La salida del bloque de reconstruccion, son los puntos 3D generados a partir de los multiples videos de cada vista, presentados en el orden que fueron validados. Son presentados anonimamente para cada cuadro de la secuencia, y el objetivo del tracking o seguimiento, es indentificarlos temporalmente, asignandoles una etiqueta constante para obtener las trayectorias de cada marador.

El procedimiento presentado por Lorna Herda [enlace], es aplicar el tracking de particulas esbozado por Malik,Dracos,Papantoniou al seguimiento de marcadores. El mismo consiste en buscar el desplazamiento de un marcador desde el cuadro [f] al cuadro siguiente [f+1], sobre una ventana de cuatro cuadros.

La hipotesis principal de este procedimiento, es que el muestreo del movimiento capturado es suficiente para que el desplazamiento entre cuadros sea minimo en distancia, y la idea para predecir y buscar el desplazamiento entre [f] y [f+1], es utilizar la informacion que se tiene de la secuencia entre [f-1] y [f], y utilizar una segunda proyeccion entre [f+1] y [f+2] para confirmar el enlace encontrado en el caso que surgan dudas.

Para poder confirmar un enlace, se debe cumplir que el mismo presenta la menor variacion de aceleracion para la opcion elegida, entre todas las posibles, caculada como

X\_{-1}-3.X\_{0}+3.X\_{1}-X\_{2} = 0

Donde X\_{1}, a su vez, es el punto de todos aquellos en el frame [f+1] que mejor se aproxima al desplazamiento en los frames anteriores

X\_{-1}-X\_{0}=X\_{0}-X\_{1}

[FIGURA HERDA]

Lorna Herda propone que realizar el tracking sobre la reconstruccion 3D, presenta menos continuidad que si se realizara sobre la segmentacion de cada vista 2D agregando los puntos 3D reconstruidos y reproyectados, sin embargo en nuestras pruebas, al haber implemetado la reconstruccion de forma distinta, utilizando los datos reales como entrada a reconstruccion para realizar el tracking 2D, se tenian mas errores de enlazado en cada vista, que si se realizara el tracking 3D

(Imagenes de Tracking 2D y 3D, medidas de error?)

Por lo tanto, siendo el ground truth 2D el mejor caso de la segmentacion combinada con las reproyecciones, y que no presenta grandes ventajas sobre el tracking aplicado a la reconstruccion, se decidio trabajar sobre el espacio 3D y no regresar a cada vista. Adicionalmente, Lorna Herda propone multiples herramientas para inventario de marcadores frame a frame, alguno de los cuales fueron implementados (tracking por continuacion de trayectorias, estimacion de marcadores perdidos en el caso de pocos frames, reconstuccion binocular?), y otros no fueron implementados (validacion por esqueleto, por chequeo de visibilidad).

IMPLEMENTACION

(enfrentar\_marcadores\_herda)

En regimen, teniendo los enlaces previos entre [f-1] y [f] , se aplica el ultimo vector traslado de cada marcador conocido para obtener el centro de busqueda, y se utiliza el largo de ese desplazamiento como radio de busqueda (resultando en una region entre 0 y 2 veces la norma euclidea del ultimo traslado), buscando entre todos los marcadores anonimos a identificar en [f+1]. Si la busqueda no arrojó resultados, se incrementa la distancia hasta encontrar al menos un punto , aunque la distancia sea excesiva, posteriormente se validara en enlace enontrado.

(figura radio de busqueda para un marcador)

En caso que para un mismo radio se encuentre mas de un punto, se procede a repetir el proceso para cada posibilidad, y entre las multiples cadenas de 4 puntos, se elige aquella con menor variacion de aceleracion. El resultado de esta eleccion, es una secuencia de tres puentos en tres frames distintos.

(lo siguiente no está en Herda, pero puede interpretarse como “inventario de puntos” en [f+1])

Con todos los enlaces entre [f] y [f+1], y sus enlaces previos entre [f-1] y [f] se procede a calcular la aceleracion resultante. Este paso permite descartar entre enlaces que hayan elegido un mismo punto en [f+1], lo cual puede llegar a suceder debido a la busqueda incremental.

Finalmente, se ordenan los enlaces obtenidos segun la aceleracion resultante hasta que los enlaces entre [f] y [f+1] tengan aceleracion minima, y son unicos (no se repiten elementos en [f] y [f+1]), dando por finalizada la busqueda de enlaces.

