

La captura de movimiento de bajo coste aplicada al rendimiento

El caso REPLAY y los deportes tradicionales

Luis Unzueta Irurtia

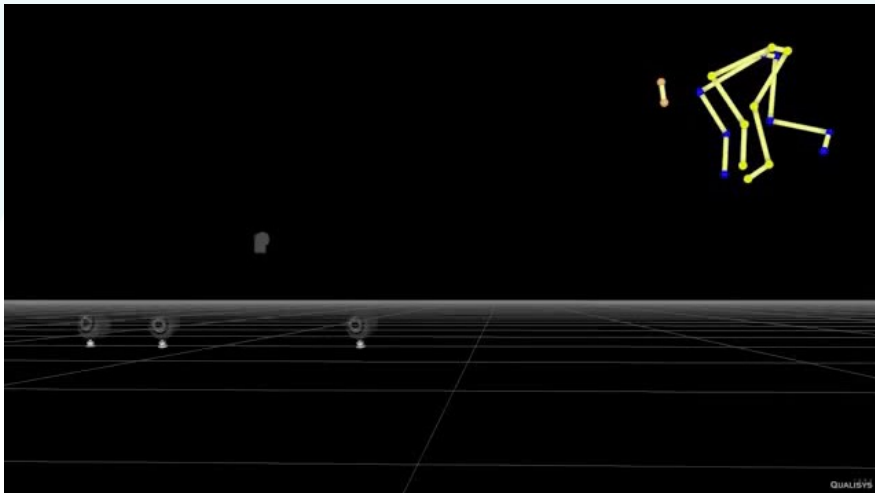
Dr. Ingeniero en visión artificial y captura de movimiento de Vicomtech-IK4

- 1. Introducción a la captura del movimiento**
- 2. Captura del movimiento aplicada al deporte**
 - Aplicaciones de sistemas comerciales
 - Trabajos experimentales
- 3. REPLAY – captura de movimiento para deportes tradicionales europeos**
 - Contexto
 - Tecnología desarrollada
 - Evaluación de los primeros prototipos

1. Introducción a la captura del movimiento

Sistemas de captura de movimiento

Sistemas compuestos por sensores capaces de *registrar características del cuerpo humano y reconstruir digitalmente posturas corporales en movimiento* (posiciones y ángulos de articulaciones).



Aplicaciones

Animación digital



Control de interfaces (videojuegos, pantallas, simuladores)



Rehabilitación



Diseño ergonómico



Rendimiento deportivo



Sistemas “basados en marcadores”

El usuario lleva una serie de marcadores o sensores en el cuerpo para registrar sus movimientos.

— Ventajas

- Reconstrucción completa
- Mayor precisión

— Desventajas

- Invasivos
- Instalación y uso complejo
- Mayor coste

Ópticos



Mecánicos
(exoesqueletos)



Electromagnéticos



Inerciales



Sistemas “sin marcadores”

Los movimientos se registran con sensores remotos, sin que el usuario tenga que llevar equipamiento adicional.

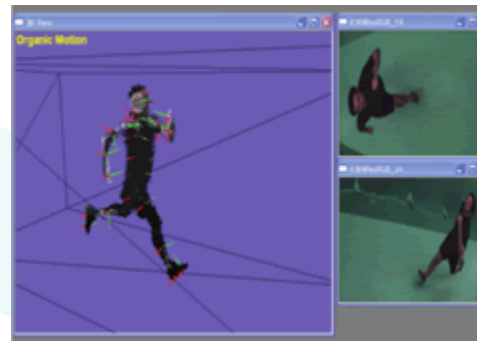
— Ventajas

- No-invasivos
- Instalación y uso más simple
- Menor coste

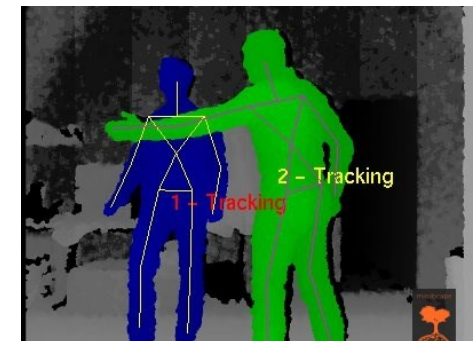
— Desventajas

- Reconstrucción menos completa
- Menor precisión

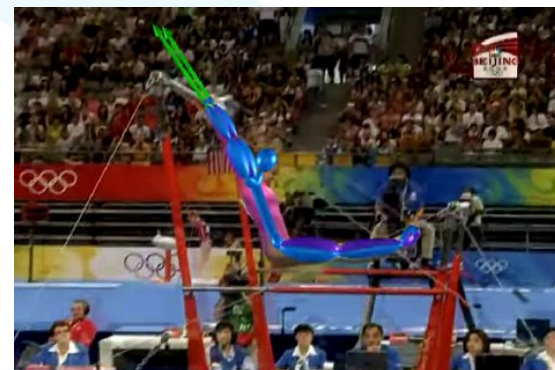
Multi-cámara



Cámara de profundidad



Sobre vídeo pregrabado



2. Captura del movimiento aplicada al deporte

Sistemas comerciales: CLIMA 3D (STT)

Sistema *óptico con marcadores* utilizado por *BPXtecnificacion* y *T. T. Emaitz* (ambos de Tolosa) para el *análisis biomecánico del ciclismo*:

- Estudio de los ángulos corporales para la *prevención de lesiones*.
- *Análisis de la asimetría* para intentar minimizarla en la medida de lo posible.
- *Eficiencia de la pedalada*: se utilizan diferentes métodos, como el “hell-toe” o angulación de la calas, conjuntamente con el análisis de fuerzas o torque.

