
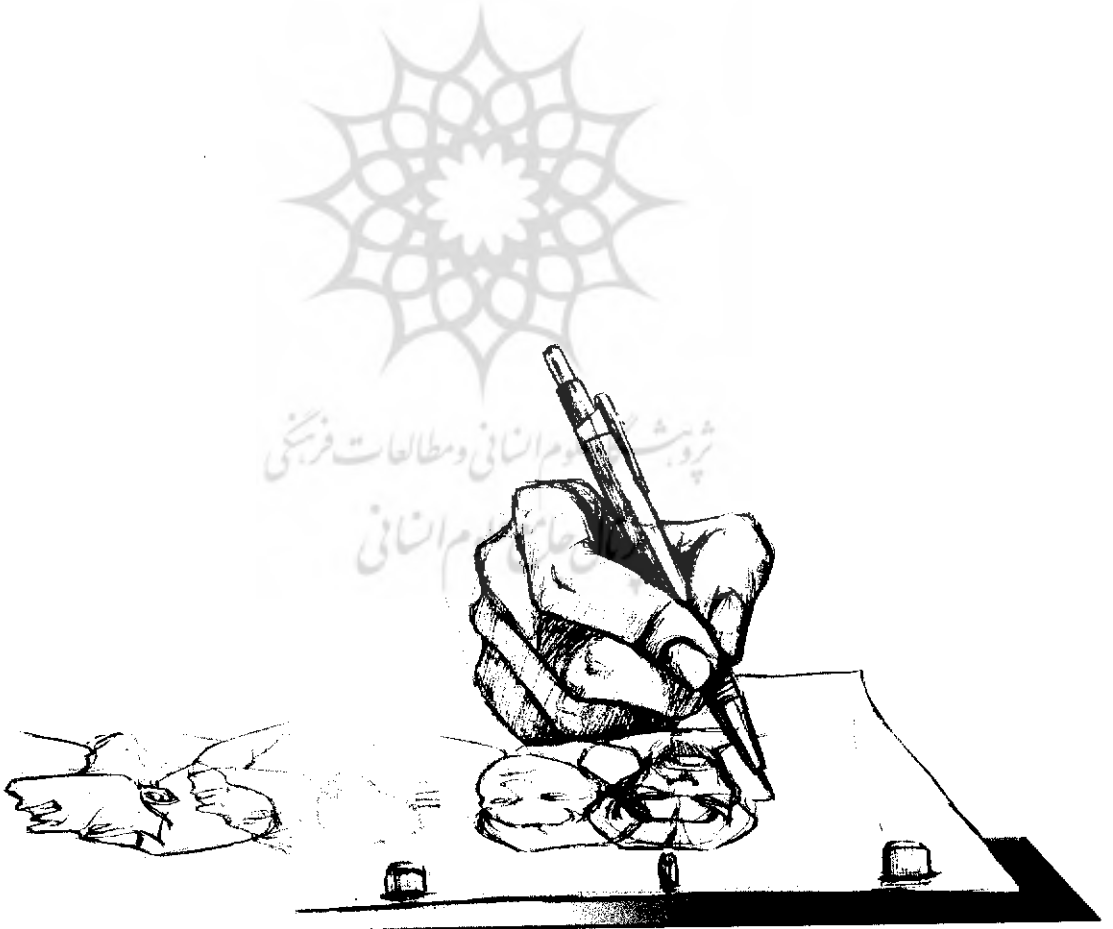


سامانه ثبت حرکت «Motion Capture»

رضا عبدلی - حمید رضا زارع منش 



موقعیت بازتابنده‌ها یا همان نقاط مورد نظر را در هر لحظه مشخص می‌کنند. از مزیت‌های سامانه‌های نوری می‌توان به نکاتی همچون نسب آسان حسگرهای بازتابنده نور - امکان انجام حرکات سریع و امکان نصب حسگرهای بازتابنده به هر حالت دلخواه بر روی موضوعات مختلف، در محدوده منابع نور، اشاره کرد. برخی معایب سامانه‌های نوری عبارتند از: محدود بودن تعداد موضوعات جهت کپچر همزمان هم به لحاظ محیط محدود به منابع نوری و هم به لحاظ تعداد حسگر بازتابنده قابل استفاده - مساحت محیط در اختیار جهت انجام بسیار محدود است و باید فضای اختصاصی با شرایط خاص (اتاق تاریک) برای سامانه در نظر گرفت. جابجایی سامانه به محیط باز غیر ممکن است و تمام موضوعات از جمله حیوانات باید به محل سامانه منتقل شوند. استفاده از وسایلی که مانع از انتقال نور می‌شوند، ممکن نیست. برای مثال شبیه سازی رانندگی با خودرو واقعی غیر ممکن است. نیاز به متخصص کاملاً حرفه‌ای جهت پیکربندی و کالیبراسیون حسگرهای بازتابنده در رایانه است. منابع نوری دیگر سبب اختلال در عملکرد می‌شود و امکان تصویر برداری همزمان از موضوع در مقابل پرده آبی/سبز وجود ندارد. در نهایت می‌توان به این نکته اشاره کرد که، سامانه‌های نوری برای کپچر حرکات معلق در هوا، مانند پرش و نیز کپچر حرکات طبیعی حیوانات و پرنندگان مفید هستند.

