# Optical Flow

2019-03-17

Ye Chan(Paul) Kim

# Optical Flow Intro

## Optical Flow가 필요한 이유? Direct Method?

# Optical Flow Intro

## Optical Flow가 필요한 이유? Direct Method?

- 이전 온라인에서 카메라의 특징점을 이용해서 카메라의 움직임을 추정하는 방법을 학습함. 특히 Feature-based Method와 관련된 내용을 학습

# Optical Flow Intro

## Optical Flow가 필요한 이유? Direct Method?

- 이전 온라인에서 카메라의 특징점을 이용해서 카메라의 움직임을 추정하는 방법을 학습함. 특히 Feature-based Method와 관련된 내용을 학습

- 그렇지만 Visual Odometry의 주류를 담당하는 Feature-based Method는 몇 가지의 단점이 존재함

# Optical Flow Intro

## Optical Flow가 필요한 이유? Direct Method?

- 이전 온라인에서 카메라의 특징점을 이용해서 카메라의 움직임을 추정하는 방법을 학습함. 특히 Feature-based Method와 관련된 내용을 학습

- 그렇지만 Visual Odometry의 주류를 담당하는 Feature-based Method는 몇 가지의 단점이 존재함

  1. 특징 추출과 디스크립터의 계산에 소요되는 시간이 큼
  2. 특징점을 사용하는 경우 특징점을 제외한 나머지 정보를 무시하게 됨
  3. 카메라가 특징점이 없는 시점에 존재하게 되는 경우 문제가 발생할 수 있음

# Optical Flow Intro

## Optical Flow가 필요한 이유? Direct Method?

- 이전 온라인에서 카메라의 특징점을 이용해서 카메라의 움직임을 추정하는 방법을 학습함. 특히 Feature-based Method와 관련된 내용을 학습

- 그렇지만 Visual Odometry의 주류를 담당하는 Feature-based Method는 몇 가지의 단점이 존재함

1. 특징 추출과 디스크립터의 계산에 소요되는 시간이 큼
2. 특징점을 사용하는 경우 특징점을 제외한 나머지 정보를 무시하게 됨
3. 카메라가 특징점이 없는 시점에 존재하게 되는 경우 문제가 발생할 수 있음

=> 이러한 문제점을 극복하는 관점에서 Optical Flow와 Direct Method는 탄생

# Optical Flow

- Optical Flow와 Direct Method

# Optical Flow

- Optical Flow와 Direct Method
  - Direct Method는 Optical Flow연구의 연장선에서 등장

# Optical Flow

- Optical Flow와 Direct Method
  - Direct Method는 Optical Flow연구의 연장선에서 등장
  - Optical Flow와 Direct Method의 특징?
    - **Optical Flow** : **이미지의 픽셀 모션**을 설명
    - **Direct Model** : **카메라 모션 모델**을 갖고 있음

# Optical Flow

- Optical Flow와 Direct Method
    - Direct Method는 Optical Flow연구의 연장선에서 등장
    - Optical Flow와 Direct Method의 특징?
        - **Optical Flow** : **이미지의 픽셀 모션**을 설명
        - **Direct Model** : **카메라 모션 모델**을 갖고 있음

- Optical Flow는 시간 경과에 따른 이미지 간의 픽셀 이동으로 설명(u, v)

# Optical Flow

- Optical Flow와 Direct Method
  - Direct Method는 Optical Flow연구의 연장선에서 등장
  - Optical Flow와 Direct Method의 특징?
    - **Optical Flow** : **이미지의 픽셀 모션**을 설명
    - **Direct Model** : **카메라 모션 모델**을 갖고 있음

- Optical Flow는 시간 경과에 따른 이미지 간의 픽셀 이동으로 설명(u, v)
  - **u, v의 해**를 구하는 것이 목표
  - Dense Optical Flow : 모든 픽셀을 계산
  - Sparse Optical Flow : 부분 픽셀을 계산 => **Lucas-Kanade Optical Flow(LK Optical Flow)**

# Optical Flow

- Optical Flow와 Direct Method
  - Direct Method는 Optical Flow연구의 연장선에서 등장
  - Optical Flow와 Direct Method의 특징?
    - **Optical Flow** : **이미지의 픽셀 모션**을 설명
    - **Direct Model** : **카메라 모션 모델**을 갖고 있음