Características técnicas:

- Velocidad de captura: 100-360 FPS
- Generación de *informes específicos* para el análisis biomecánico
- *Personalizable* para otros deportes
- Fácil de instalar y utilizar



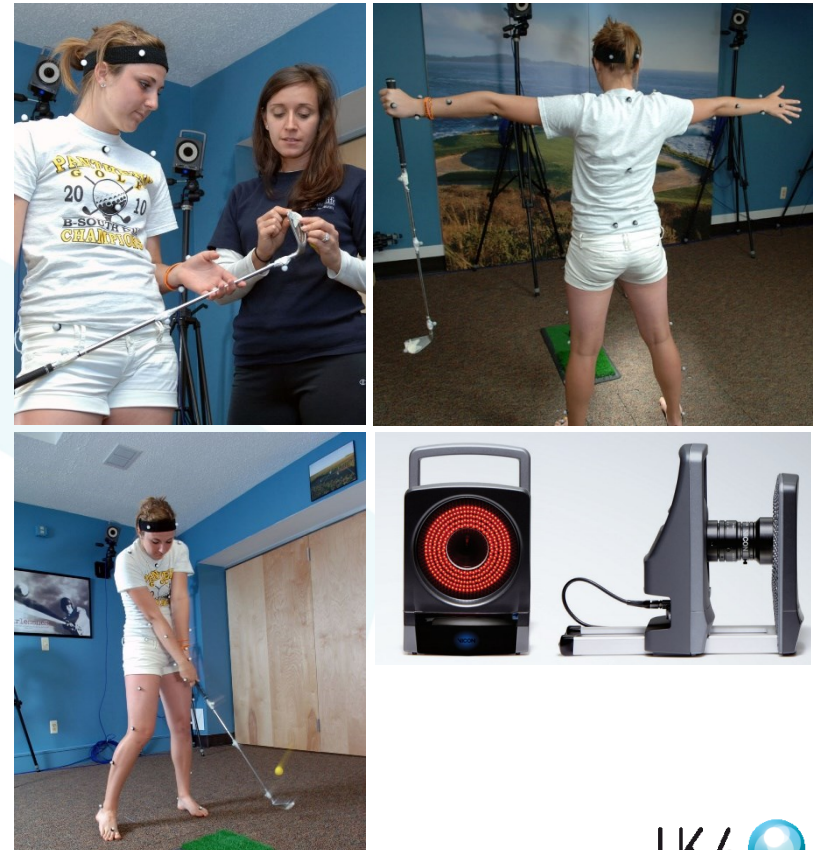
Sistemas comerciales: Vicon Serie T (Vicon)

Sistema *óptico con marcadores* utilizado por el *laboratorio de rendimiento deportivo MotionXcellence* (Nueva Jersey, EEUU), donde ofrecen a *deportistas y entrenadores*:

- *Sesiones de captura* “en interior” de 45-60 minutos, y resultados del *análisis* una semana después, *realizado por expertos* (médicos, fisiólogos y fisioterapeutas).
- Toma de *medida de ángulos*, identificación de *anomalías*, sugerir *mejoras mecánicas*, disminuir posibilidades de *lesión*.
- Deportes considerados: *Correr, triatlón* (sin natación), *golf, béisbol, tenis y ciclismo*.

Características técnicas:

- Instalable en *exteriores*
- *Espacio* de captura *flexible*
- Captura *movimientos rápidos* (120-1000 FPS)
- Gran *precisión* (cámaras de 1-16 MP)



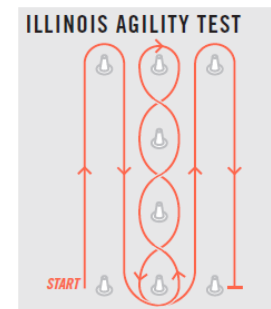
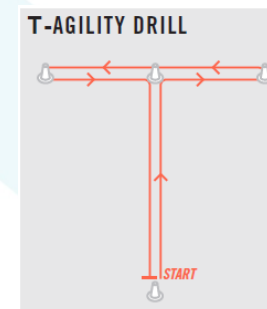
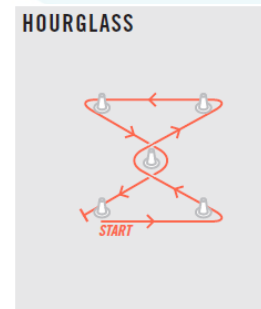
Sistemas comerciales: Raptor-12 (Motion Analysis)

Sistema *óptico con marcadores* utilizado por el *NIKE Research Lab* (Oregón, EEUU), para *estudios de biomecánica* de cara al *desarrollo de nuevo equipamiento deportivo*:

- **Agilidad:** “un cambio rápido de velocidad o dirección de cuerpo entero como respuesta a un estímulo” (Sheppard and Young, 2006).
- **Circuitos predefinidos** para evaluar la agilidad, midiendo movimientos, posturas y fuerzas.
- Evalúan la **respuesta del calzado** para poder colocar el cuerpo en posturas biomecánicamente eficientes al aplicar fuerzas sobre el suelo en los cambios de dirección, así como en la tracción.

Características técnicas:

- Válido para captura en **exteriores**
- **Espacios flexibles**
- Velocidad de captura: 150-900 FPS
- Resolución: 2-12 MP



Sistemas comerciales: Qqus Underwater (Qualisys)

Sistema *óptico con marcadores* utilizado por:

LABIOMEPE (Oporto, Portugal) para el *análisis biomecánico del surf*:

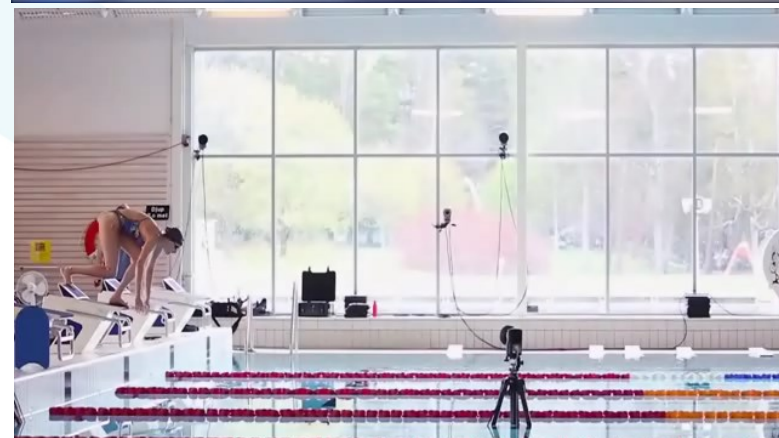
- Evaluación del *movimiento del pie, posición del cuerpo* y de las *fuerzas ejercidas sobre en la tabla*.
- Evaluación de *fuerza y velocidad al nadar con la tabla*.

