

시간 관련 정보에 대한 정의

- 시스템에서 시간을 표현하는데 있어 사용할 용어를 정의한다.
 - 시계 (clock)
 - 시각 (time point)
 - 타임스탬프 (timestamp)
 - 시간 (duration)
- 각 개념들간의 연관성을 설명한다.

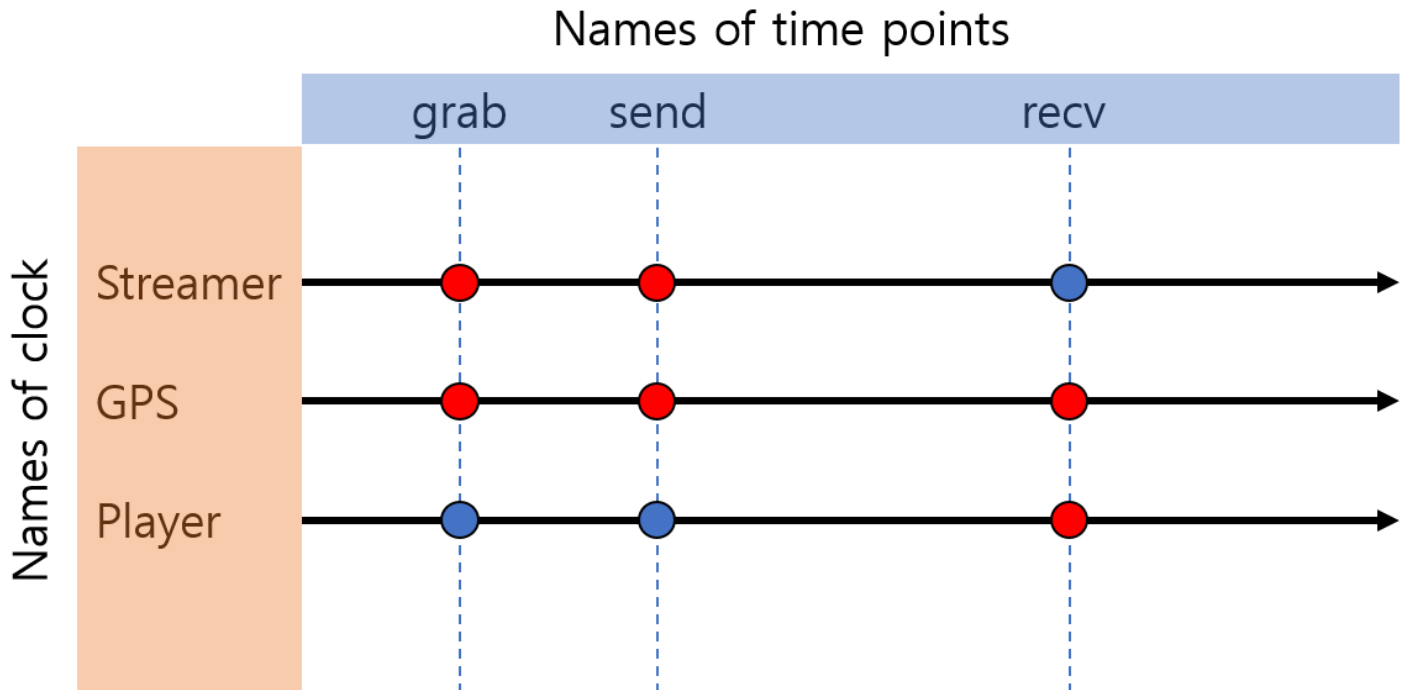


그림 1. timeline

시계(clock)

- 같은 기준시각을 공유하는 타임스탬프의 집합.
- T_k : 시계 k (k는 시계의 이름이다).
- $t_{k,i}$: 시계 k의 i 시점의 타임스탬프

절대시계

- 가상의 한 타임스탬프를 기준으로 시간의 흐름에 따라 표현되는 타임스탬프의 집합
 - T_{global} 의 기호로 표현한다.
 - $t_{global} \in T_{global}$
- 절대시계에서의 타임스탬프는 값을 구할 수 없다.
- 절대시계는 모든 일반시계로 매핑되며 그 역함수도 존재한다..
 - $\forall k, \exists f_k : T_{global} \rightarrow T_k$
 - $\forall k, \exists f_k^{-1} : T_k \rightarrow T_{global}$
- example
 - $f_k(t_{global,i}) = t_{k,i}$
 - $f_k^{-1}(t_{k,i}) = t_{global,i}$

- 이하 시각 이라고 하면 절대시계에서의 타임스탬프를 의미한다.