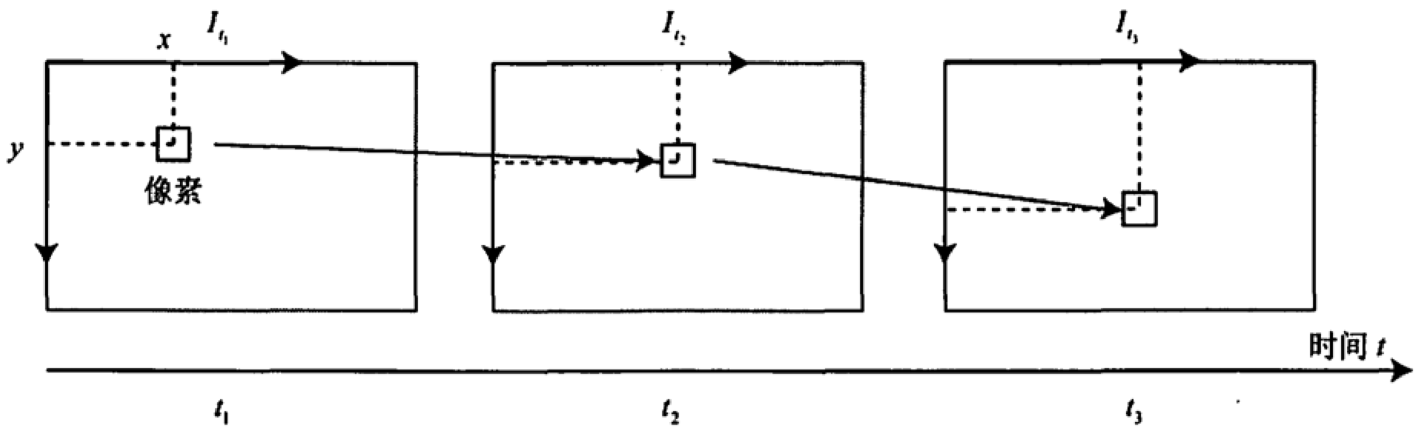
- Optical Flow는 시간 경과에 따른 이미지 간의 픽셀 이동으로 설명(u, v)
  - **u, v의 해**를 구하는 것이 목표
  - Dense Optical Flow : 모든 픽셀을 계산
  - Sparse Optical Flow : 부분 픽셀을 계산 => **Lucas-Kanade Optical Flow(LK Optical Flow)**

**교재**

# Lucas-Kanade Optical Flow

- LK Optical Flow
  - 시간 t에서 위치(x,y)에서의 하나의 픽셀에 대한 Intensity(그레이스케일-책)

$$I(x, y, t).$$

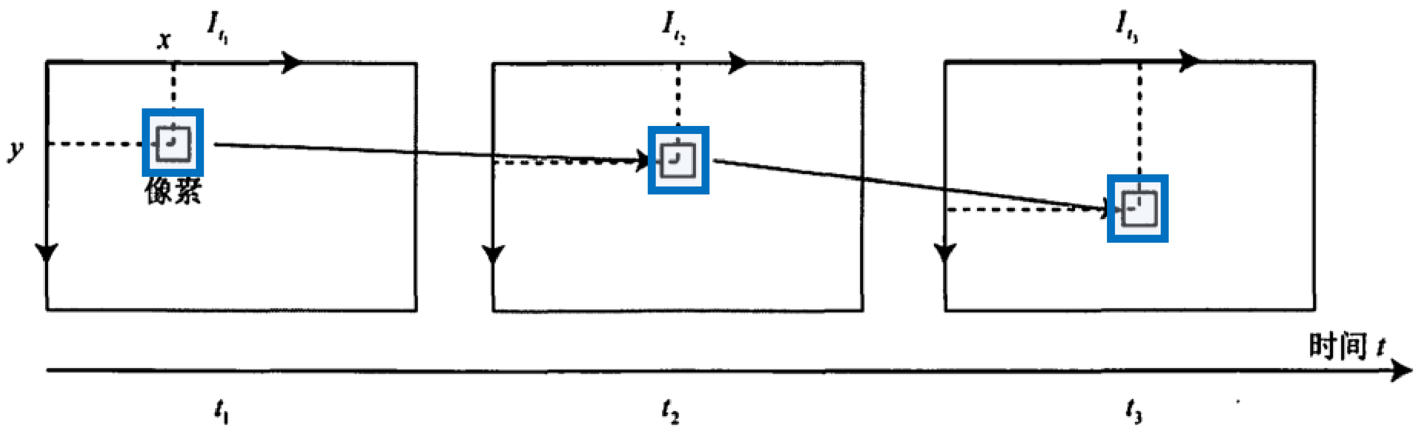



灰度不变假设: $I(x_1, y_1, t_1) = I(x_2, y_2, t_2) = I(x_3, y_3, t_3)$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- LK Optical Flow
  - 시간 t에서 위치(x,y)에서의 하나의 픽셀에 대한 Intensity(그레이스케일-책)

