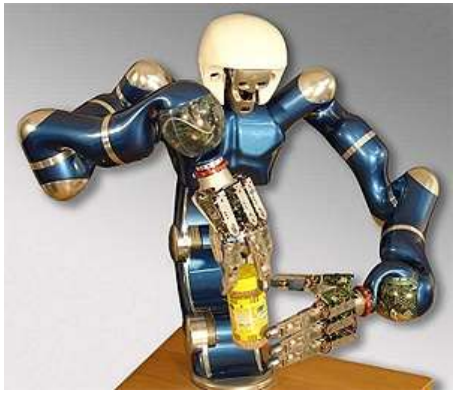
Control System Design for Autonomous Driving

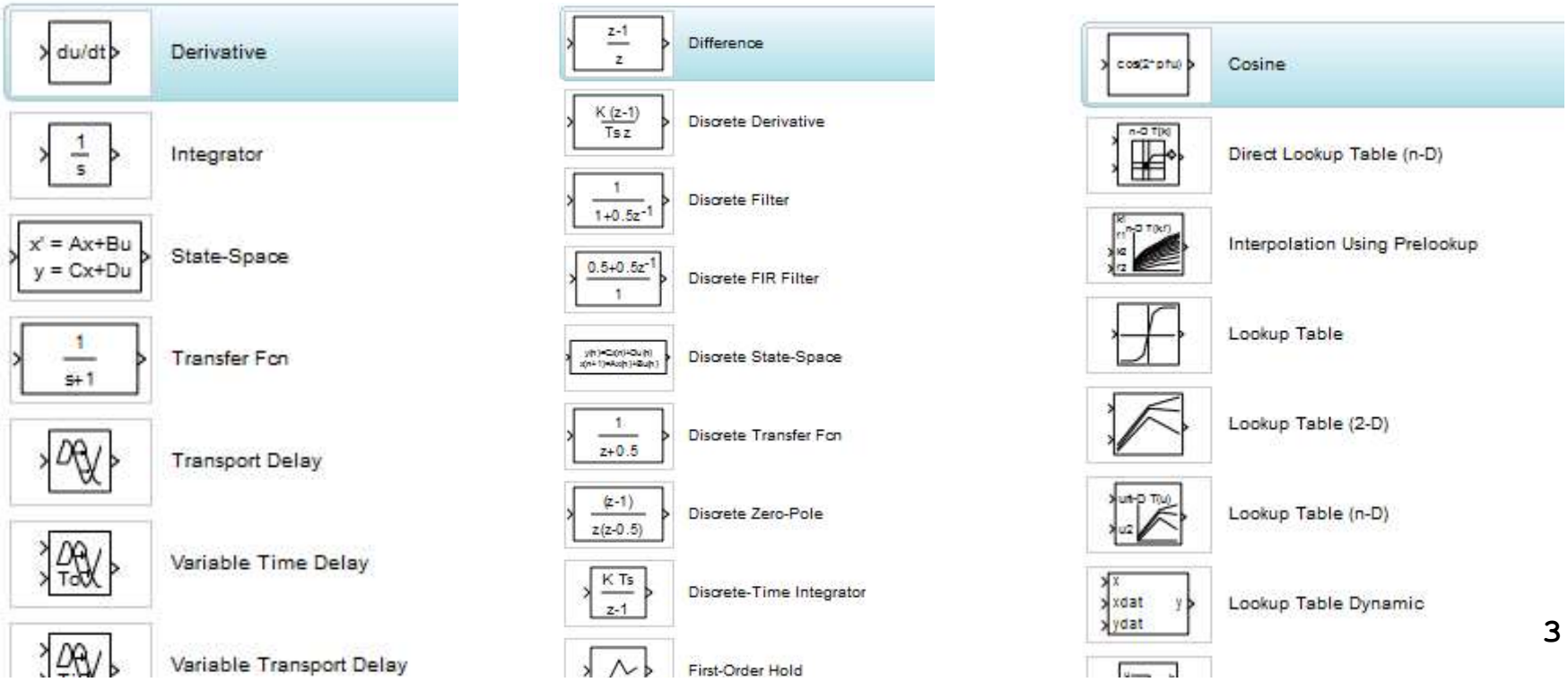
Lecture 02



Introduction to Matlab Simulink

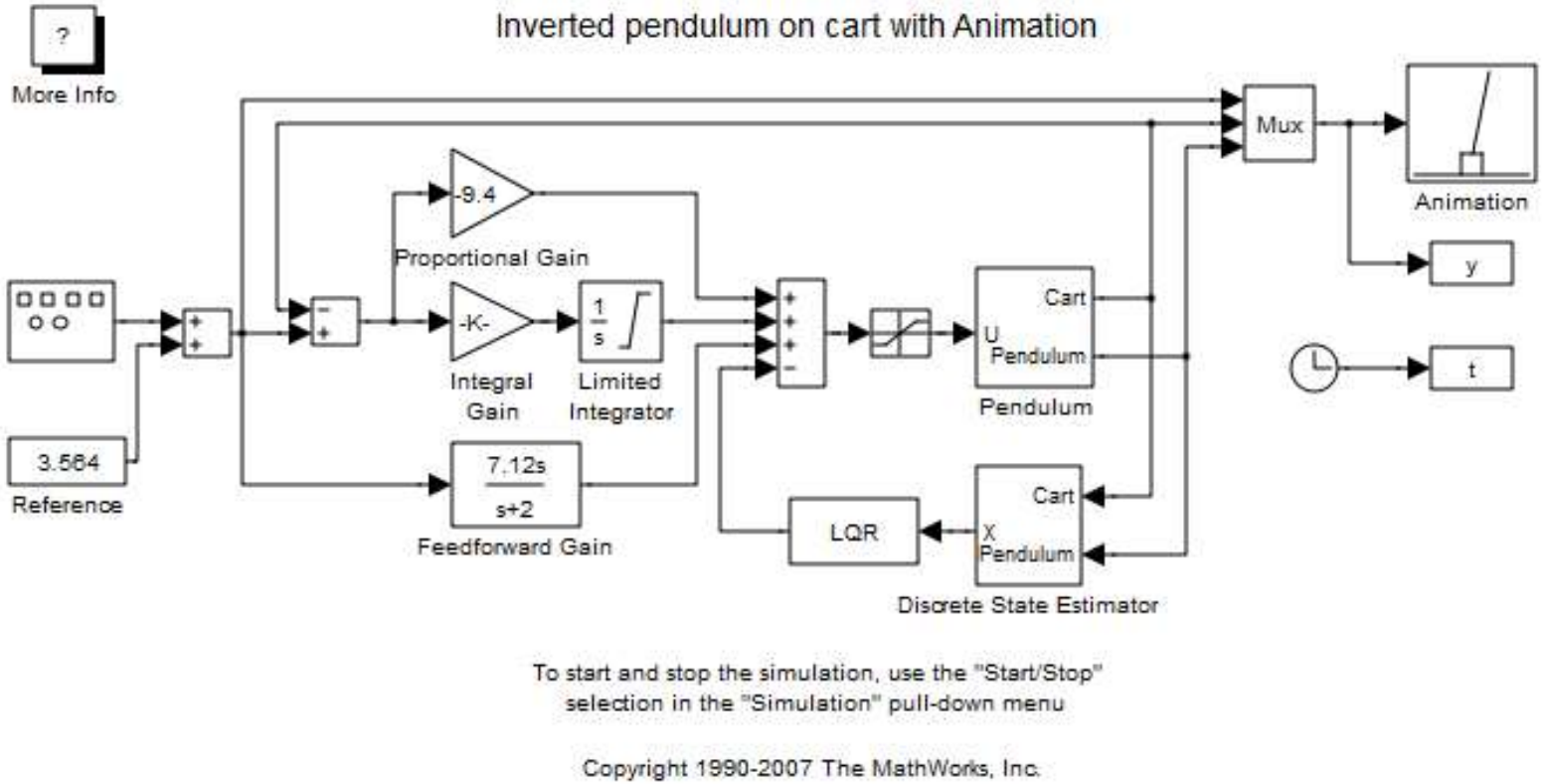
Simulink Overview

- Simulink
  - A tool for modeling, simulating and analyze multi-domain dynamic systems.
  - Supports both linear & nonlinear systems.