일반 시계

- 기준시각을 공유하는 타임스탬프 집합으로 기준시각으로부터 지난 시간을 세는 것이 가능한 시계.
 - 일반시계 타임스탬프가 0 이 되는 시각을 시계의 기준시각이라 하자.
 - 일반시계 k 의 기준시각이 $t_{global,k0}$ 라고 하면 $f_k(t_{global,k0})$ 는 정의에 의해 0 이다.
 - 거꾸로 $t_{global,k0} = f_k^{-1}(0)$ 이다.
- 일반시계에서는 타임스탬프를 구할 수 있으며 k 시계의 i번째 타임스탬프 $t_{k,i}$ 는 다음과 같이 구한다.
 - $t_{k,i} = t_{global,i} - t_{global,k0}$
 - 즉 일반시계에서의 타임스탬프는 시계의 기준시각으로부터 타임스탬프가 가리키는 시각까지의 시간이 된다.
- [그림 1]에서 시계는 가로방향 검은색 화살표를 의미한다.
- 우리 시스템은 Streamer 와 Player 두개의 PC 로 이루어져 있으며 각각의 PC 는 GPS 수신기로부터 시각을 얻을 수 있다.
- 두개의 PC가 얻은 GPS 수신기의 시각은 동일한 시계로부터 얻었음을 가정한다.
- 즉 시스템 내에서 고려할 일반시계는 3가지이다. 이를 각각 Streamer, GPS, Player 로 이름붙인다.

타임스탬프(timestamp)

- $t_{k,i}$ 는 k 시계의 i 시각 타임스탬프이다.
- 시계 T_k 의 원소
 - $\forall i, t_{k,i} \in T_k$
- [그림 1]의 붉은색과 푸른색 점은 모두 timestamp를 나타낸다. 둘의 차이에 대해 추후 설명한다.
- 같은 시각에 대하여 timestamp를 측정하여도 어떤 시계를 사용했느냐에 따라 다른 값이 기록될 수 있다.
- 따라서 timestamp는 사용한 시계, 기록한 시각과 함께 명명한다.

타임스탬프(timestamp) 명명법

- `timestamp_{clock}_{abs_timestamp}` 의 형식을 취하면 다음과 같다.

	grab	send	recv
streamer	timestamp_streamer_grab	timestamp_streamer_send	timestamp_streamer_recv
gps	timestamp_gps_grab	timestamp_gps_send	timestamp_gps_recv
player	timestamp_player_grab	timestamp_player_send	timestamp_player_recv

타임스탬프(timestamp)의 두가지 종류

- [그림 1]의 붉은색 타임스탬프와 푸른색 타임스탬프가 구별되어있다.
- 붉은색을 primary timestamp 라고 하자.
 - 이것은 사건 당시 직접 측정된 타임스탬프 이다.
- 푸른색을 derived timestamp 라고 하자.
 - 이것은 직접 측정될 수 없는 타임스탬프이다.
 - 이것은 primary timestamp로부터 계산된 타임스탬프 이다.
 - 계산 방법은 duration의 설명 이후 함께 설명한다

시간(duration)