$$I(x, y, t).$$



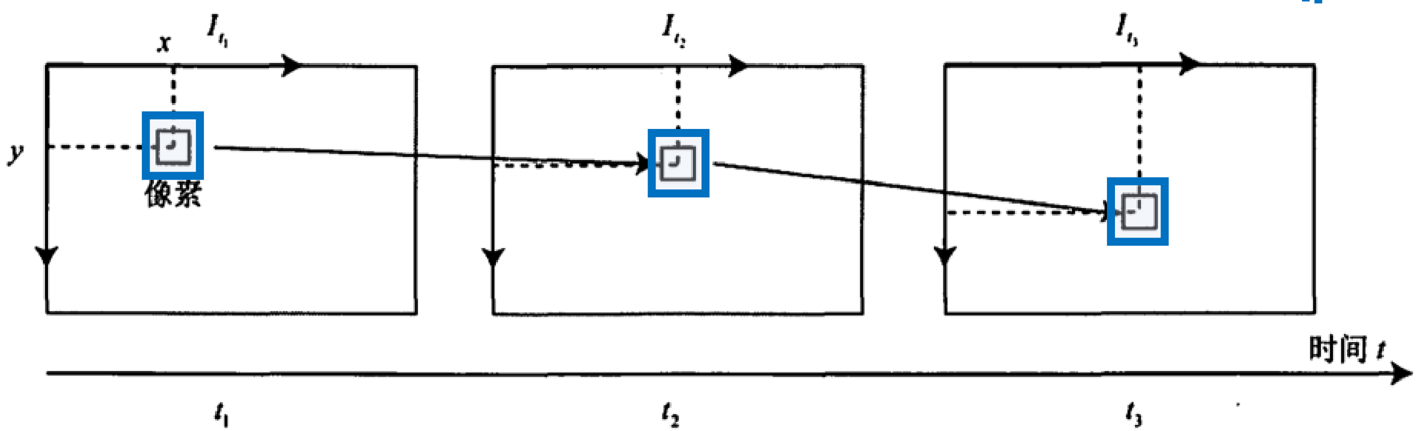

灰度不变假设: $I(x_1, y_1, t_1) = I(x_2, y_2, t_2) = I(x_3, y_3, t_3)$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- LK Optical Flow
  - 시간 t에서 위치(x,y)에서의 하나의 픽셀에 대한 Intensity(그레이스케일-책)

$$I(x, y, t).$$

네모 추적!




灰度不变假设： $I(x_1, y_1, t_1) = I(x_2, y_2, t_2) = I(x_3, y_3, t_3)$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **Key assumptions**

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **Key assumptions**
  - **Brightness constancy** : The appearance of the image patches do not change

$$I(x + \mathrm{d}x, y + \mathrm{d}y, t + \mathrm{d}t) = I(x, y, t). \tag{8.1}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **Key assumptions**
  - **Brightness constancy** : The appearance of the image patches do not change

$$\boldsymbol{I}(x+\mathrm{d}x, y+\mathrm{d}y, t+\mathrm{d}t) = \boldsymbol{I}(x, y, t). \tag{8.1}$$

  - **Small motion** : points do not move very far(u, v is less than 1 pixel)
    - Suppose we take the Taylor series expansion of I

$$\boldsymbol{I}(x+\mathrm{d}x, y+\mathrm{d}y, t+\mathrm{d}t) \approx \boldsymbol{I}(x, y, t) + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\mathrm{d}x + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\mathrm{d}y + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}\mathrm{d}t. \tag{8.2}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 테일러 전개를 수행(small motion(dx≈0, dy≈0), 작은 시간 변화량(dt≈0)가정)

$$\boldsymbol{I}(x+\mathrm{d}x, y+\mathrm{d}y, t+\mathrm{d}t) \approx \boldsymbol{I}(x, y, t) + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\mathrm{d}x + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\mathrm{d}y + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}\mathrm{d}t. \quad (8.2)$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 테일러 전개를 수행(small motion(dx≈0, dy≈0), 작은 시간 변화량(dt≈0)가정)

$$\boldsymbol{I}(x+\mathrm{d}x, y+\mathrm{d}y, t+\mathrm{d}t) \approx \boldsymbol{I}(x, y, t) + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\mathrm{d}x + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\mathrm{d}y + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}\mathrm{d}t. \tag{8.2}$$

