PID 제어 실험

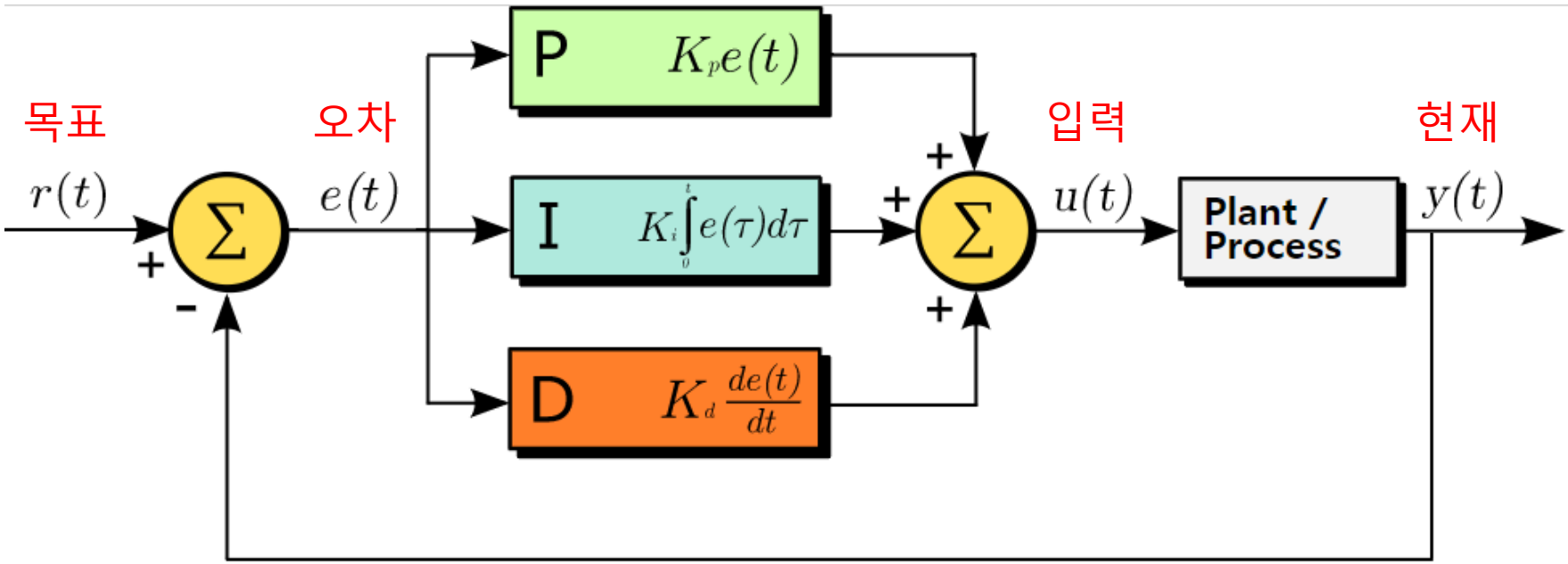
기계공학응용실험1

2023학년도 2학기

담당교수: 송화섭
054-478-7292
hwasup.song@kumoh.ac.kr

kit 금오공과대학교
Kumoh National Institute of Technology

PID 제어기의 구성

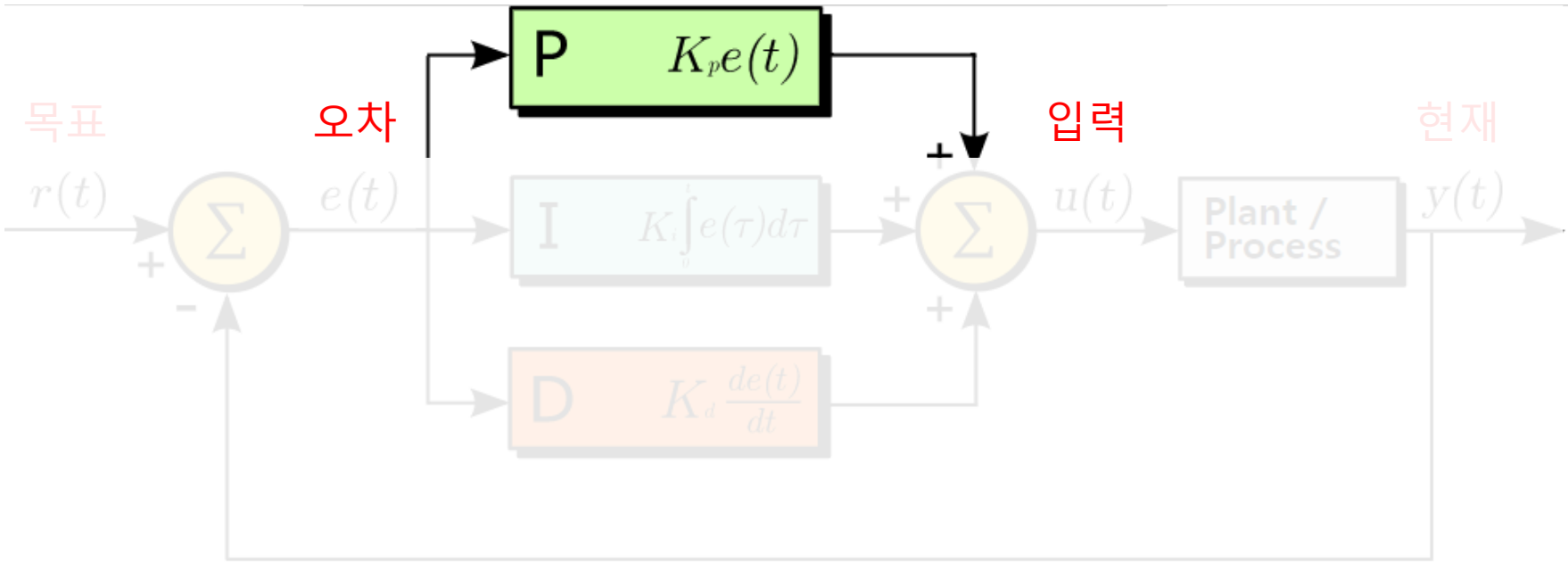


(출처: wikipedia.org)

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \qquad (parallel\ form)$$

- K_p, K_i, K_d를 각각 proportional gain, integral gain, derivative gain이라고 부른다.