Chalmers University of Technology (Göteborg, Suecia) para el *análisis biomecánico de la natación*:

- Ángulo, velocidad y tiempo de *zambullida*.
- Velocidad y tiempo *a 10 y 15 metros*.
- Movimiento de *piernas bajo el agua* (amplitud, fase y frecuencia).

Características técnicas:

- Utilizan *filtros activos* para evitar reflejos de la superficie del agua y las burbujas.



Sistemas comerciales: BioStage (Organic Motion)

Sistema *sin marcadores multi-cámara* utilizado por *DARI - Dynamic Athletics* (Kansas, EEUU), los cuales ofrecen a *entrenadores*:

Análisis rápidos (minutos) mediante un *sistema inteligente de análisis del movimiento humano* en la *Nube (Cloud Computing)*, que permite:

- Cuantificar la *mejora o pérdida de rendimiento* respecto de uno mismo.
- Predecir las *posibilidades de lesión* y su localización.

Características técnicas:

- Uso *muy sencillo*.
- Espacio de captura *más reducido*.



Probado en *rugby* con movimientos de:

- Carrera
- Salto y captura de pelota
- Chut de pelota

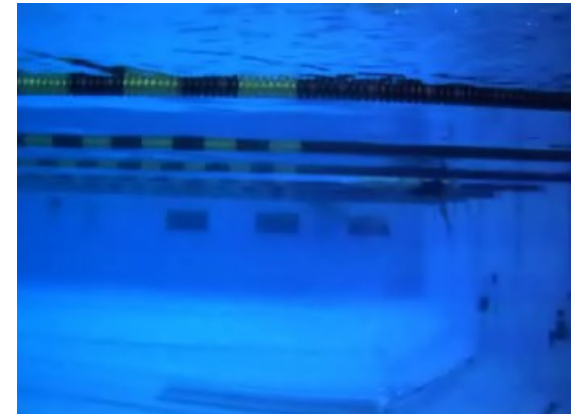
Sistemas comerciales: ProAnalyst (Xcitex)

Sistema *sin marcadores* para *análisis 2D sobre video pre-grabado*, utilizado por:

- **Laval University** (Quebec, Canadá) para el análisis de la *zambullida en natación*.
- **East Tennessee State University** (Tennessee, EEUU) para el análisis de movimientos en *gimnasia rítmica*.

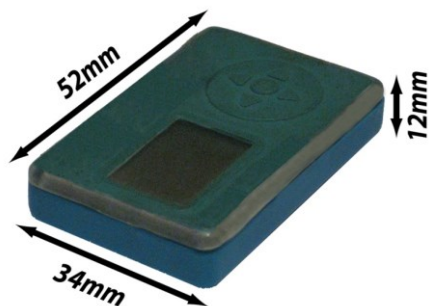
Características técnicas:

- Proceso *semi-automático*.
- Puede apoyarse en “*marcadores naturales*” de la imagen, para hacer el seguimiento del movimiento.
- Permite medir *ángulos en el plano de la cámara* (la perspectiva es importante).

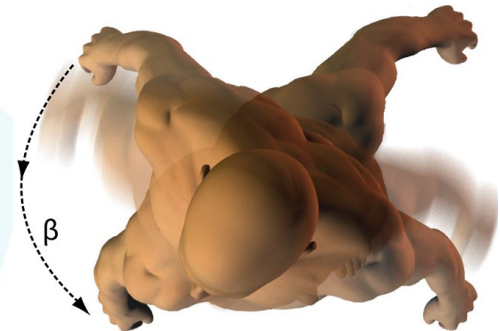
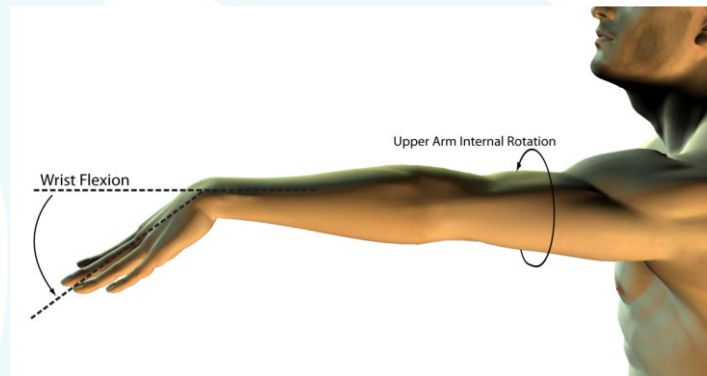


Trabajos experimentales: Captura para el asesoramiento y mejora del servicio en tenis (Ahmadi et al., 2009)

- Objetivo: Investigar la posibilidad de utilizar **giroscopios** para el **asesoramiento y mejora del servicio en tenis**, para **abaratar el coste** de la captura.
- La **rotación interna del brazo**, la **flexión de la muñeca** y la **rotación del hombro** son **determinantes en los servicios rápidos** (Marshall and Elliott, 2000).



Sensor inercial con giroscopio
1D ADXRS300 a 100 Hz, de 22 g, controlado
por radiofrecuencia (Davey et al., 2007)



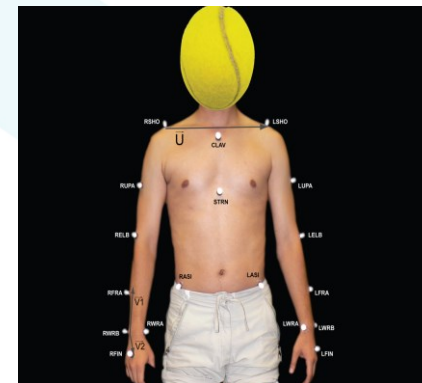
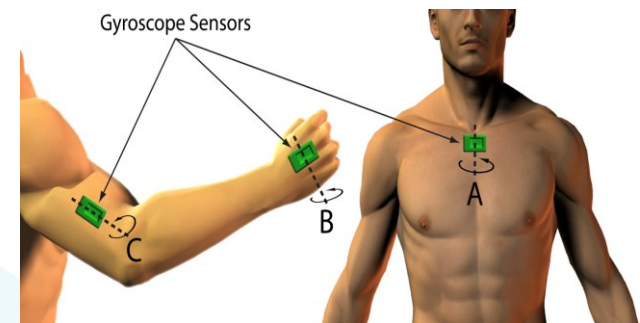
Trabajos experimentales: Captura para el asesoramiento y mejora del servicio en tenis (Ahmadi et al., 2009)