سامانه Motion Capture از فن‌آوری‌های مختلف جهت کپچر موضوعات مورد نظر استفاده می‌کند، هر فن‌آوری دارای خصوصیتی منحصر به فرد است که کارایی سامانه، محیط استفاده و نوع کاربرد آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تعیین موقعیت نقطه مورد نظر در محیط (X,Y,Z) مبنای کار سامانه Motion Capture می‌باشد، روش‌های مختلف جهت دستیابی به این هدف به کار گرفته می‌شود. اشعه نور (مادون قرمز/ نور مرئی)، حسگرهای مغناطیسی و حسگرهای الکترومکانیکی برخی از این روش‌ها است. سامانه نوری optical جهت تعیین موقعیت در نقاط مورد نظر بازتابنده‌های نوری قرار داده و با استفاده از چندین منبع نور در اطراف موضوع، با تجزیه و تحلیل بازتابش اشعه ارسالی به بازتابنده‌ها،

از: «عدم نیاز به اختصاص فضای اختصاصی و امکان فعالیت در محیط باز (تا فاصله ۲۵۰ متری) و شرایط مختلف محیطی، استفاده آسان و عدم نیاز به پرسنل متخصص و مجرب، امکان استفاده از وسایل مختلف جهت کپچر انسان در شرایط مختلف مانند رانندگی با خودرو و واقعی، دوچرخه سوار، امکان پوشیدن بدن بازیگر جهت تصویر برداری همزمان در جلوی پرده آبی / سبز، با صرف هزینه محدود امکان افزایش تعداد موضوعات و حسگرها به مقدار دلخواه، با توجه به مساحت بالای فعالیت فن آوری بیسیم wireless (تا شعاع ۵۰ متر در محیط داخلی و ۲۵۰ متر در محیط باز) امکان افزایش موضوعات جهت Motion Capture همزمان تا ۵۰ الی ۷۰ عدد، امکان چیدمان حسگرها به ترتیب دلخواه جهت اهداف خاص از قبیل شبیه سازی حرکات موجوداتی مانند مار و ماهی، فقط با حرکات ماهرانه دست». در برخی از انواع سامانه‌ها برای تعیین موقعیت کلی موضوع از یک gyroscope دقیق استفاده می‌شود و نرم افزار با تحلیل اطلاعات دریافتی از gyroscope تغییر مکان موضوع را در نمایشگر نشان می‌دهد. عدم نیاز به تنظیمات پیچیده و کالیبراسیون مکرر، کالیبراسیون calibration در این سامانه‌ها بر مبنای یک حسگر مرکزی صورت می‌گیرد، اطلاعات حسگر مرکزی ذخیره می‌شود و سایر حسگرها بر مبنای اطلاعات حسگر مرکزی پیکربندی می‌شوند و سامانه آماده استفاده می‌گردد. به طور کلی کاربری آسان از خصوصیات این نوع از سامانه‌ها است. اشکال اصلی این نوع از سامانه‌ها این است که برای کپچر موضوعات جدید نیاز به چیدمان جدید حسگرها است.

سامانه مغناطیسی magnetic برای تعیین موقعیت نقاط از حسگرهای مغناطیسی و تجهیزات تشخیص میزان نیروی مغناطیس که در اطراف محیط قرار گرفته‌اند استفاده می‌کند، موقعیت هر حسگر مغناطیسی با توجه به نیروی تشخیص داده شده از آن توسط تجهیزات اندازه گیری اطراف محیط و پردازش‌های رایانه‌ای تعیین می‌گردد مزیت سامانه‌های مغناطیسی همانند سامانه‌های نوری است، علاوه بر اینکه می‌توان بر روی حسگرها پوشش قرار داد و جلوی پرده آبی / سبز همزمان تصویر برداری کرد و نور محیطی مانعی محسوب نمی‌شود. برخی از معایب و نارسایی‌های این نوع از سامانه عبارتند از: نیاز به فضای اختصاصی عاری از اشیایی فلزی و عدم امکان استفاده از هر نوع وسیله فلزی، وجود نویز و اختلال در نتایج، نیاز به کالیبراسیون Calibration سامانه به صورت مکرر، محدود بودن تعداد موضوعات و تعداد حسگرهای مورد استفاده به صورت همزمان، محدودیت فضای کار (تقریباً معادل نیمی از فضای سامانه‌های نوری) نیاز به پرسنل متخصص و مجرب جهت کالیبراسیون و پیکربندی سامانه، بطور کلی کاربرد این سامانه مشکل می‌باشد.