  - Continuous time, sampling, mixture of continuous and sampled time system.



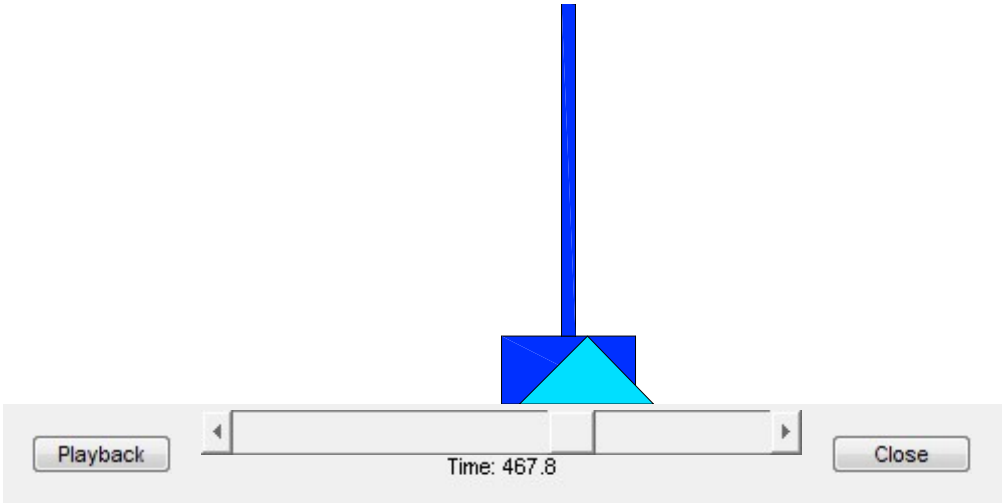
Simulink Overview

- Inverted pendulum demo
  - Type “penddemo” in the command window. (Then click on “애니메이션을 사용한 역진자”.)



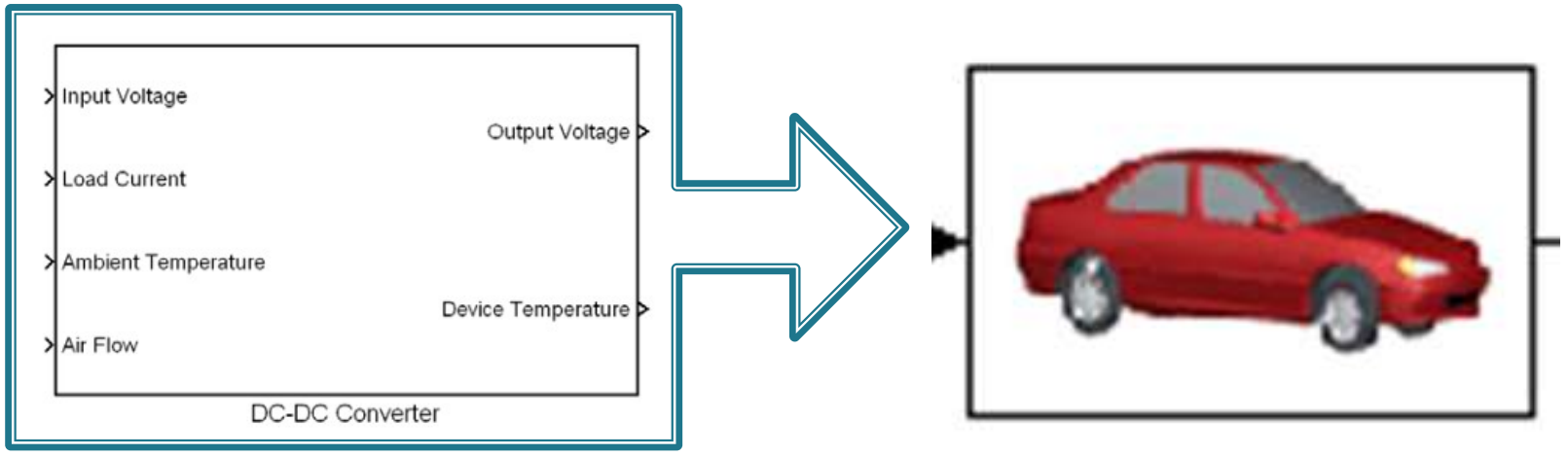
Simulink Overview

- Start simulation and adjust the reference position using slide bars.