Sin embargo, esta busqueda y depuracion no finaliza el tracking, deben buscarse e identificar aquellas trayectorias y enlaces, que se tenian hasta el momento, y no pudieron continuarse en [f+1] luego de buscar los enlaces. Esto se debe realizar en dos pasos:

* primero, tratar de enlazar los puntos que no se enlazaron de [f+1], con los de las trayectorias truncas en una iteracion anterior ([f-1], o previas)
* segundo, hacer el inventario de trayectorias que acaban de quedar truncas entre [f] y [f+1]

BUSQUEDA SOBRE TRAYECTORIAS TRUNCAS

Para enlazar un punto de [f+1] a una trayectoria trunca, a su vezdebe verificar una de dos condiciones, que la distancia del punto en [f+1] y una estimacion lineal de la trayectoria sea menor a un multiplo del paso que la trayectoria tenia hasta el momento de perderse, o que la distancia radial entre el punto en [f+1] sea menor al mismo multiplo del paso. En nuestro desarrollo, se establecio este multiplo en 4, mostrando que logra recuperar enlaces con puntos no muy lejanos a la trayectoria.

Este paso, es calculado como el promedio del desplazamiento en los ultimos tres enlaces conocidos (es posible utilizar mas enlaces hacia atras, pero puede promediar la trayectoria en un momento que no se encuentra en regimen, como el reposo, si se utilizan pocos enlaces al contrario, se puede tener un salto particular, en vez del comportamiento en regimen).

La estimacion lineal es calculada como el ultimo punto conocido de la trayectoria, y un vector equivalente al paso multiplicado por la cantidad de frames que la trayectoria estuvo en estado trunco.

Una vez vuelta a recuperar la trayectoria en [f+1], es necesario volver a encontrar o estimar los puntos en los frames que no se detecto punto alguno, por ejemplo, si la trayectoria fue perdida en el frame [f-2] y recuperada en [f+1], deben estimarse los puntos en [f-1] y [f]. Estas estimaciones son calculadas utilizando minimos cuadrados para encontrar aquellos puntos que satisfacen las ecuaciones fisicas de minima variacion de aceleracion (es trivial ver que las ecuaciones pueden combinarse como minima aceleracion, minima velocidad ), ultilizando los puntos previos a [f-2] como condiciones iniciales

(estimar\_marcadores)

(ecuaciones)

Estos puntos estimados, son marcados como obtenidos con velocidad (o desplazamiento entre puntos) invalida, pero se calcula su aceleracion como si fueran enlazados desde la reconstruccion en los frames que fueron estimados

Luego de haber recuperado todas las trayectorias posibles, se evaluan que trayectorias se perdieron, en que frame, y cual fue el ultimo marcador conocido.

Con la lista de enlaces, se actualizan los numeros de trayectoria, para cada punto enlazado en [f+1], heredando el numero de trayectoria que se tenia en [f].

Cabe destacar, que el comportamiento del enlazado debe ser levemente modificado para los frames iniciales y finales, asi como la recuperacion en caso del que la perdida suceda en trayectorias con pocos frames aprendidos.

Para el frame final, el procedimiento es el mismo, siendo [f+1] el frame final, lo unico que se prescinde de analizar es la busqueda entre [f+1] y [f+2]. Es decir que en caso de mas de un candidato, solo se calcula la aceleracion. Sin embago, otra posibilidad podria haber sido buscar la combinacion que cumplia la menor variacion de aceleracion entre [f-2], [f-1], [f] y [f+1], pero se procedio a la primer opcion de calcular la aceleracion en [f-1], [f] y [f+1], pero se deberia haber implementado una busqueda dos frames para atras, en vez de uno solo ya que en cada iteracion en regimen, se tiene por defecto en enlace anterior (auque se guardan todos los enlaces realizados frame a frame para tareas de debug).

(enfrentar\_marcadores\_inicial)

Para el frame inicial, el requerimiento que falla con respecto al enlazado el regimen, es el conocimiento previo del desplazamiento anterior. La busqueda del proximo enlace, se realiza entonces no trasladando desplazamientos previos, sino buscando entre todas las combinaciones posibles de los marcadores de los tres primeros frames, aquellas trayectorias con menor aceleracion, y que no se repitan los elementos que las integran

La desventaja de esta busqueda, es que pueden generarse grandes disparidades en las aceleraciones obtenidas en la combinatoria, ya que se fuerzan todos los puntos a pertenecer a una trayectoria, sin poder saber que tanta aceleracion es considerada minima, y a partir de que magnitud se considera una trayectoria invalida.