— Metodología:

- *Comparar la salida de los giroscopios con respecto a los datos equivalentes obtenidos por un sistema óptico de referencia* (Vicon)

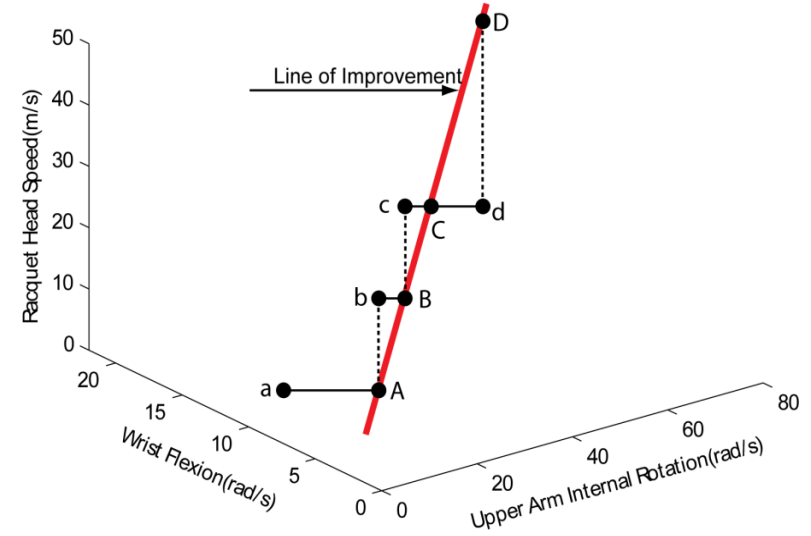
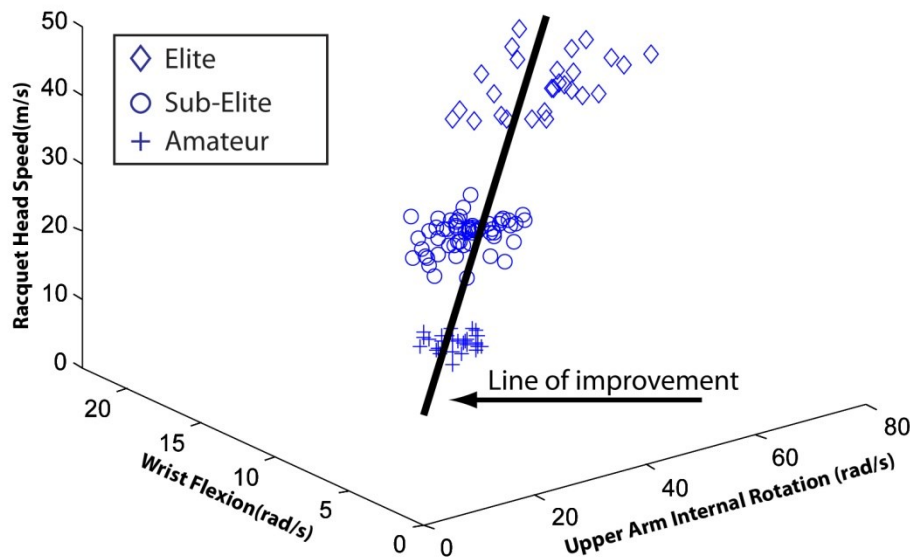
— Experimento:

- 4 jugadores masculinos (1 amateur, 2 sub-élite y 1 élite)
- Se les colocan los *marcadores del sistema óptico*
- Se les colocan los *giroscopios*
- Hacen un calentamiento
- Practican el servicio hacia una zona objetivo
- Se guardan y analizan los datos registrados en **30 servicios satisfactorios**



Trabajos experimentales: Captura para el asesoramiento y mejora del servicio en tenis (Ahmadi et al., 2009)

Asesoramiento y mejora de servicio: *línea de mejora de la habilidad*



Trabajos experimentales: Captura para el asesoramiento y mejora del servicio en tenis (Ahmadi et al., 2009)

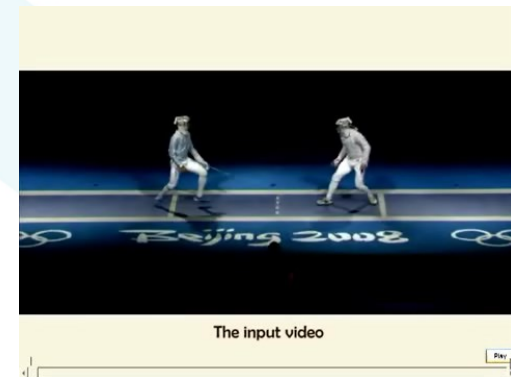
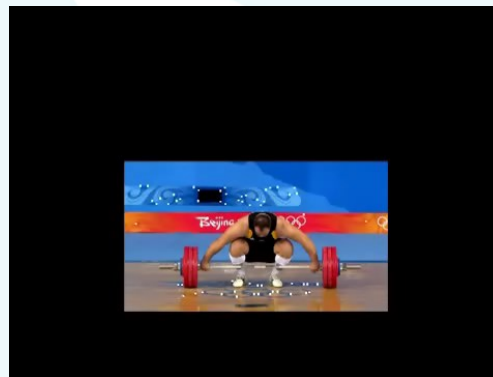
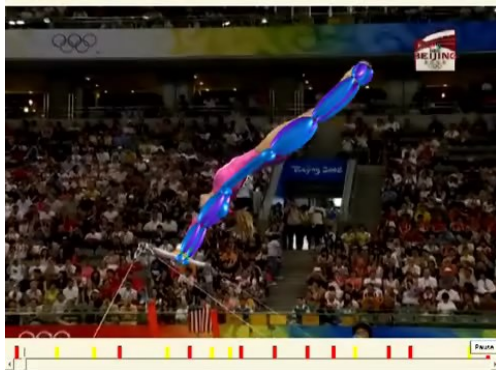
Conclusiones del estudio:

- Con los tres parámetros medidos se puede establecer un ***modelo lineal de asesoramiento y mejora de la habilidad.***
- La captura ***con giroscopios da resultados similares a los de la captura de referencia*** con marcadores ópticos ***a velocidades medias.***
- Cuando ***los giroscopios*** capturen movimientos de mayor velocidad ***podrán ser un sustituto válido*** para el análisis del servicio en tenis ***a velocidades rápidas.***

Trabajos experimentales: Captura 3D de cuerpo completo sobre vídeo pregrabado (Wei and Chai, 2010)

Proceso semiautomático:

- Anotación de articulaciones del cuerpo en “key-frames”
- Inclusión de restricciones físicas (contacto con suelo y objetos)
- Transición entre “key-frames” por interpolación de gráficos y correspondencia de texturas de imagen
- Calibración y movimiento de cámara con MatchMover (AutoDesk).