سامانه الکترومکانیکی برای تعیین موقعیت نقاط مورد نظر از تعدادی حسگر حرکتی به هم پیوسته که همانند لباس بر سطح موضوع قرار می‌گیرد و از طرح پیش فرض موجود در رایانه، بهره می‌برند. حسگرها یا بصورت مستقیم و با کابل ارتباطی به رایانه متصل می‌گردند و یا با استفاده از تکنولوژی بیسیم wireless به رایانه متصل می‌گردند. برخی مزیت‌های این نوع از سامانه‌ها (نوع بیسیم) عبارتند

خصوصیات مورد انتظار از سامانه Motion Capture

در اینجا علاوه بر ذکر خصوصیات مورد نیاز کاربران مقایسه بین انواع سامانه‌ها از لحاظ پاسخگویی به نیازها بررسی می‌شود.

کیچر تمام حرکات انسان

کاربرد اصلی انواع سامانه‌ها کیچر حرکات انسان می‌باشد که هر کدام از آنها دارای نقاط ضعف و قوت خاص خود را در رابطه با این موضوع دارند.

سامانه‌های نوری در نسب حسگرها و تعداد آنها انعطاف پذیر هستند بنابراین می‌توان برای حرکات خاص آنها را بکار گرفت. بطوریکه آزادی عمل فراوانی را در اختیار کاربر قرار می‌دهند.

لازم به ذکر است که در سامانه‌های نوری LED چشمک زن نیاز به سیم بندی و نصب منبع تغذیه دارد که این موضوع محدودیت‌هایی را ایجاد می‌نماید.

سامانه‌های مغناطیسی و الکترو مکانیکی غالباً دارای لباس خاصی می‌باشند که حسگرها در آن بصورت ثابت قرار داده شده است و امکان جابجایی محل حسگرها وجود ندارد بنابراین کیفیت کیچر حرکات در این سامانه‌ها به طراحی و خصوصیات لباس از لحاظ تعداد حسگرهای بکار رفته وابسته است.

کیچر اشیاء و حیوانات

همانگونه که قبلاً ذکر شد سامانه‌های نوری در چیدمان حسگرها آزادی عمل بالایی دارند بنابراین

امکان کیچر هر حیوان یا شیئی را که بتوان حسگرها را روی آن نصب کرد وجود دارد.

در مورد سامانه‌های الکترو مکانیکی جهت کیچر هر شی یا حیوان نیاز به چیدمان خاص آن موضوع وجود دارد.

استفاده آسان و یادگیری سریع و راحت کاربری سامانه

سامانه‌های مختلف از لحاظ سرعت و سهولت نصب و راه‌اندازی، تنظیمات اولیه و نحوه کاربری در درجات مختلف و متنوعی قرار دارند. بنابراین نیاز به کاربرانی با سطح مهارت و توانایی خاص برای استفاده از هر نوع سامانه وجود دارد. به بیانی دیگر هر اندازه کاربری سامانه و یادگیری مراحل کاربری آن پیچیده تر باشد هزینه نیروی انسانی کیچر موضوعات افزایش می‌یابد و همچنین سبب اتلاف وقت می‌گردد و از سویی احتمال از کار افتادگی و نیاز به تعمیرات سامانه‌های پیچیده و همچنین عدم دستیابی به نتایج مورد نظر بدلیل خطای نیروی انسانی بسیار بالا است.

آموزش افراد جهت استفاده صحیح و کاربرد بهینه سامانه Motion Capture جزء تعهدات عرضه کننده می‌باشد. عرضه کننده سامانه باید علاوه بر فراهم کردن آموزشهای کاربری سامانه که از جمله آنها می‌توان به مواردی همچون راه‌اندازی سامانه، تنظیمات اولیه، کالیبراسیون و نحوه محاسبات در مورد اسکلت انسان و همچنین نرم‌افزارهای سامانه اشاره کرد، می‌بایست امکان آموزش و رفع ابهامات و مسائل اپراتورها را از طرق مختلف از جمله آموزش از راه دور E-Learning، فراهم نماید.