Simulink Overview

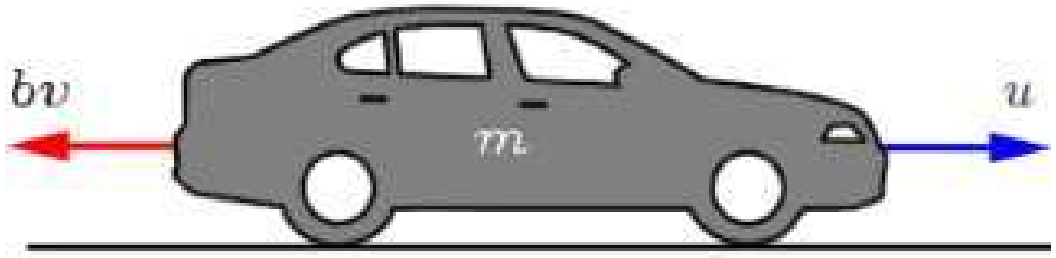
- Model Based Design
  - Use of models to describe the specifications, operation, and performance of a component or a system of components
  - Same model can be shared with other engineers
  - Models supplied by manufacturers accurately reflect the performance of their components

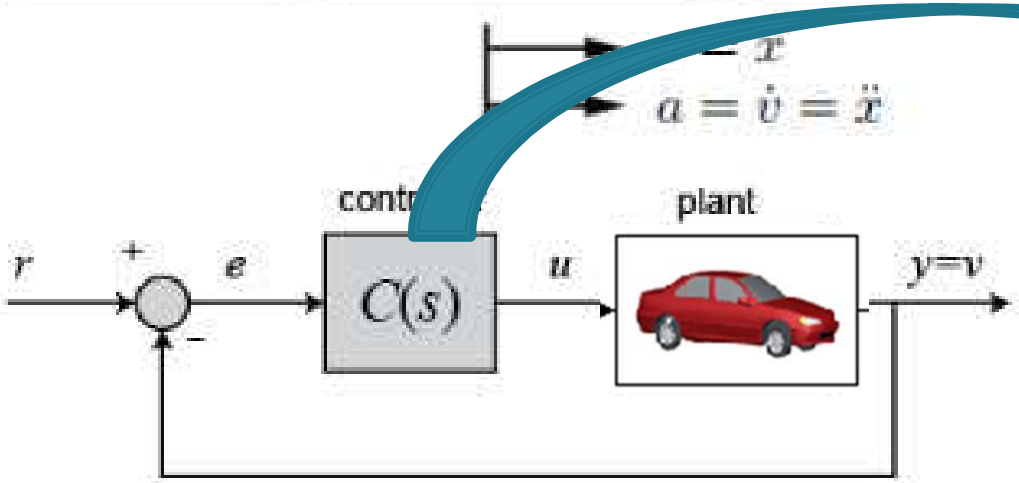


Car Simulink Model

Simulink Overview

- Design tool for Real-time embedded systems
  - Rapid prototyping of the developed code into embedded system implementation using Real-time workshop code generating function.





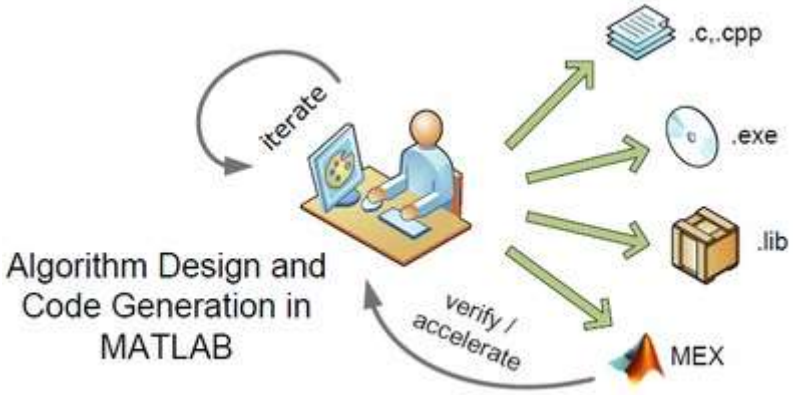
Targeting (C or C++ Code)

ACC Controller

Simulink Overview

- Targeting
  - Implementing the controller developed and debugged in the Real-time simulations on a hardware target (embedded controller)
  - Most logic errors have been removed through simulations
  - Error may occur if model is inaccurate
  - Conversion from Matlab/Simulink to C or C++ may be necessary. ➔ Use Automatic Code Generation!!

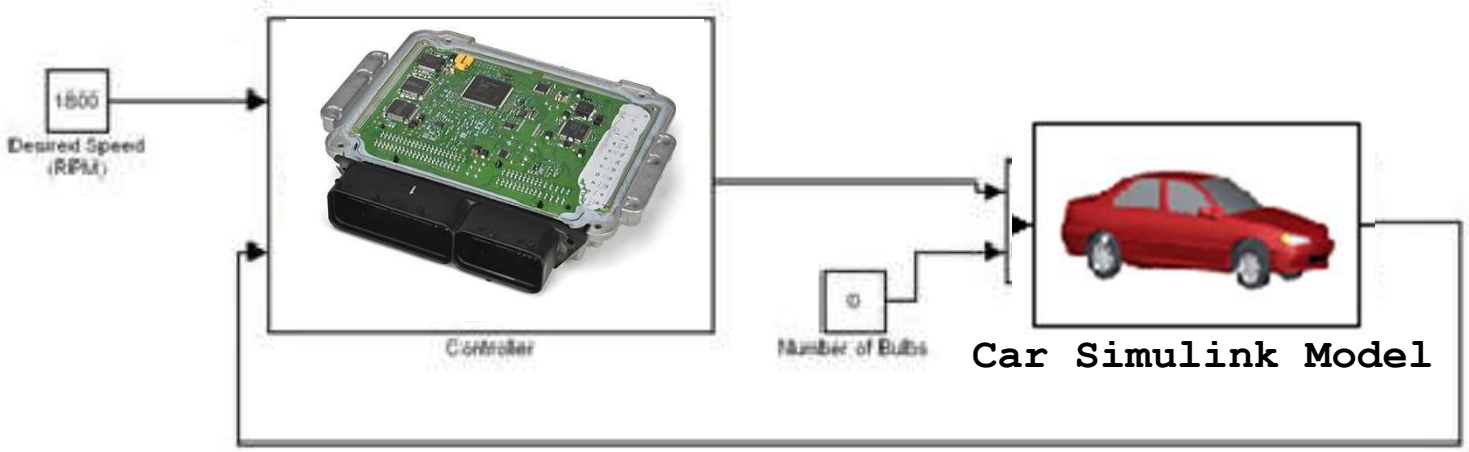
Simulink Overview



- Automatic Code Generation
  - Still need to know about digital systems and microcontrollers
  - Eliminate the errors introduced when involving an engineer to manually program the controller
  - Allow the engineers to deal with the physical understanding of the system to do the logic development , and not to spend time in “programming”