La validacion puede realizarse de forma global, estableciendo una maxima aceleracion, la cual superada se considera invalido un enlace. La desventaja de dicho umbral, es que puede establecerse estudiando todas las aceleraciones en conjunto, pero pueden filtrarse excesivamente aquellas trayectorias que legítimamente tienen grandes aceleraciones, por ejemplo, los pies en el caso de la marcha. En este caso, se debe proceder a truncar una trayectoria, intentar recuperarla, y estimar los marcadores, pero si el filtrado excesivo, puede no volver a recuperarse y perderse completamente hacia el futuro.

(imagen trayectorias, pies marcha, notar las trayectorias estimadas)

MEDIDA PERFORMANCE

A partir de los datos generados en Blender, no solamente se generan los videos sobre los cuales se segmenta para obtener las imagenes para luego reconstruir y posteriormente seguir las trayectorias 3D, sino que se tienen disponibles los datos “reales” con los cuales comparar nuestros algoritmos, y medir la performance.

Esto ultimo es medido segun las directivas establecidas en HumanEva [fuente], calculando el error cuadratico medio, o RMSE, de los puntos, en el caso de la segmentacion, se evalua el error de pixeles de cada camara, y para la segmentacion o tracking el error en escala metrica . Para los dos primeros bloques, surge la dificultad adicional de tener que identificar los puntos obtenidos a partir de los videos y la segmentacion, ya que son puntos 2D y 3D, por lo cual un matcheo frame a frame es necesario. Para el caso del tracking, solo es necesaria la identificacion para el primer bloque (sin embargo, se evalua tambien frame a frame, para identificar el caso de trayectorias cruzadas).

La identificacion, es realizada tomando para un mismo frame, los puntos del bloque a evaluar, y su ground truth correspondiente, calcular la distancia euclidea entre todas las parejas y finalmente, quedarse con aquellas parejas con menor distancia, siendo estas parejas unicas en indice de bloque y ground truth

(imagen de matriz de matcheo y procedimiento de obtencion de minimos)

Una vez establecidas las parejas, se procede a calcular el RMSE,

(formula del HumanEva)

Para el caso de la segmentacion y el ground truth de las camaras, no es posible saber los puntos que deberia ser detectados, ya que nuestro punto de comparacion son las coordenadas obtenidas del cuerpo, asumiendo que el cuerpo es transparente, mientras que la segmentacion de marcadores es realizada sobre un cuerpo opaco, por lo que hay puntos no detectados asociados a la visibilidad de los marcadores en cada camara, mas que fallas propias del algoritmo de segemntacion. Por ejemplo ,es esperable que las camaras laterales tengan una deteccion del entorno de la mitad de los marcadores

(Imagen tasa de deteccion, diagrama de camaras)

Para el caso de la reconstruccion y el tracking, los dos errores que pueden suceder son puntos enlazados correctamente, ya que se agotaron todas las alternativas posibles, pero presentan una discontinuidad leve o mayor, producto de una reconstruccion precaria. La misma puede no ser observable a simple vista en coordenadas cartesianas (X,Y,Z), pero aparece como discontinuidad en la velocidad, aceleracion, o en una sola de las coordenadas cartesianas, ya que a distinto movimiento estudiado, distinta variabilidad de las coordenadas: si se filma un movimiento de marcha, siendo X el ancho, Y la altura, y Z el largo , los marcadores no presentan la misma varialbilidad en X e Y, como en Z donde se mueven mucho mas

(figuras marcha XY, XZ, YZ)

METODOLOGIA PRUEBAS BLOQUES

RESULTADOS SEGMENTACION

RESULTADOS RECONSTRUCCION

RESULTADOS TRACKING

INYECCION RUIDO IMAGEN - RESULTADO SEGMENTACION?

INYECCION RUIDO IMAGEN - RESULTADO RECONSTRUCCION/TRACKING?

INYECCION RUIDO SEGMENTACION - RESULTADO RECONSTRUCCION/TRACKING?