- 공간(x, y)과 시간(t)에 대해서 이미지의 grayscale이 일정하기 때문에 0의 값을 갖음

$$\frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\mathrm{d}x + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\mathrm{d}y + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}\mathrm{d}t = 0. \tag{8.3}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 테일러 전개를 수행(small motion(dx≈0, dy≈0), 작은 시간 변화량(dt≈0)가정)

$$\boldsymbol{I}(x+\mathrm{d}x, y+\mathrm{d}y, t+\mathrm{d}t) \approx \boldsymbol{I}(x, y, t) + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\mathrm{d}x + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\mathrm{d}y + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}\mathrm{d}t. \tag{8.2}$$

- 공간(x, y)과 시간(t)에 대해서 이미지의 grayscale이 일정하기 때문에 0의 값을 갖음

$$\frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\mathrm{d}x + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\mathrm{d}y + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}\mathrm{d}t = 0. \tag{8.3}$$

- 그리고 이후에 양변에 대해 dt로 나눔

$$\frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial y}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -\frac{\partial \boldsymbol{I}}{\partial t}. \tag{8.4}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 이어서

$$\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \frac{\partial I}{\partial y}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -\frac{\partial I}{\partial t}. \tag{8.4}$$

  - dx/dt는 x축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **u**로 표시
  - dy/dt는 y축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **v**로 표시
  - dI/dx, dI/dy, dI/dt는 각각 x,y,t에 대한 이미지 Intensity의 변화량
    - dI/dx = **Ix**
    - dI/dy = **Iy**
    - dI/dt = **It**

- 하나의 픽셀에 대한 이미지의 Intensity를 매트릭스로 표현

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 이어서

$$\boxed{\frac{\partial I}{\partial x}}\boxed{\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}}+\boxed{\frac{\partial I}{\partial y}}\boxed{\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}}=-\boxed{\frac{\partial I}{\partial t}}. \tag{8.4}$$

  - dx/dt는 x축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **u**로 표시
  - dy/dt는 y축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **v**로 표시
  - dI/dx, dI/dy, dI/dt는 각각 x,y,t에 대한 이미지 Intensity의 변화량
    - dI/dx = **Ix**
    - dI/dy = **Iy**
    - dI/dt = **It**

- 하나의 픽셀에 대한 이미지의 Intensity를 매트릭스로 표현

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 이어서

$$\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}+\frac{\partial I}{\partial y}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=-\frac{\partial I}{\partial t}. \tag{8.4}$$

  - dx/dt는 x축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **u**로 표시
  - dy/dt는 y축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **v**로 표시
  - dI/dx, dI/dy, dI/dt는 각각 x,y,t에 대한 이미지 Intensity의 변화량
    - dI/dx = **Ix**
    - dI/dy = **Iy**
    - dI/dt = **It**

- 하나의 픽셀에 대한 이미지의 Intensity를 매트릭스로 표현

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}=-I_t. \tag{8.5}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 이어서

$$\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \frac{\partial I}{\partial y}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -\frac{\partial I}{\partial t}. \quad (8.4)$$

- dx/dt는 x축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **u**로 표시
- dy/dt는 y축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **v**로 표시
- dI/dx, dI/dy, dI/dt는 각각 x,y,t에 대한 이미지 Intensity의 변화량
  - dI/dx = **Ix**
  - dI/dy = **Iy**
  - dI/dt = **It**

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad \nabla I = \begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix}$$

$$0 = I_t + \nabla I \cdot [\frac{\partial x}{\partial t} \ \frac{\partial y}{\partial t}]$$

- 하나의 픽셀에 대한 이미지의 Intensity를 매트릭스로 표현

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \quad (8.5)$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 이어서

$$\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}+\frac{\partial I}{\partial y}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=-\frac{\partial I}{\partial t}. \qquad (8.4)$$

  - dx/dt는 x축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **u**로 표시
  - dy/dt는 y축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **v**로 표시
  - dI/dx, dI/dy, dI/dt는 각각 x,y,t에 대한 이미지 Intensity의 변화량
    - dI/dx = **Ix**
    - dI/dy = **Iy**
    - dI/dt = **It**

$$\mathbf{u}=\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \qquad \nabla I=\begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix}$$

$$0 = I_t + \nabla I \cdot [\underbrace{\frac{\partial x}{\partial t}}_{u} \ \underbrace{\frac{\partial y}{\partial t}}_{v}]$$

- 하나의 픽셀에 대한 이미지의 Intensity를 매트릭스로 표현

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}=-I_t. \qquad (8.5)$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 이어서

$$\boxed{\frac{\partial I}{\partial x}}\boxed{\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}}+\boxed{\frac{\partial I}{\partial y}}\boxed{\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}}=-\boxed{\frac{\partial I}{\partial t}}. \tag{8.4}$$