Simulink Overview

- Hardware in the Loop Simulations (HILS)
  - Real-time Controller implemented on Target Plant modeled in Simulink Model

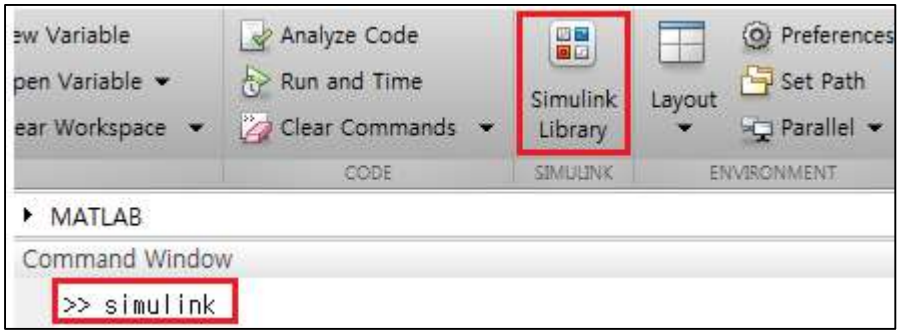


https://www.youtube.com/watch?v=BrmqyVuyegc

Simulink Model 생성방법

Simulink Model 생성 방법

- Simulink 시작하기
  - Simulink를 실행하기 위해서는 다음과 같이 Simulink icon을 클릭하거나 matlab command window에서 >>simulink라고 입력하면 된다.



<Simulink icon은 matlab 버전마다 다를 수 있다.>

Simulink Model 생성 방법

- Simulink Library Browser
  - Simulink를 실행시키면 다음과 같은 Simulink library browser가 나타난다.

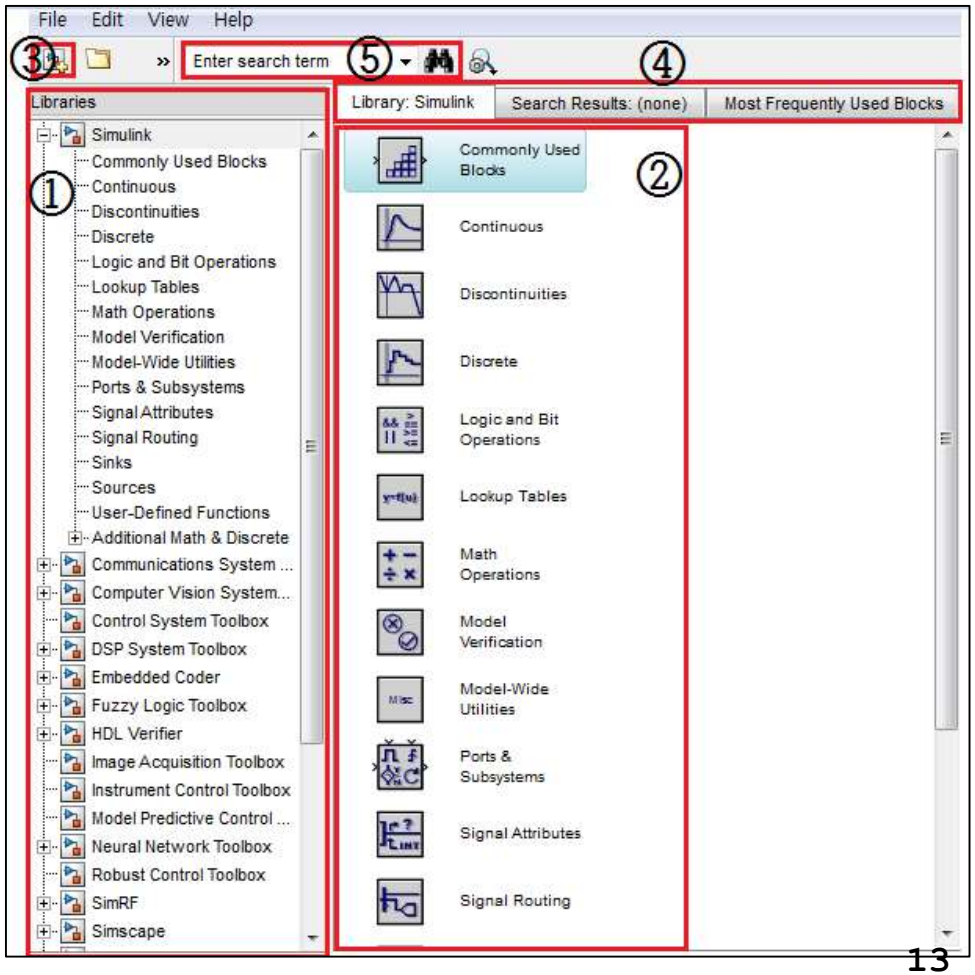
① **Simulink Library**

② 해당 **Library**의 **blockset**
Simulink Library에서 **library**를 선택하면 사용할 수 있는 **block**이 나타난다.

③**new model icon**을 클릭하여 **model window**를 생성할 수 있다.

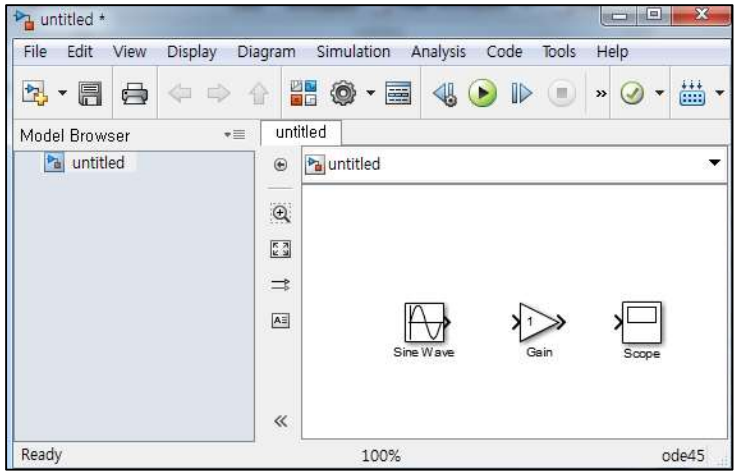
④ 탭을 클릭하여 현재 **library block set**, 검색된 **block**, 자주 사용하는 **block** 항목으로 볼 수 있다.