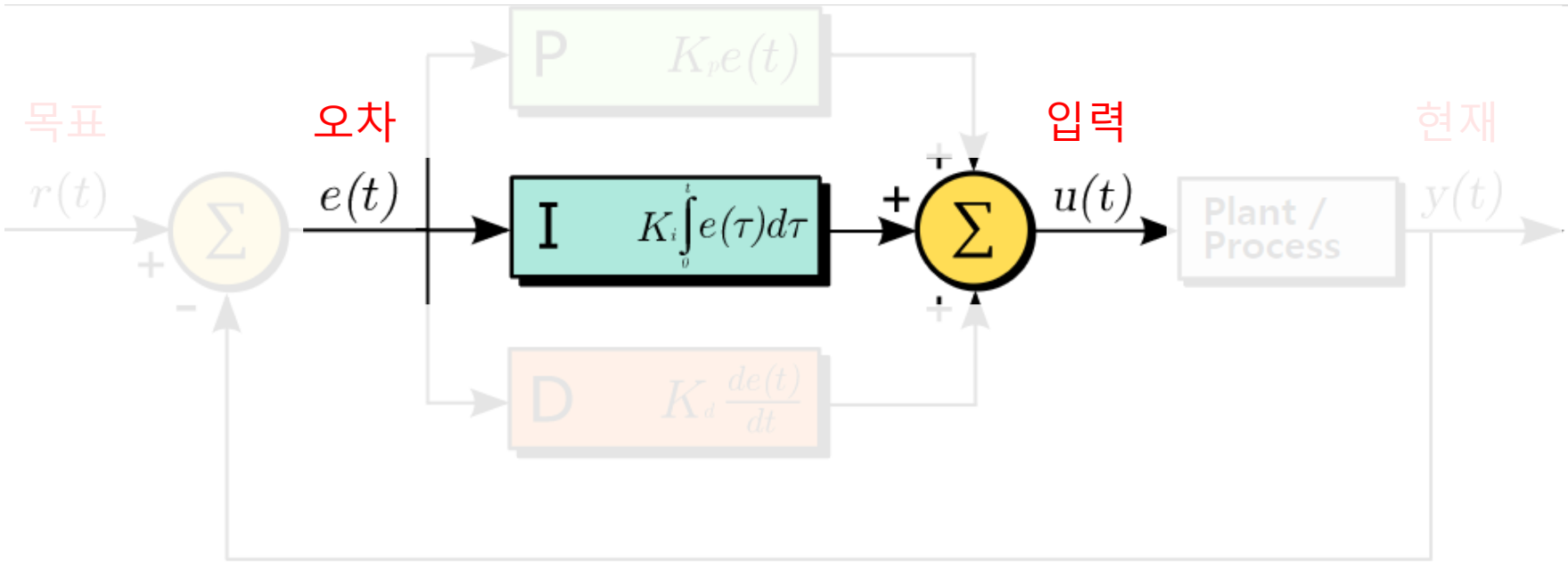
P, I, D-gain 각각의 물리적 의미



(출처: wikipedia.org)

- K_p: 현 시점에서 오차의 정도에 따른 다음 결정
  - 목표값과 현재값의 차이가 크다면, K_p가 클수록 목표값을 향해 더 빠르게 움직일 수 있다.
  - e(t)가 0이 아닌 경우에만 제어기가 동작
    → 정상상태 오차(steady-state error)가 불가피하게 발생