  - dx/dt는 x축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **u**로 표시
  - dy/dt는 y축방향으로의 픽셀의 이동 속도이고 **v**로 표시
  - dI/dx, dI/dy, dI/dt는 각각 x,y,t에 대한 이미지 Intensity의 변화량
    - dI/dx = **Ix**
    - dI/dy = **Iy**
    - dI/dt = **It**

$$\mathbf{u}=\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \qquad \nabla I=\begin{bmatrix} \boxed{I_x} \\ \boxed{I_y} \end{bmatrix}$$

$$0 = I_t + \nabla I \cdot [\underbrace{\frac{\partial x}{\partial t}}_{\mathbf{u}} \ \underbrace{\frac{\partial y}{\partial t}}_{\mathbf{v}}]$$

- 하나의 픽셀에 대한 이미지의 Intensity를 매트릭스로 표현

$$\boxed{\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t.} \tag{8.5}$$

**같음**

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스 1 equation, but 2 unknowns(u and v)

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스

**1 equation, but 2 unknowns(u and v)**

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

**LK Optical Flow**

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스

1 equation, but 2 unknowns(u and v)

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \qquad (8.5)$$

- 픽셀에 대한 방정식을 얻는 방법?
  - **추가 제약 조건을 부여함**

LK Optical Flow

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스

**1 equation, but 2 unknowns(u and v)**

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

- 픽셀에 대한 방정식을 얻는 방법?
  - **추가 제약 조건을 부여함**
  - LK : assume locally constant motion
    - 윈도우 내의 픽셀은 동일한 모션(u,v)를 갖는다고 가정함
      - W^2의 픽셀 수를 포함하는 크기 w x w의 윈도우를 고려(권장 : 5 x 5, 10 x 10)

**LK Optical Flow**

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스

1 equation, but 2 unknowns(u and v)

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \qquad (8.5)$$

- 픽셀에 대한 방정식을 얻는 방법?
  - **추가 제약 조건을 부여함**
  - LK : assume locally constant motion
    - 윈도우 내의 픽셀은 동일한 모션(u,v)를 갖는다고 가정함
      - W^2의 픽셀 수를 포함하는 크기 w x w의 윈도우를 고려(권장 : 5 x 5, 10 x 10)

LK Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \qquad (8.6)$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스 1 equation, but 2 unknowns(u and v)

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \qquad (8.5)$$

- 픽셀에 대한 방정식을 얻는 방법?
  - **추가 제약 조건을 부여함**
  - LK : assume locally constant motion
    - 윈도우 내의 픽셀은 동일한 모션(u,v)를 갖는다고 가정함
      - W^2의 픽셀 수를 포함하는 크기 w x w의 윈도우를 고려(권장 : 5 x 5, 10 x 10)

LK Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \qquad (8.6)$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- **하나의 픽셀**에 대한 매트릭스

1 equation, but 2 unknowns(u and v)

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t. \tag{8.5}$$

- 픽셀에 대한 방정식을 얻는 방법?
  - **추가 제약 조건을 부여함**
  - LK : assume locally constant motion
    - 윈도우 내의 픽셀은 동일한 모션(u,v)를 갖는다고 가정함
      - W^2의 픽셀 수를 포함하는 크기 w x w의 윈도우를 고려(권장 : 5 x 5, 10 x 10)

LK Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

문제 해결!

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \tag{8.6}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{I}_x & \boldsymbol{I}_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\boldsymbol{I}_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \tag{8.6}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{I}_x & \boldsymbol{I}_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\boldsymbol{I}_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \tag{8.6}$$

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스를 하나로 묶어서 표현

$$\boldsymbol{A} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\boldsymbol{b}. \tag{8.8}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \tag{8.6}$$

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스를 하나로 묶어서 표현

$$A \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -b. \tag{8.8}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{I}_x & \boldsymbol{I}_y \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\boldsymbol{I}_{tk}, \quad k = 1, \ldots, w^2. \tag{8.6}$$

- w x w window (pixel)에 대한 매트릭스를 하나로 묶어서 표현

$$\boldsymbol{A} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\boldsymbol{b}. \tag{8.8}$$

- 최소자승법을 이용한 u, v의 해(solution).

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}^* = -\left(\boldsymbol{A}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{A}\right)^{-1}\boldsymbol{A}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{b}. \tag{8.9}$$

# Lucas-Kanade Optical Flow

- 최소자승법을 이용한 u, v의 해(solution)

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}^* = -(A^T A)^{-1} A^T b. \tag{8.9}$$

- When is This Solvable?
  - Skip!!!

# Thank you