⑤사용하고자 하는 **block**를 검색할 수 있다.



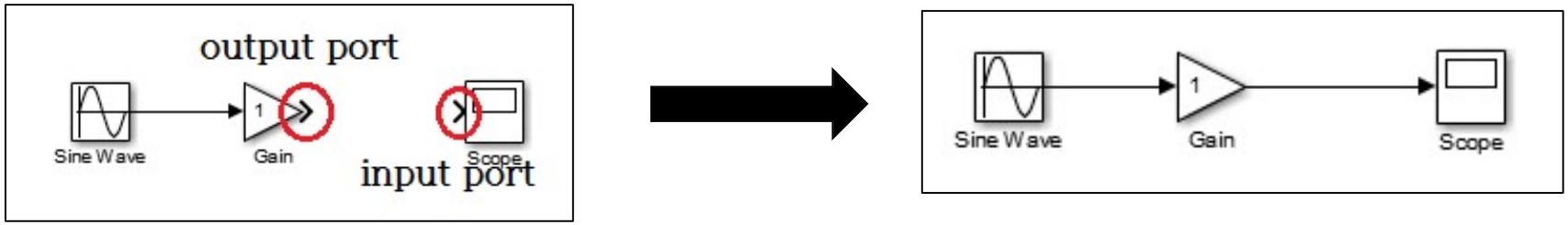
Simulink Model 생성 방법

- 간단한 model 생성 하기 (y = ksin(x))
  - 위의 model을 만들기 위해서는 다음과 같은 3개의 block이 필요하다.
    - Sources library에 있는 sine wave block
    - Sinks library에 있는 scope block
    - Math operations library에 있는 gain block
  - 각각의 block를 찾은 후에 model window에 drag&drop 하여 배치시키면 된다.

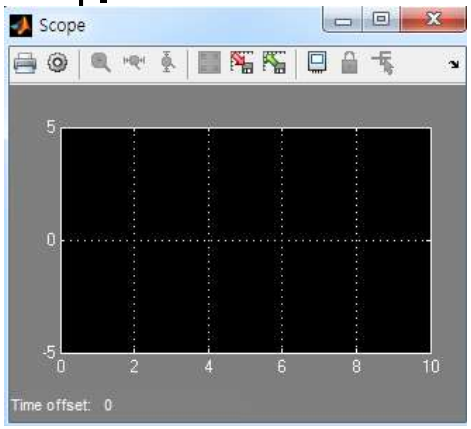


Simulink Model 생성 방법

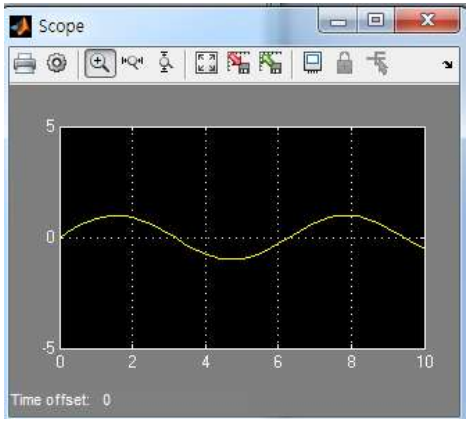
- Block를 서로 연결하기 위해서는 두 block간의 output port와 input port 사이를 드래그하여 연결해주면 된다.



- Scope block를 더블 클릭하여 scope window를 생성한 후 simulation start icon( ) 을 클릭하면 simulation이 시작된다.



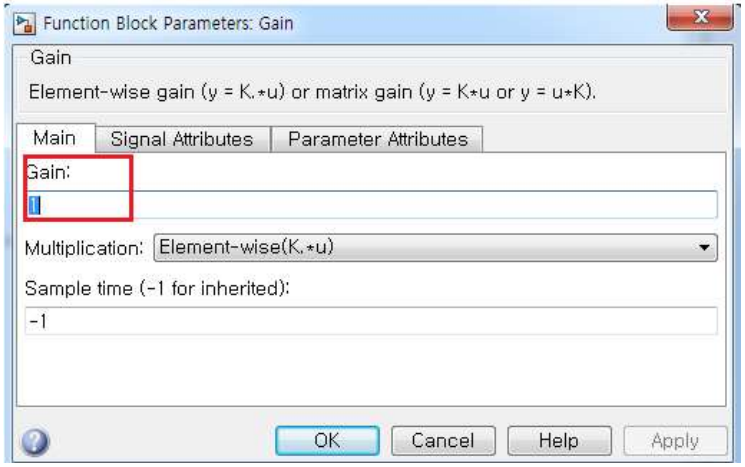
<Scope window>



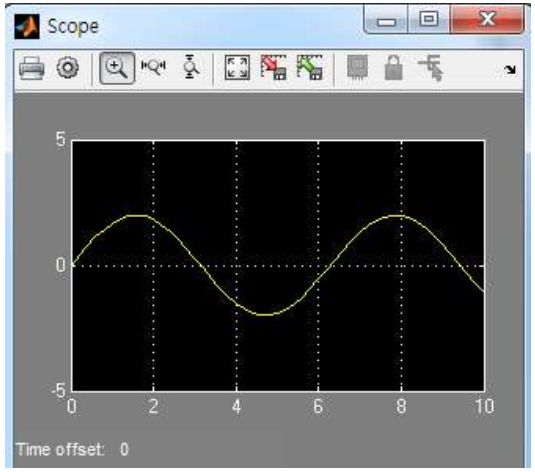
<Simulation 실행>

Simulink Model 생성 방법

- Gain 값 변경
  - Gain block을 더블 클릭하면 Block Parameters: Gain window가 나타난다.
  - "Gain" parameter를 1에서 2로 바꾸면 block의 gain이 1에서 2로 바뀐다.
    - Gain block 뿐만 아니라 다른 block들도 더블 클릭하여 block parameter window를 통하여 block의 속성을 변경할 수 있다.