- $d_{k,i,j}$ 는 k 시계의 i 타임스탬프부터 j 타임스탬프 까지의 시간이다.
- 시간은 함수로서 **동일 시계(clock)의 두개의 타임스탬프(timestamp)의 차로** 정의한다.
 - $\forall(i, j), d_{k,i,j} \in D_k$
 - $d : (T_k, T_k) \rightarrow D_k$
 - $d_{k,i,j} = d(t_{k,i}, t_{k,j}) = t_{k,j} - t_{k,i}$
- 서로 다른 시계(clock)에서의 타임스탬프끼리의 시간은 정의하지 않는다.
- 시간에는 기준 시각이 필요 없으므로 다음이 성립
 - $d_{p,i,j}$
 $= t_{p,j} - t_{p,i}$
 $= (t_{global,j} - f_p^{-1}(0)) - (t_{global,i} - f_p^{-1}(0))$
 $= t_{global,j} - t_{global,i}$
 $= d_{global,i,j}$
 - $f_q(d_{p,i,j}) = d_{p,i,j}$
- 일반시계의 타임스탬프의 정의에 따라 다음과 같이 쓸 수 있다.
 - $t_{global,p0}$ 는 p시계의 기준시각을 의미한다.
 - $t_{p,i} = d(t_{global,p0}, t_{global,i})$
- t와 d의 연산은 다음과 같다
 - $t_{k,i} + t_{k,j}$ 정의되지 않음
 - 이것은 풀어 쓰면 k시계 기준시각으로부터 i시각까지 걸린 시간과 k시계 기준시각으로부터 j 시각까지 걸린 시간의 합이다.
 - 이것은 계산은 가능하지만 시각으로서의 의미는 없다.
 - 시간으로서의 의미로 쓸 땐 $d + d$ 의 연산이 된다.
 - 같은 좌표계에서 위치에 위치를 더하면 위치로서의 의미가 아닌 것과 같다.
 - $t_{k,i} - t_{k,j} \in D_k$
 - 이것은 duration의 정의이며 시계의 변환(f)에 대해 불변량이다.
 - 거리 개념과 같다.
 - $t_{k,i} \pm d_{k,j} \in T_k$
 - 시각에 시간을 더하거나 빼면 시각이 된다. 예를들어 1시부터 2시간 지나면 3시이다. 1시부터 2시간 전은 11시 이다.
 - 위치에 거리를 더한 것과 같다.
 - $d_{k,i} \pm d_{k,j} \in D_k$
 - 시간에 시간을 더하거나 빼면 시간이 된다. 예를들어 2시간에 1시간을 더하면 3시간이다. 2시간에 1시간을 빼면 1시간이다.
 - 시간은 시각에 대한 거리 개념이다. 더하거나 뺄 수 있다.
 - 거리에 거리를 더한 것과 같다.

시간의 명명법

- $d_{k,i,j}$ 는 `duration_{clock}_{timestamp_from}_{timestamp_to}` 로 명명한다.
- 예시

	from grab to send	from send to recv	from grab to recv
streamer	duration_streamer_grab_send	duration_streamer_send_recv	duration_streamer_grab_recv
gps	duration_gps_grab_send	duration_gps_send_recv	duration_gps_grab_recv
player	duration_player_grab_send	duration_player_send_recv	duration_player_grab_recv

derived timestamp의 계산

- derived timestamp의 종류
 - timestamp_streamer_recv
 - timestamp_player_grab
 - timestamp_player_send
- timestamp_streamer_recv
 - $t_{streamer,recv}$
$$\begin{aligned} &= f_{streamer}(t_{global,recv}) \\ &= f_{streamer}(f_{gps}^{-1}(f_{gps}(t_{global,recv}))) \\ &= f_{streamer}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,recv})) \\ &= f_{streamer}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,recv} - t_{gps,grab} + t_{gps,grab})) \\ &= f_{streamer}(f_{gps}^{-1}(d_{gps,grab,recv} + t_{gps,grab})) \\ &= f_{streamer}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,grab})) + d_{gps,grab,recv} \\ &= f_{streamer}(t_{global,grab}) + d_{gps,grab,recv} \\ &= t_{streamer,grab} + d_{gps,grab,recv} \end{aligned}$$
- timestamp_player_grab
 - $t_{player,grab}$
$$\begin{aligned} &= f_{player}(t_{global,grab}) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(f_{gps}(t_{global,grab}))) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,grab})) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,grab} - t_{gps,recv} + t_{gps,recv})) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(-d_{gps,grab,recv} + t_{gps,recv})) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,recv})) - d_{gps,grab,recv} \\ &= f_{player}(t_{global,recv}) - d_{gps,grab,recv} \\ &= t_{player,recv} - d_{gps,grab,recv} \end{aligned}$$
- timestamp_player_send
 - $t_{player,send}$
$$\begin{aligned} &= f_{player}(t_{global,send}) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(f_{gps}(t_{global,send}))) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,send})) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,send} - t_{gps,recv} + t_{gps,recv})) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(-d_{gps,send,recv} + t_{gps,recv})) \\ &= f_{player}(f_{gps}^{-1}(t_{gps,recv})) - d_{gps,send,recv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= f_{player}(t_{global,recv}) - d_{gps,send,recv} \\
&= t_{player,recv} - d_{gps,send,recv}
\end{aligned}$$