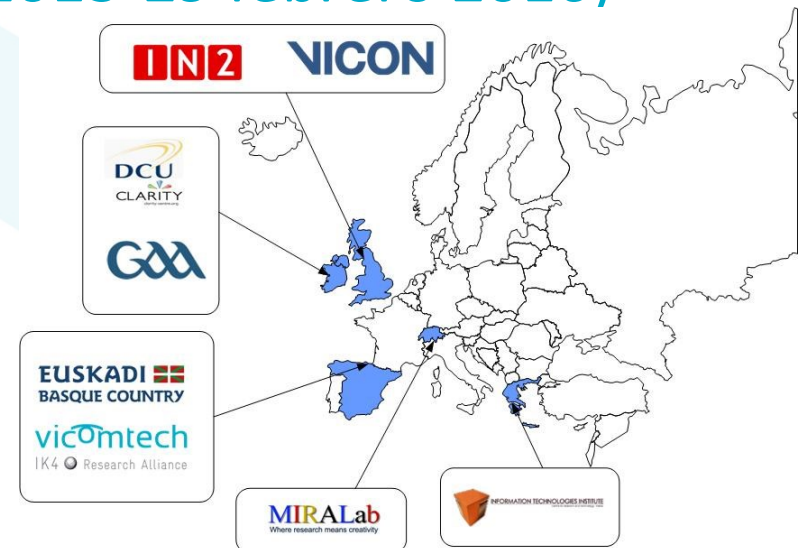


3. REPLAY – captura de movimiento para deportes tradicionales europeos

Contexto

REPLAY es un **proyecto de I+D** financiado por el 7º Programa Marco (FP7) de la **Unión Europea**, supervisado por la “Creativity Unit” de Luxemburgo:

- Presupuesto: 2M €
- Duración: 36 meses (1 marzo 2013-29 febrero 2016)
- Participantes:
 - 2 asociaciones de deportes
 - 2 pymes
 - 4 centros de I+D
 - Liderado por Vicomtech-IK4



Contexto

“Los deportes y juegos tradicionales son *parte de la herencia intangible y un símbolo de la diversidad cultural* de nuestras sociedades.” (UNESCO, 1989)

- Solo en Europa, hay *más de 3000 deportes y juegos tradicionales*
- Muchos de ellos *ya se han perdido o están en peligro de desaparición*
 - Globalización de unos pocos deportes
 - Mayor tendencia hacia al ejercicio físico individual
 - Transformación hacia deportes muy regulados y codificados, que se convierten en espectáculos profesionales en muchos casos

Contexto

Objetivo: diseño e implementación de una plataforma para la ***captura, anotación, indexado y provisión de contenido 3D de deportes tradicionales europeos***:

- Análisis y especificación de ***metodologías y soluciones económicas*** para la extensión del proyecto a otros deportes
- Utilización de ***hardware puntero ya existente*** (no se desarrollará nuevo hardware)
- Creación de ***conocimiento y herramientas de software*** que sirvan como ***punto de partida para otras asociaciones deportivas***

Contexto

Deportes seleccionados:

— ***Deportes gaélicos***

- Fútbol gaélico
- Hurling (hombres)
- Camogie (mujeres)

— ***Deportes vascos***

- Pelota
- Pala (hombres/mujeres)
- Cesta punta



Tecnología desarrollada

— ***Bases de datos de habilidades de referencia***

- Captura detallada de jugadores de referencia con múltiples sensores
- Referencia para la precisión y el análisis biomecánico de las habilidades

— ***Prototipo de captura para el aprendizaje***

- Sistema de uso sencillo: 1 cámara de profundidad
- Plataforma lúdica para aprender habilidades
- Asesoramiento automático sencillo

— ***Prototipo de captura para el entrenamiento***

- Sistema más preciso:
 - Varias cámaras de profundidad
 - Sensores inerciales y giroscopios (WIMU)
- Análisis y asesoramiento biomecánico automático más detallado

— ***Prototipo de captura para la recuperación histórica***

- Reconstrucción 3D a partir de vídeo (grabaciones de TV)
- Captura de varias personas a la vez

Bases de datos de habilidades de referencia

Dos sesiones de captura:

- Dublín, Irlanda, julio 2013:
 - **Grabación múltiple y simultánea:**
 - Sistema óptico con marcadores Vicon
 - Múltiples cámaras de profundidad y vídeo
 - Sensores WIMU
 - **Identificación de retos tecnológicos** de la captura en el contexto de juegos gaélicos y vascos.
 - Captura de movimientos de **referencia para la precisión y el desarrollo del análisis automático.**
- Oxford, Reino Unido, octubre 2014
 - Captura de **jugadores elite en entorno simulado** con sistema óptico con marcadores Vicon.
 - Captura de movimientos multisensorial, con **mejoras tecnológicas respecto a la sesión anterior.**



Prototipo para aprendizaje

Retos tecnológicos:

- Sin etapa de calibración (uso sencillo también para niños)
- Capturas con suficiente calidad para gestos sencillos en entornos no controlados (en interiores)
- “Feedback” semántico inmediato -> transformación automática de datos cuantitativos en descripciones de análisis respecto a la acción de referencia
- Coste asequible

Prototipo para aprendizaje (O'Connor et al., 2014)



Prototipo para aprendizaje

Evaluación del primer prototipo (enero 2015)