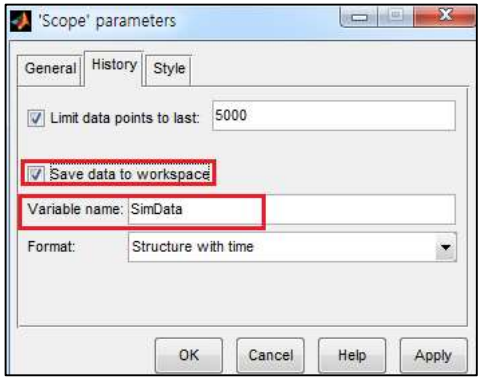
<gain parameter의 값을 2로 바꾼다.>

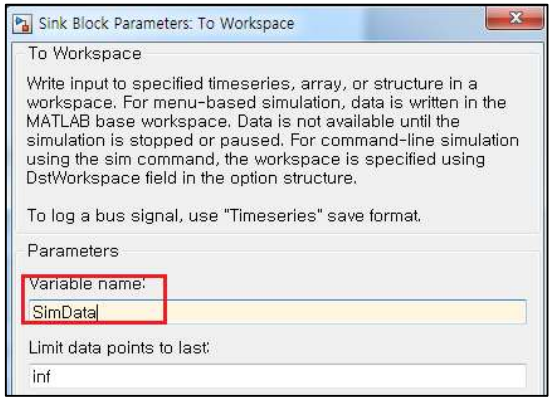


<그래프의 모양이 y = 2sin(x)의 모습으로 바뀌었다.>

Simulink Model 생성 방법

- Simulink 와 matlab의 데이터 교환 방법
  - Simulink -> matlab 방법
    - Sinks library에 있는 To workspace block 사용
    - Scope block 이용(⚙ 클릭)






```
>> SimData

SimData =

        time: [51x1 double]
     signals: [1x1 struct]
   blockName: 'untitled/Scope'
```

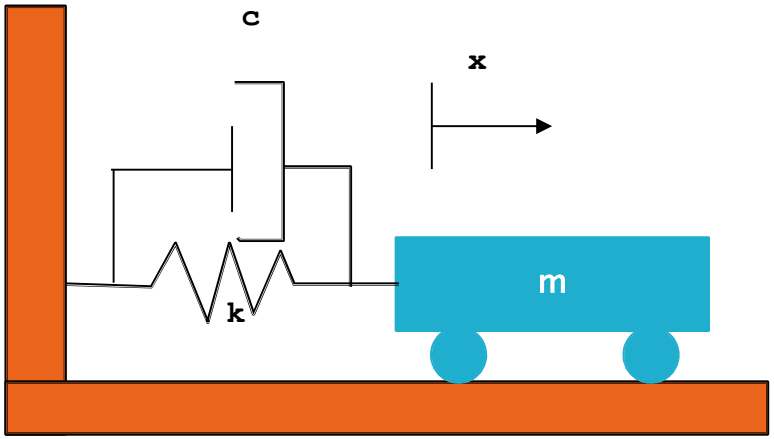
<to workspace block을 사용>

<matlab에서 data를 받은 결과>

<scope block에서 save data to workspace를 체크하고 variable name을 정해주면 된다.>

Simulink Model 예제

- Second Order System modeling 방법



<Damped second-order system>

Damping 계수 c = 1.0 lb sec/ft이고, spring 상수 k = 2 lb/ft,
cart의 질량 **m = 5**, 이 **system**에는 입력이 없고
단지, 초기에 평형 점으로부터 **1[ft]** 이격**(deflection)**이 있다고 가정했을 때
이 **cart**의 움직임에 대한 **modeling** 수행.

Simulink Model 예제

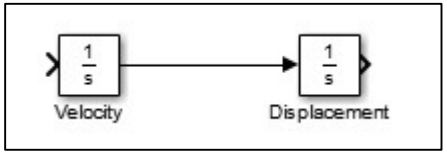
- 임의의 물체에 대한 움직임을 modeling하기 위해서는 motion equation을 작성해야 한다.
  - Spring의 힘 – kx, damping 힘 – $c\dot{x}$, cart의 가속도로 인한 힘 – $m\ddot{x}$

외부에서 가해지는 힘이 없는 경우, cart에 가해지는 3개의 힘들의 합은 0이 되어야 한다.

$m\ddot{x}+c\dot{x}+kx=0$ (식 1-1)

식 1-1을 x와 $\dot{x}$의 함수로 표현하면 다음과 같다.

$$\ddot{x} = -\frac{c}{m}\dot{x} - \frac{k}{m}x \quad \text{(식 1-2)}$$

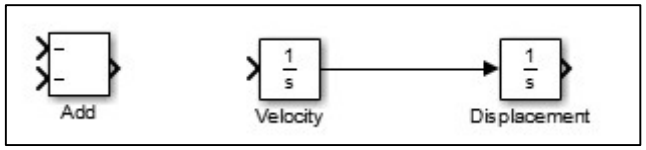


(2계 system이기 때문에 2개의 적분 block이 필요하다)
<적분 block은 continuous library에 있다>

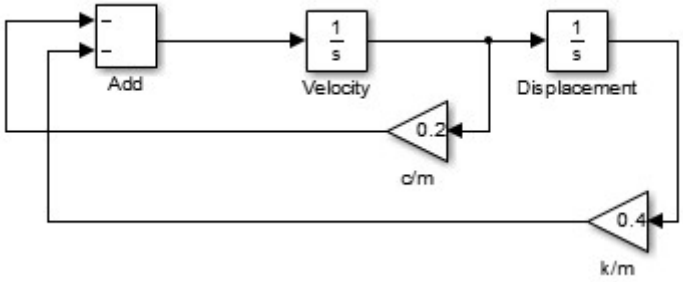
Simulink Model 예제

x(0) = 1, $\dot{x}(0) = 0$과 함께, 처음에 가정한 c, k, m을 대입하면 식 1-2는 다음과 같이 된다.

