 2
Treatment 1	0.0003262	0.562
Treatment 2	0.0015681	0.910
Treatment 3	0.0009271	0.296

Table 3.1: Table caption

#### 3.2 Figure



Figure 3.1: Figure caption





## Bibliography

**Books**

**Articles**



# Index

Corollaries, 16  
Definitions, 15  
Examples, 16  
    Equation and Text, 16  
    Paragraph of Text, 17  
Exercises, 17  
Figure, 21  
Notations, 16  
Paragraphs of Text, 7  
Problems, 17  
Propositions, 16  
    Several Equations, 16  
    Single Line, 16  
Pycharm, 12  
Python Development Environment, 12  
Python Package Manager Install, 13  
Remarks, 16  
ROS 설치, 10  
ROS를 사용하기 위해서는?, 8  
Table, 21  
Theorems, 15  
    Several Equations, 15  
    Single Line, 15  
Vocabulary, 17