- Pelota (niños y adolescentes):
 - Trinkete Tornosolo (Abadiño)
 - Residencia para deportistas Fadura (Getxo)
 - 50 participantes en total
- Pelota (adultos con diversidad funcional):
 - Frontón municipal en Zubieta
 - 6 participantes
- Hurling (niños y adolescentes):
 - Colegios de primaria en Dublín
 - 63 participantes en total
- Observaciones:
 - Experiencia positiva para la mayoría
 - “Feedback” visual adecuado para la mayoría
 - Algunas acciones eran peor capturadas debido a las oclusiones
 - Cuando los jugadores usan bates de Hurling, la captura del brazo es incorrecta

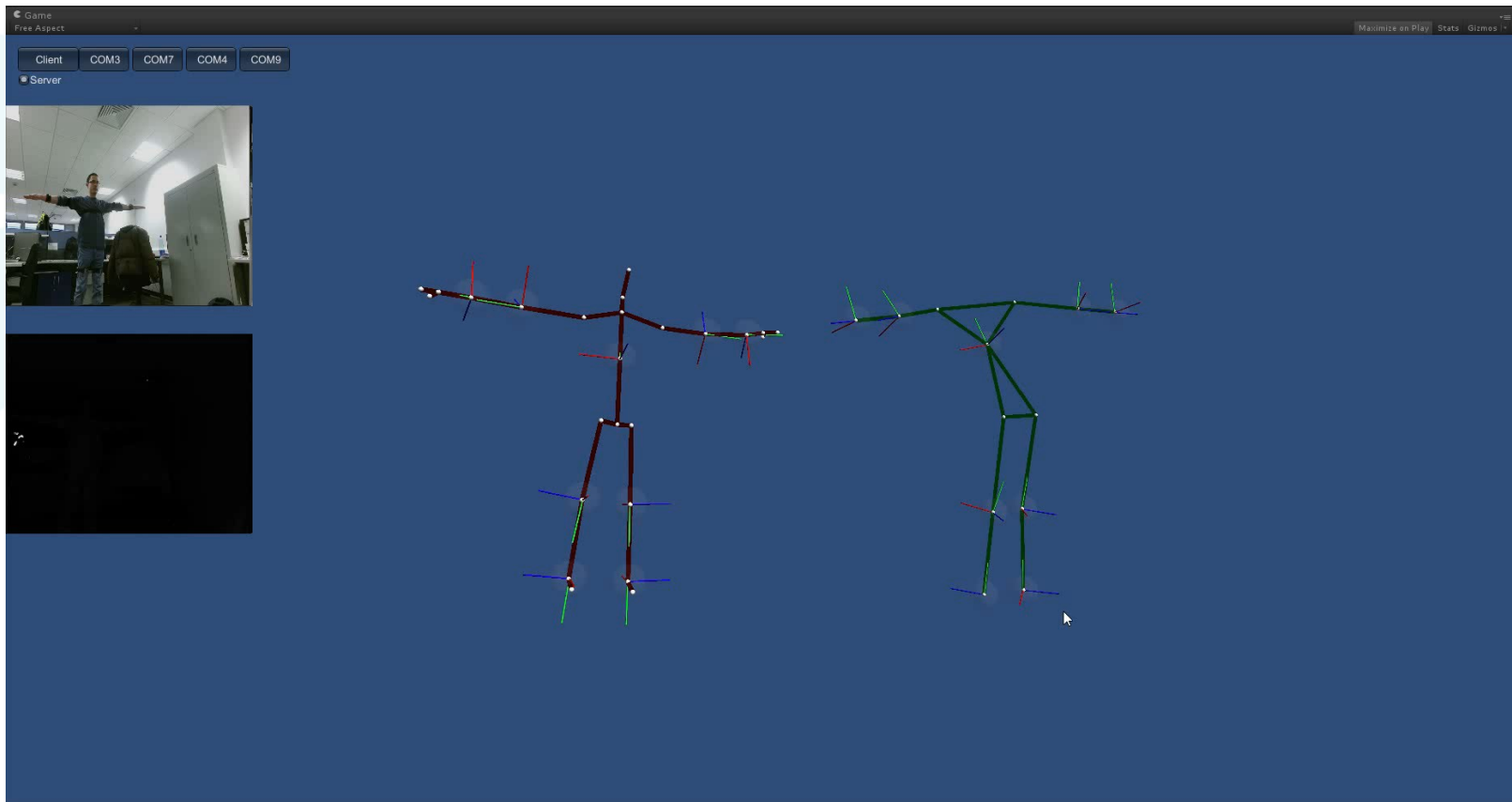
Prototipo para entrenamiento

Retos tecnológicos:

- Mayor precisión posible
- Captura de movimientos complejos
- Fusión de datos de WIMUs y cámaras de profundidad
- Equipamiento ligero y ergonómico
- “Feedback” semántico automático y más detallado
- Coste asequible

Prototipo para entrenamiento

Fusión de datos de WIMUs y cámaras (Destelle et al., 2014)