offset에 대하여

- o 의 기호로 표현한다.
- $o_{p,q}$ 는 p 시계와 q 시계의 오프셋으로 다음과 같이 계산한다.
 - $o_{p,q} = t_{global,q} - t_{global,p}$
- 다음이 성립한다.
 - $o_{p,q}$

$$\begin{aligned}
&= t_{global,q} - t_{global,p} \\
&= t_{global,q} - t_{global,i} + t_{global,i} - t_{global,p} \\
&= (t_{global,q} - t_{global,i}) + (t_{global,i} - t_{global,p}) \\
&= -t_{q,i} + t_{p,i}
\end{aligned}$$
 - $t_{p,i} = t_{q,i} + o_{p,q}$
 - 따라서 다음을 알 수 있다.
 - $t_{p,i} = f_p(t_{global,i})$

$$\begin{aligned}
&= f_p(f_q^{-1}(t_{q,i})) \\
&= t_{q,i} + o_{p,q}
\end{aligned}$$
 - $f_p(f_q^{-1}(t_{q,i})) = t_{q,i} + o_{p,q}$

offset 의 명명법

- $o_{p,q}$ 을 p 시계와 q 시계의 오프셋으로 하면 변수는 `offset_{clock_p}_{clock_q}`로 명명한다.

실험 분석에 필요한 부분

latency 분석에 대하여

Alias	기호	변수명	설명
encodig_latency	$d_{gps,grab,send}$	duration_gps_grab_send	이미지 그랩 직전부터 send 직전까지의 시간
network_latency	$d_{gps,send,recv}$	duration_gps_send_recv	send직전부터 recv 직후까지의 시간
total_latency	$d_{gps,grab,recv}$	duration_gps_grab_recv	이미지 그랩부터 recv 까지 걸린 총 시간

PC - GPS 간 drift에 대하여

기호	변수명	설명
$O_{gps,streamer}$	offset_gps_streamer	gps 타임스탬프 - streamer 타임스탬프
$O_{gps,player}$	offset_gps_player	gps 타임스탬프 - player 타임스탬프

데이터 로깅

다음 column을 가지는 csv 파일로 로깅한다.

column number	title	
1	stream_id	stream id
2	image_sequence_number	image sequence number for each stream
3	timestamp_streamer_grab	unit:[msec]. see timestamp section
4	timestamp_streamer_send	unit:[msec].see timestamp section
5	timestamp_stremaer_rcv	unit:[msec].see timestamp section
6	timestamp_gps_grab	unit:[msec].see timestamp section
7	timestamp_gps_send	unit:[msec].see timestamp section
8	timestamp_gps_rcv	unit:[msec].see timestamp section
9	timestamp_player_grab	unit:[msec].see timestamp section
10	timestamp_player_send	unit:[msec].see timestamp section
11	timestamp_player_rcv	unit:[msec].see timestamp section
12	timestamp_gps_grab_raw	unit:[msec]. latest updated gps raw timestamp at grab timepoint
13	timestamp_gps_send_raw	unit:[msec]. latest updated gps raw timestamp at send timepoint
14	timestamp_gps_rcv_raw	unit:[msec]. latest updated gps raw timestamp at rcv timepoint
15	offset_gps_streamer	unit:[msec].see offset section
16	offset_gps_player	unit:[msec].see offset section
17	longitude	longitude in degree
18	latitude	latitude in degree
19	number_of_satellite	number of satellites of which Nav system using.
20	packet_size	recieved packet size