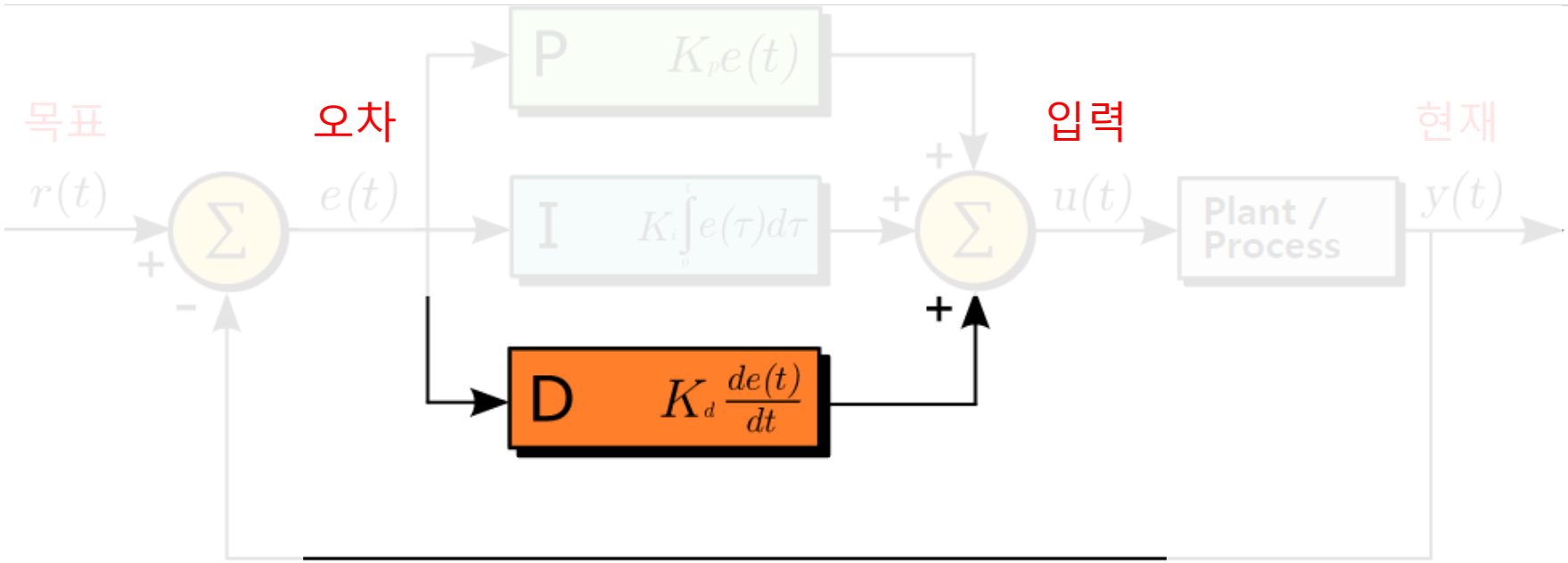
P, I, D-gain 각각의 물리적 의미



(출처: wikipedia.org)

- K_i: 직전까지 누적되어 온 오차의 정도에 따른 다음 결정
  - 과거의 오차정보를 바탕으로 다음 제어동작을 결정
  - 비례제어기의 정상상태 오차를 없애주는 기능 → 적분값에 의한 보상
  - K_i값 설정에 따라, overshoot과 steady-state oscillation 발생