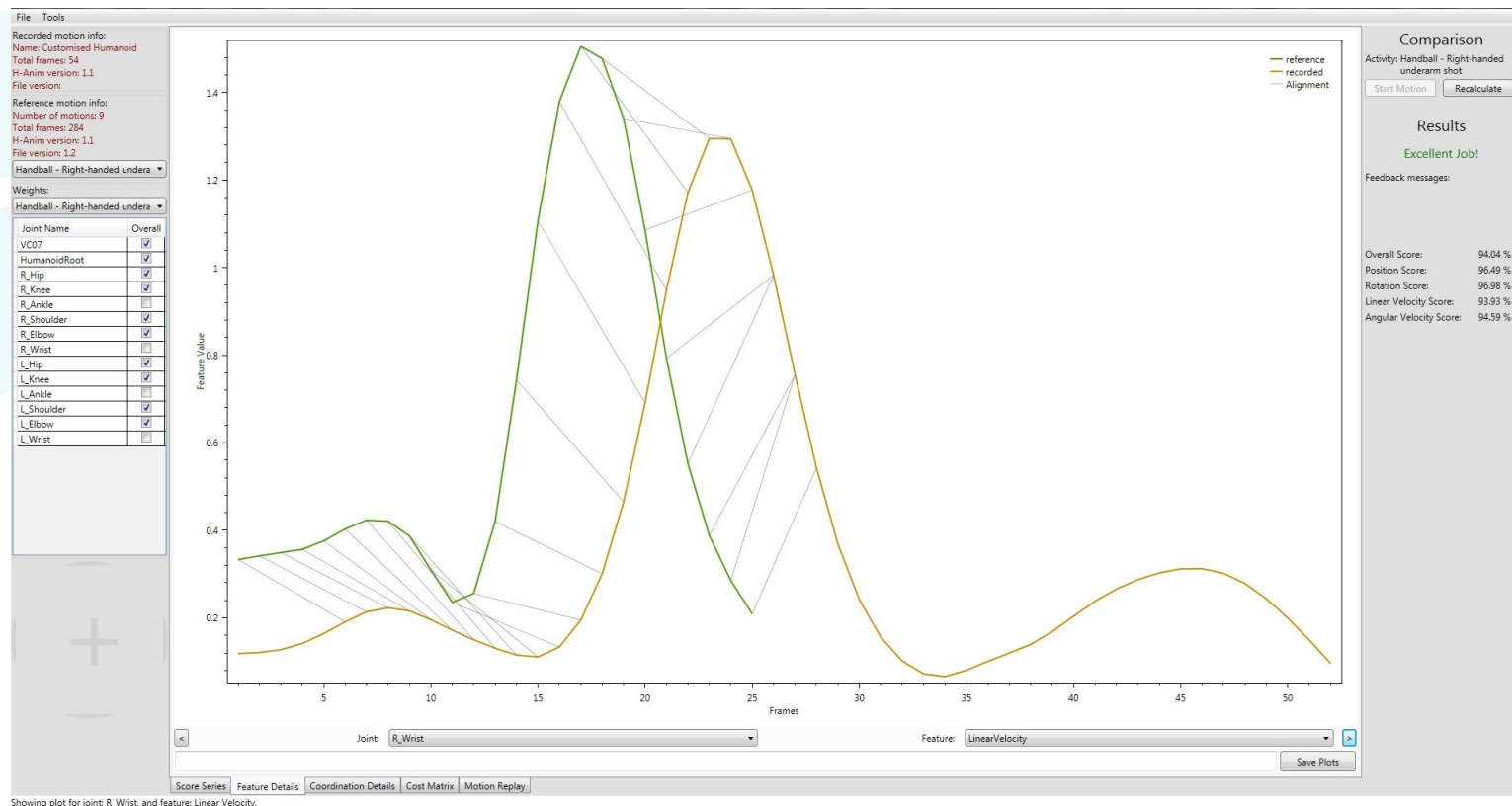
Prototipo para entrenamiento

Reconstrucción 3D multi-cámara (Alexiadis et al., 2014)



Prototipo para entrenamiento

Análisis biomecánico y comparación automática de habilidades (Ahmadi et al., 2014; Alexiadis and Daras, 2014; Papadopoulos and Daras, 2014)



Prototipo para entrenamiento

Evaluación del primer prototipo (Fadura, Getxo, enero 2015), por jugadores con experiencia

- Pelota: 5 participantes
- Pala: 5 participantes
- Cesta punta: 2 participantes
- Observaciones:
 - La instalación del sistema fue más compleja de lo esperado, debido principalmente a:
 - Requisitos técnicos exigentes de las cámaras Kinect v2
 - Conectividad remota limitada de los WIMUs por Bluetooth
 - Sincronización y calibración mejorable de cámaras y WIMUs
 - La colocación y fijación en el cuerpo de los sensores WIMU es mejorable
 - Los usuarios echan en falta la inclusión de la pelota al ejecutar las acciones
 - La reconstrucción 3D del jugador así como las gráficas de comparación con la referencia les pareció aceptable, pero mejorable
 - La evaluación automática les pareció útil y alineada con lo esperable, aunque ven más adecuada la comparación respecto a uno mismo, que con jugadores de referencia debido a la diferencia de estilos de cada jugador

Prototipo para recuperación histórica a partir de vídeo

Retos tecnológicos:

- Cámara normalmente en movimiento
- No hay información de las características de la cámara
- Vídeos antiguos: calidad de imagen mala
- No hay medidas de profundidad
- No hay medidas anatómicas de los jugadores
- No hay referencias del entorno con medidas conocidas
- Coste asequible

Prototipo para recuperación histórica a partir de vídeo (Unzueta et al., 2014; Goenetxea et al., 2014)

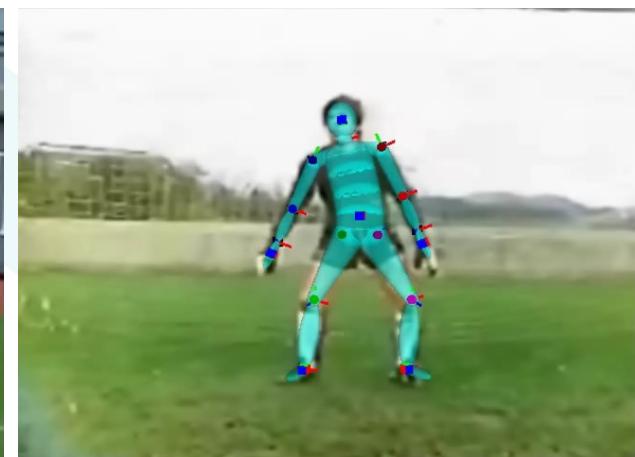
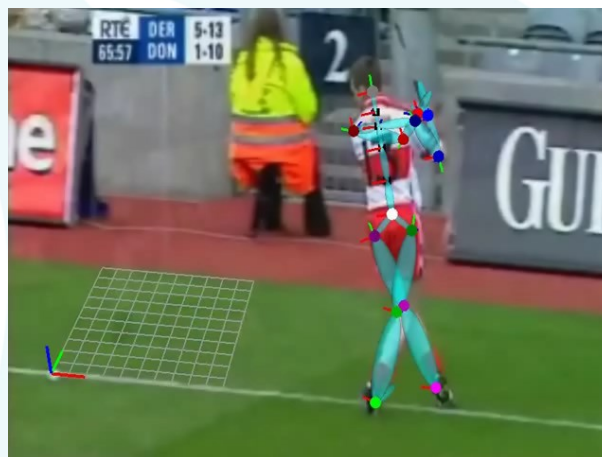
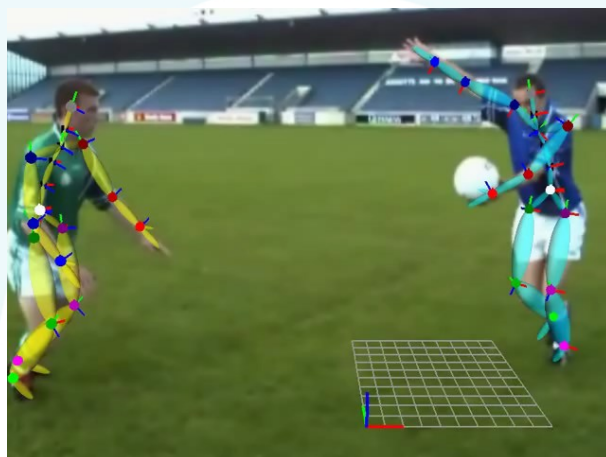
1. Ajuste 3D en “key-frames” (calibración de cámara y jugador)