$\ddot{x} = -0.2\dot{x} - 0.4x$ (식 1-3)



<block parameter에서 list of signs항목을 ++에서 --로 바꿔 그림과 같이 sum block를 minus signs으로 바꿀 수 있다>

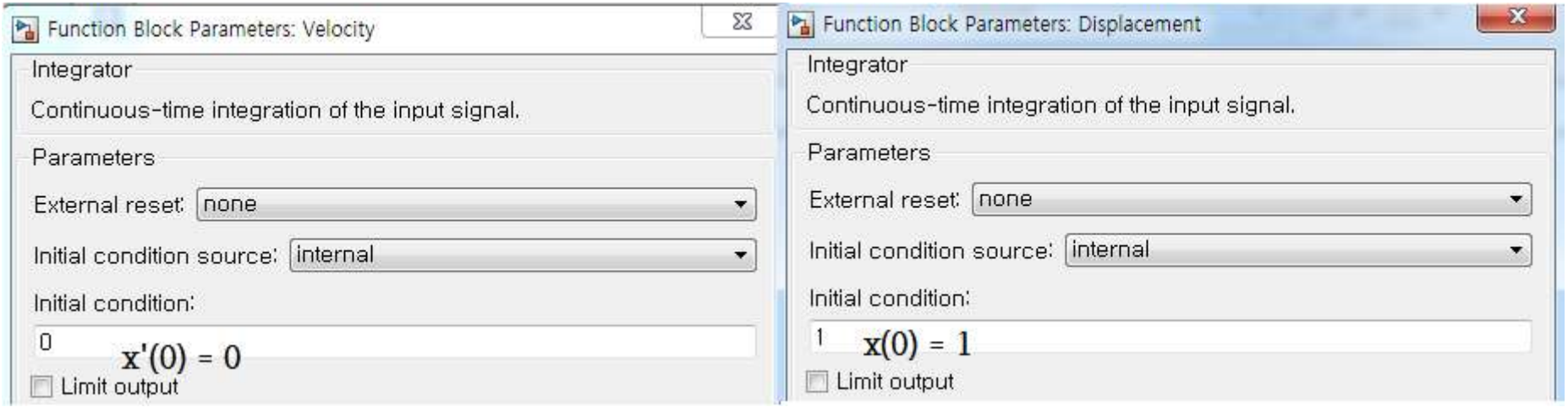


<식 1-3에 맞게 gain값을 변경하였다.>

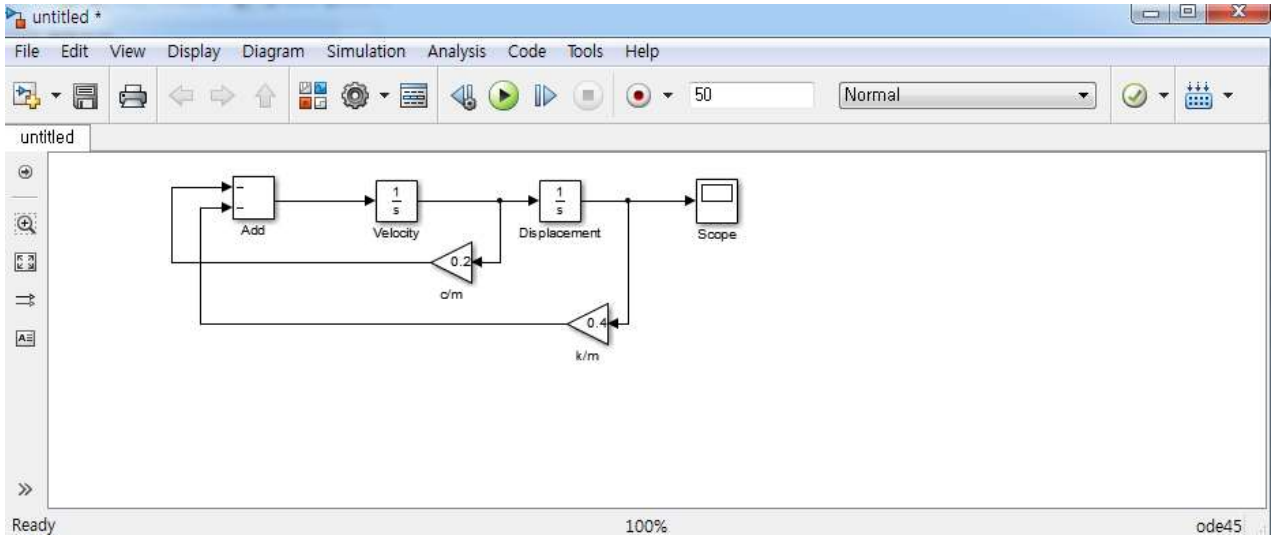
※signal line으로부터 가지선을 뽑아오는 것은 signal line에 커서를 대고 마우스 오른쪽 버튼을 누른 뒤 드래그하면 된다.

※diagram menu의 rotation & flip에서 flip block 을 누르면 위와 같이 block모양이 바뀐다.(diagram menu가 없을 경우 format menu에 Flip block menu가 있다.)