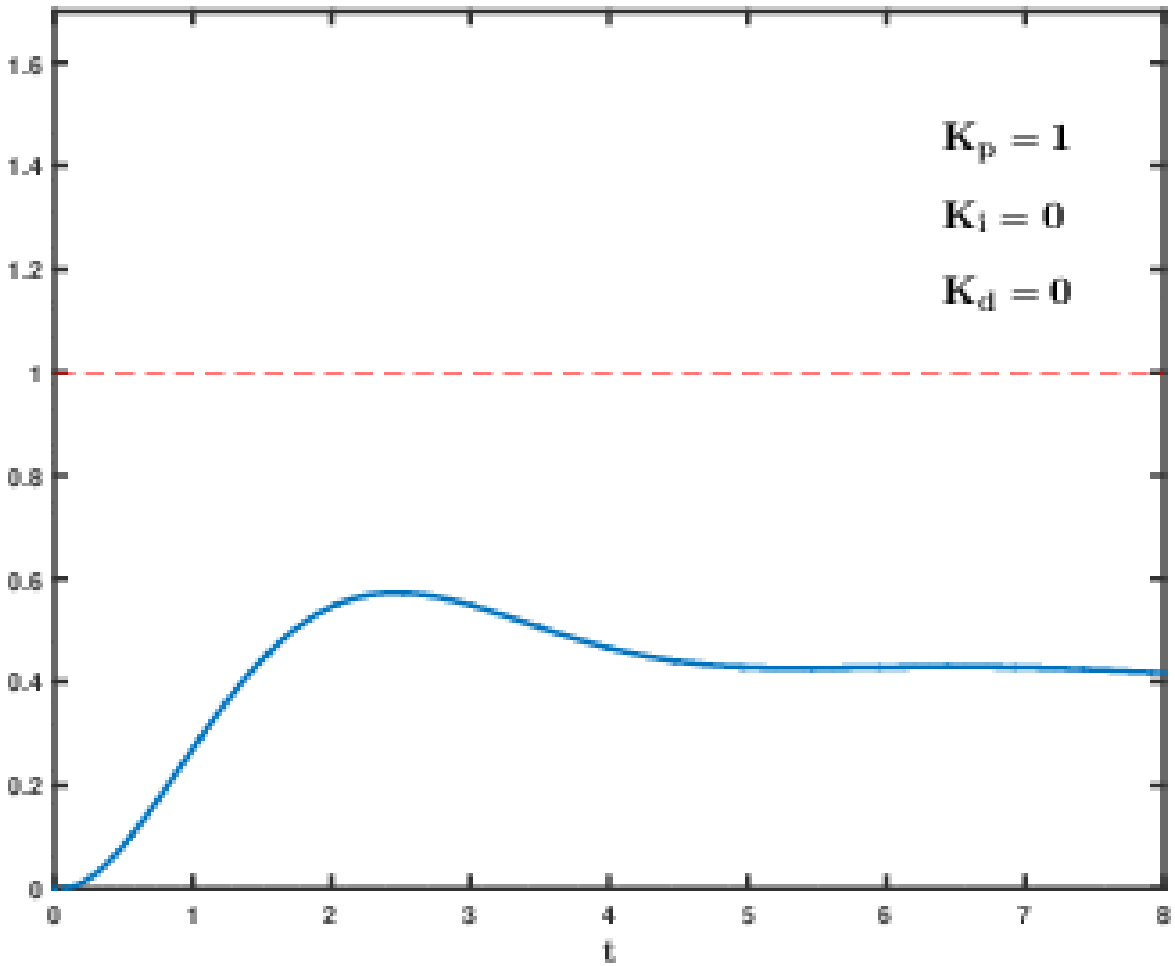
P, I, D-gain 각각의 물리적 의미



(출처: wikipedia.org)

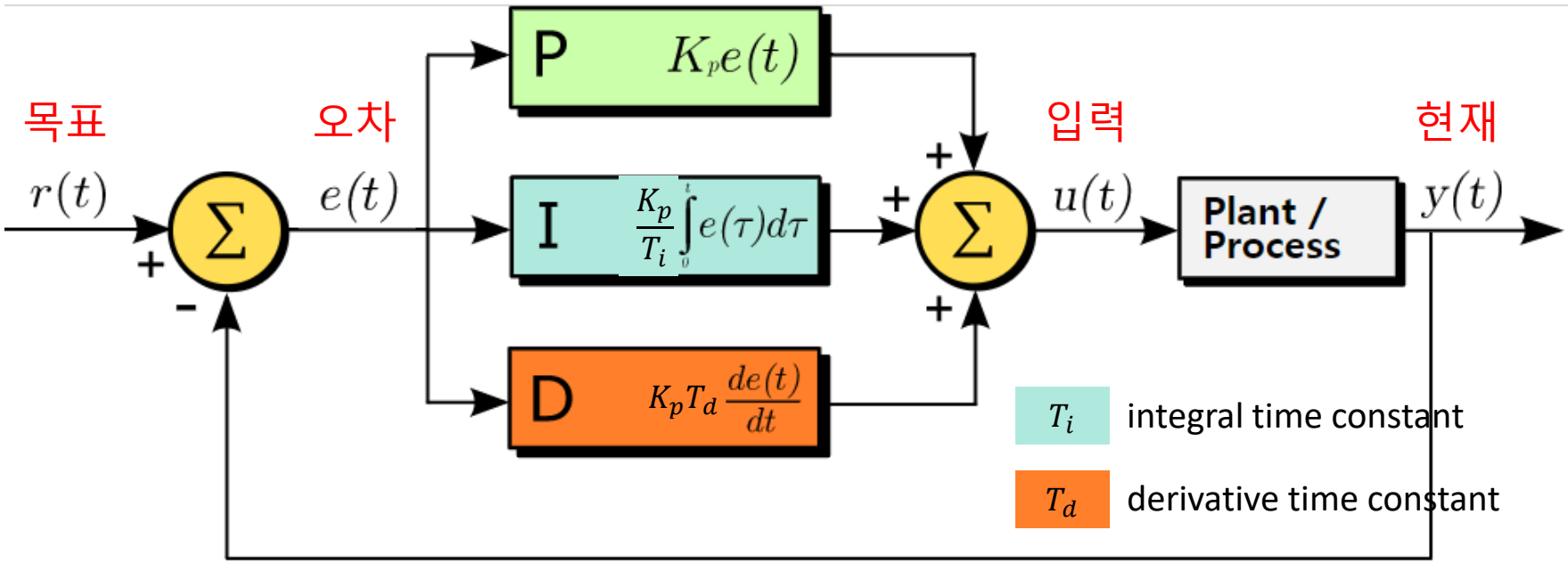
- K_d: 바로 다음에 예상되는 오차의 정도에 따른 다음 결정
  - 오차의 미분값이 크다 → 오차의 변화가 극심 → 불안정한 시스템
  - 오차의 미분값이 매우 작거나 0이다 → 안정화
  - Overshoot 감쇠를 위해 필요 → 오차의 변화가 극심한 지점