2. Transición entre “key-frames” por seguimiento e interpolación



Prototipo para recuperación histórica a partir de vídeo



Trabajo pendiente hasta febrero de 2016

- ***Prototipo de captura para el aprendizaje***
 - Mejorar la precisión del sistema cuando los jugadores llevan bates.
 - “Feedback” visual y semántico más sofisticado.
- ***Prototipo de captura para el entrenamiento***
 - Simplificar la instalación del sistema.
 - Mejorar la robustez de la fusión, con un procesamiento más sofisticado de los datos tanto de los WIMU como de la nube de puntos 3D.
- ***Prototipo de captura para la recuperación histórica***
 - Añadirle una mayor “inteligencia” a la etapa de reconstrucción 3D a partir de bases de datos de capturas pregrabadas para mejorar variaciones de profundidad.
 - Añadir texturas de vídeo a los gráficos 3D para mejorar el “feedback” visual.

Jarrai gaitzazu!
¡Síguenos!
Follow us!

<http://www.fp7-replay.eu>



https://twitter.com/Replay_fp7



<http://www.youtube.com/user/fp7Replay>



<https://www.facebook.com/Replay.fp7>

- Ahmadi, A., Destelle, F., Richter, C., Monaghan, D., Connor, N.E. and Moran, K. "Framework for Comprehensive Analysis of a Swing in Sports Using Low-Cost Inertial Sensors." The International IEEE Sensors Conference, Valencia, Spain, 2014.
- Ahmadi A., Rowlands D. and James, D.A. "Towards a wearable device for skill assessment and skill acquisition of a tennis player during the first serve." Sports Technology, 2(3-4), 129-136, 2009.
- Alexiadis, D and Daras, P. "Quaternionic Signal Processing Techniques for Automatic Evaluation of Dance Performances From MoCap Data." IEEE Transactions on Multimedia, 16(5), 1391-1406, 2014.
- Alexiadis, D., Zarpalas, D. and Daras, P. "Fast and smooth 3D reconstruction using multiple RGB-Depth sensors." Proceedings of the IEEE International Conference on Visual Communications and Image Processing (VCIP), Valletta, Malta, 2014.
- Ascension: <http://www.ascension-tech.com/>
- Autodesk MatchMover:
https://apps.exchange.autodesk.com/MAYA/es/Detail/Index?id=appstore.exchange.autodesk.com:autodeskmachmover_windows64:en
- BPXtecnificacion: <http://bpxtecnificacion.es/home>
- Davey N., Wixted A., Ohgi Y. and James D.A. "A low cost self contained platform for human motion analysis." Proceedings of the Asia Pacific Conference on Sports Technology, Singapore, 2007.
- Destelle, F., Ahmadi, A., O'Connor, N., Moran, K., Chatzitofis, A., Zarpalas, D. and Daras, P. "Low Cost Accurate Skeleton Tracking Based on Fusion of Kinect and Wearable Inertial Sensors." Proceedings of the European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Lisbon, Portugal, 2014.
- Goenetxea, J., Unzueta, L., Linaza, M.T., Rodriguez, M., O'Connor, N., Moran, K. "Capturing the Sporting Heroes of Our Past by Extracting 3D Movements from Legacy Video Content." Proceedings of the World Cultural Heritage Conference (EUROMED), Lemessos, Cyprus, 2014.
- Marshall, R.N. and Elliot, B.C. "Long-axis rotation: The missing link in proximal-to-distal segmental sequencing." Journal of Sports Sciences, 18, 247-254, 2000.

- MetaMotion: <http://www.metamotion.com/>
- Microsoft Kinect: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- Motion Analysis: <http://www.motionanalysis.com/>
- MotionXcellence: <http://www.motionxcellence.com/>
- Nike Sports Research Lab: <http://news.nike.com/news/a-look-inside-nike-s-sport-research-lab>
- O'Connor, N., Tisserand, Y., Chatzitofis, A., Destelle, F., Goenetxea, J., Unzueta, L., Zarpalas, D., Daras, P., Linaza, M. and Moran, K. "Interactive Games for Preservation and Promotion of Sporting Movements." Proceedings of the European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Lisbon, Portugal, 2014.
- Organic Motion: <http://www.organicmotion.com/>
- Papadopoulos, G.T. and Daras, P. "Local descriptions for human action recognition from 3D reconstruction data." IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Paris, France, 2014.
- Qualisys: <http://www.qualisys.com/>
- Sheppard, J.M. and Young W.B. "Agility literature review: Classifications, training and testing." *Journal of Sports Sciences*, 24, 919-932, 2006.
- STT: <http://www.stt-systems.com/>
- Unzueta, L., Goenetxea, J., Rodriguez, M. and Linaza, M. "Viewpoint-Dependent 3D Human Body Posing for Sports Legacy Recovery from Images and Video." Proceedings of the European Signal and Processing Conference, European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Lisbon, Portugal, 2014.
- Vicon: <http://www.vicon.com/>
- Wei, X. and Chai, J. "Videomocap: modeling physically realistic human motion from monocular video sequences." ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH 2010), 29(4), 2010.