Simulink Model 예제

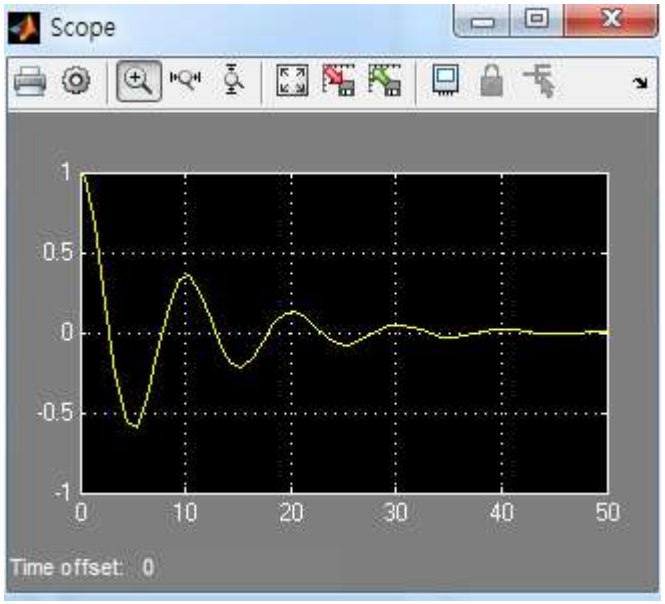


<integrator block의 초기 조건을 조정한다.>



<완성된 simulation model>

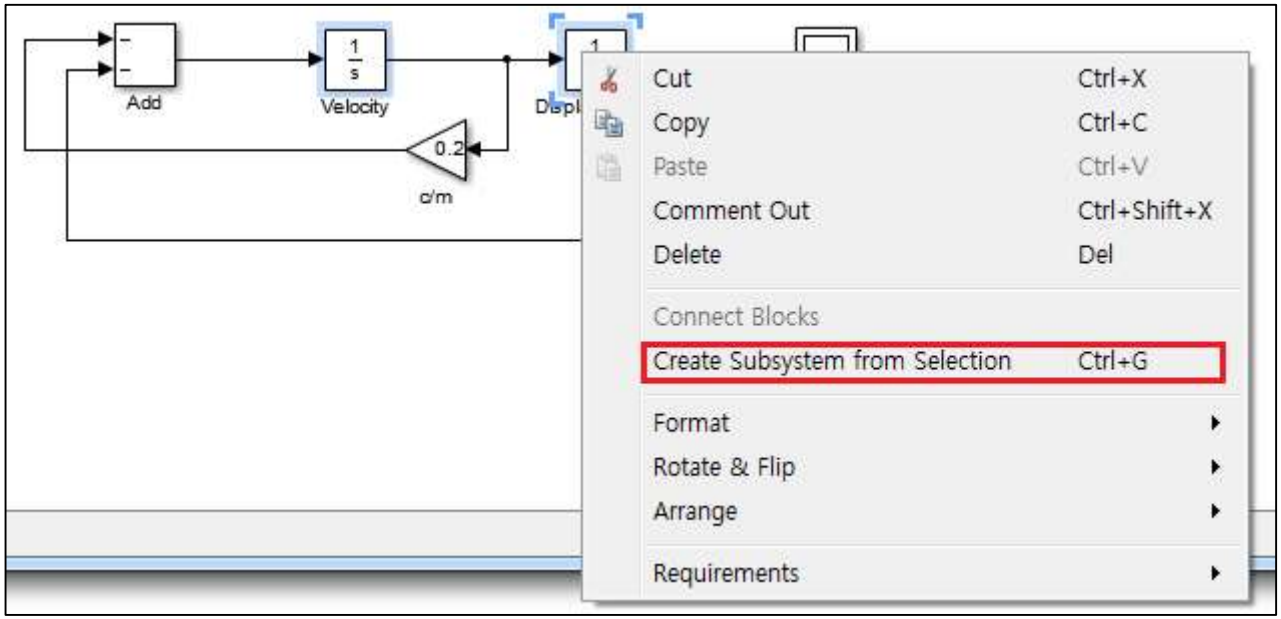
Simulink Model 예제

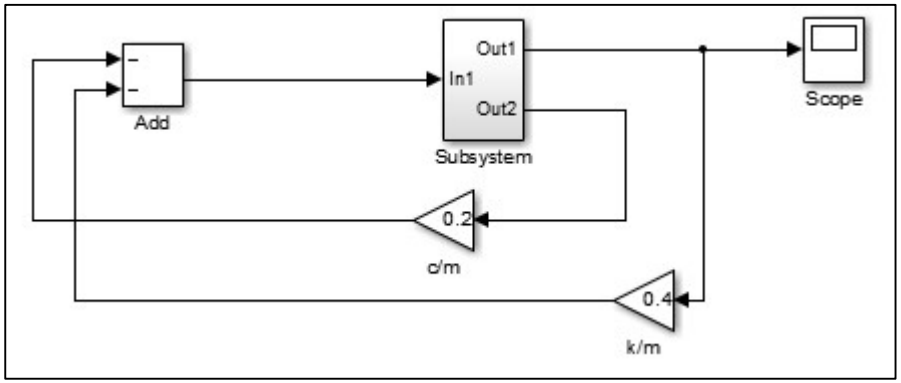


<simulation 결과>

- Subsystem block 생성하기
  - Subsystem block를 이용하면 더 논리적이고 간결한 modeling이 가능해진다.
  - Shift key를 누른 상태에서 block들을 누르면 여러 block을 한번에 선택할 수 있다.

Simulink Model 예제





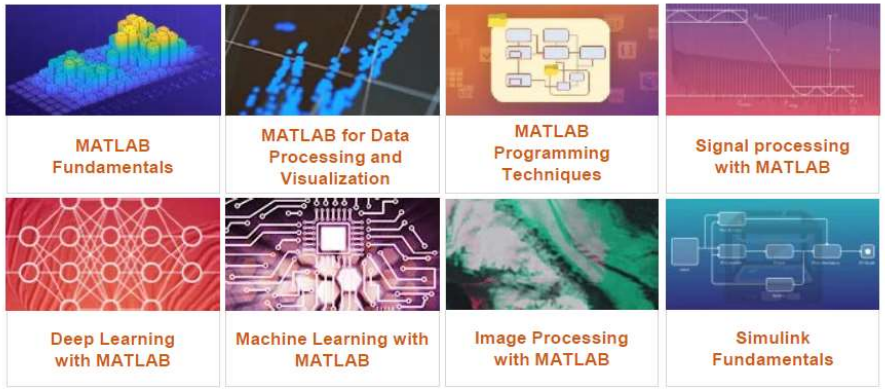
Practice Assignment

자기주도형 온라인 교육과정 (Self-Paced Online Courses)

Getting Started

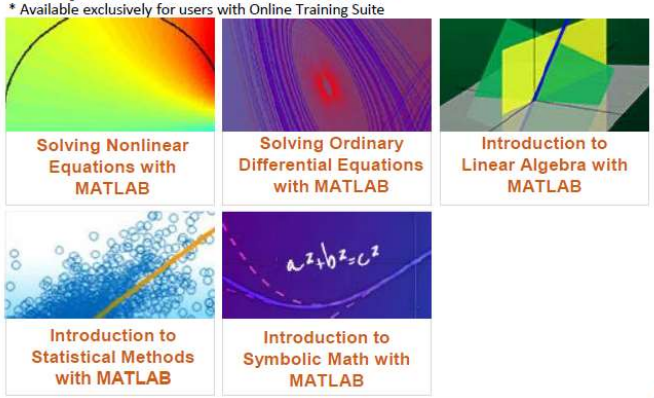
Click on each course for more information

MATLAB & Simulink



Computational Mathematics

* Available exclusively for users with Online Training Suite



2

Practice Assignment

- Simulink 버튼을 클릭 후 시작 페이지에 나오는 “배우기” 탭을 선택

- Simulink Onramp 실습
  - “Simulink 그래픽환경”
  - “신호검사하기”
  - “기본알고리즘”
    까지 실습 수행