P, I, D-gain 변화에 따른 시스템 응답 변화



(출처: Carnegie Mellon Univ.)

Integral & derivative time constants



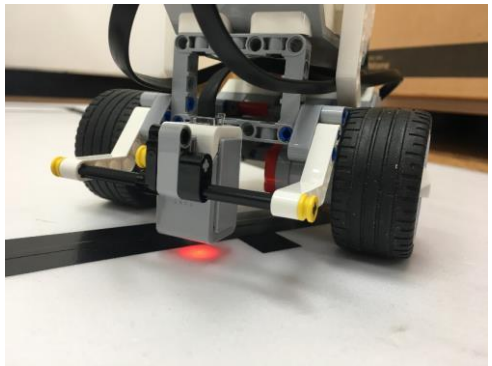
(출처: wikipedia.org)

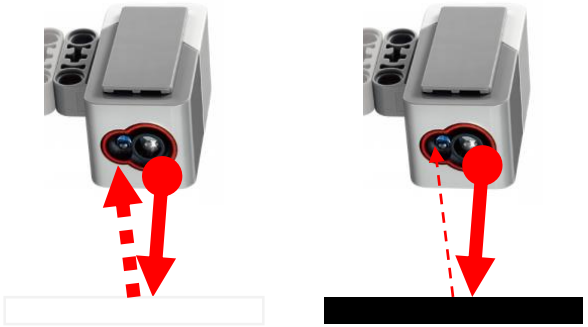
$$u(t) = K_p\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(\tau)d\tau + T_d\frac{de(t)}{dt}\right) \quad (standard\ form)$$

$$where\ T_i = \frac{K_p}{K_i}\ and\ T_d = \frac{K_d}{K_p}, respectively.$$

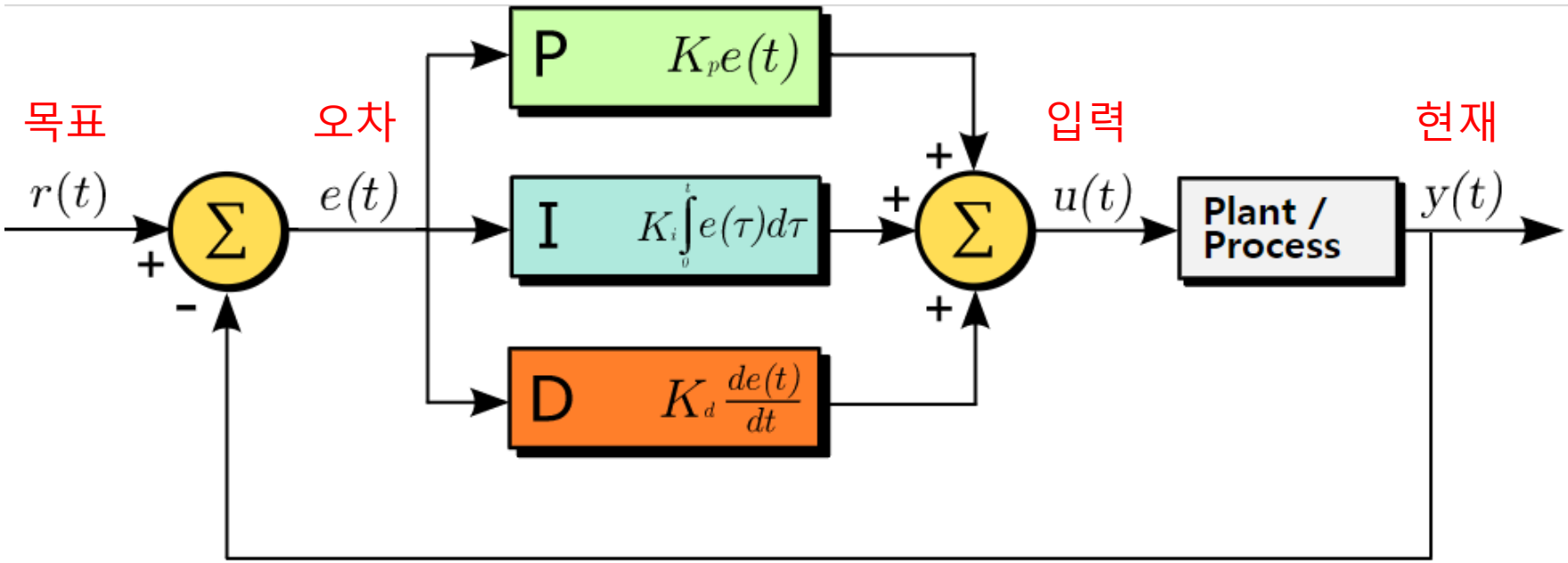
실험내용 – 라인트레이싱 로봇 주행 제어

- 바닥에 그어진 선을 따라 이동하는 로봇
- 응용 사례
  - 자동화 공장에서 물품 운반
  - 자동차의 차선이탈방지시스템(Lane Keeping Assist System)
- 이번학기 실험에는 LEGO® Mindstorms® EV3 키트 사용
  - 적외선 센서의 반사광 측정 기능을 이용
  - 0(완전한 검정)~100(완전한 흰색) 사이의 값
  - 적절한 목표 반사광 값(실험에서는 40)을 유지하며 움직이도록 로봇의 조향 각도를 제어하는 실험





실험내용 – 라인트레이싱 로봇 주행 제어



(출처: wikipedia.org)

- 로봇의 주행을 위의 제어로직에 대응시켜보면?
  - 목표: 반사광 측정값 40
  - 현재: 현 위치에서 센서가 측정한 현재 반사광 값
  - 오차: 목표-현재
  - 입력: 현재의 오차를 가지고 연산하여 나온 조향각도
- 로봇 움직임 제어를 수행하는 모터 움직임은 어디에 해당?

실험 보고서 작성

1. 일반적인 PID 제어기에서 오차(e(t))와 입력(u(t)) 사이의 관계는 다음 수식으로 표현할 수 있다.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

   위 식으로부터, 일반적인 PID 제어기에 대한 라플라스 전달 함수 (Laplace transfer function)를 구하시오. (★유도과정 포함)

2. 실험 결과 주어진 반사광 측정 데이터를 이용하여, P 제어기에서 P gain 변화에 따른 주행 특성 변화에 대해 논의하시오. (모든 실험에서 목표 반사광 값은 40으로 고정되어 있다.)

3. 반사광 측정 데이터를 이용하여, PI 제어기에서 I gain 변화에 따라 주행 특성이 주로 달라지는 부분을 찾고 그 이유에 대해 논의하시오.

4. 반사광 측정 데이터를 이용하여, PID 제어기에서 D gain 변화에 따라 주행 특성이 주로 달라지는 부분을 찾고 그 이유에 대해 논의하시오.