است که کلیه مراحل و تجهیزات در خود لباس تعبیه گردیده و نیاز به تجهیزات جانبی در محیط جهت پیگیری موقعیت tracker ندارد.

محدوده فعالیت در محیط

دامنه فعالیت سامانه‌های نوری و مغناطیسی محدود به محیط محصور بین تجهیزات پیگیری موقعیت tracker است که معمولاً در بهترین شرایط طول و عرض محیط کمتر از ۲۰ متر است. لازم به ذکر است که دامنه فعالیت سامانه مغناطیسی نسبت به نوری کوچکتر است.

بیشترین دامنه فعالیت مربوط به سامانه الکترومکانیکی بی‌سیم می‌باشد که در محیط بسته تا شعاع ۱۰۰ متر و در محیط باز تا شعاع ۳۰۰ متر می‌باشد البته دامنه فعالیت در مدل‌های مختلف و سازندگان مختلف متفاوت می‌باشد.

شرایط محیطی

شرایط محیطی مورد نیاز با توجه به نوع فن‌آوری مورد استفاده متفاوت می‌باشد در هر نوع از سامانه‌ها عوامل ایجاد اختلال در کارکرد سامانه باید از محیط حذف گردد محیط مورد نیاز برای سامانه‌های نوری باید عاری از منابع نوری مزاحم و با شدت بالا باشد و همچنین استفاده از اجسامی که مانع از انتقال نور می‌شود در محیط امکان پذیر نمی‌باشد.

در مورد سامانه‌های مغناطیسی نیز اجسام فلزی و منابع مغناطیسی سبب ایجاد اختلال در محیط می‌گردد ولی امکان استفاده از اشیاء غیر فلزی و همچنین نور پردازی محیط وجود دارد.

بهترین محیط فعالیت مربوط به سامانه‌های الکترو مکانیکی است زیرا هیچگونه عامل

در مورد آموزش اپراتوری نرم‌افزار به این موارد باید توجه داشت:

- توانایی کارکردن همزمان real-time با اطلاعات ورودی از تجهیزات و حسگرها
- پردازش اطلاعات data editing (تعیین سرعت، حجم) و آشنایی با روش‌های کار نرم‌افزار (فرمان‌ها، متدها، بروز رسانی)
- توانایی ذخیره و ثبت اطلاعات
- پردازش و تدوین پویانمایی motion editing
- ورود اطلاعات از سایر نرم‌افزارها و سامانه‌ها data input و یا ارسال اطلاعات به سایر نرم‌افزارها و سامانه‌ها data output

محیط کاربرد سامانه

یکی از نکات مهم در مورد سامانه محیط کاربرد آن می‌باشد که با نوع فن‌آوری مورد استفاده در سامانه ارتباط مستقیم دارد.

نیاز به محیط اختصاصی

محیط مورد استفاده را از جهات مختلف می‌توان بررسی کرد که به ترتیب ذیل ارائه می‌گردد:

سامانه‌های نوری و مغناطیسی از آنجا که علاوه بر حسگرها نیاز به تجهیزات پیگیری موقعیت tracker در اطراف محیط دارند بناچار باید یک محیط اختصاصی برای آنها در نظر گرفت و تغییر محل استفاده مستلزم صرف وقت و هزینه جهت نصب و کالیبراسون مجدد سامانه است.

یکی از مزیت‌های مهم سامانه‌های الکترو مکانیکی عدم نیاز آنها به محل اختصاصی جهت کاربرد سامانه است زیرا فن‌آوری آن بگونه‌ای

بالا بودن تعداد ثبت اطلاعات حسگرها در واحد زمان

بالا بودن سرعت ثبت اطلاعات حسگرها در واحد زمان یا تعداد فریم ذخیره شده در هر ثانیه در سامانه Motion Capture از مزیت‌های مهم می‌باشد. حسگرهای مورد استفاده، تجهیزات الکترونیکی و فن‌آوری مورد استفاده جهت انتقال اطلاعات از حسگرها و یا تجهیزات پیگیری موقعیت tracker به رایانه و همچنین نرم افزار سامانه تاثیر مستقیم در تعداد ثبت اطلاعات حسگرها در یک دوره زمانی مشخص دارند.

در مورد سامانه‌های نوری، مغناطیسی و فن‌آوری‌های که دارای تجهیزات محیطی پیگیری موقعیت tracker هستند، از آنجا که میزان محاسبات مورد نیاز زیاد می‌باشد امکان ثبت تعداد فریم در ثانیه در مقایسه با سامانه الکترومکانیکی با توانایی پردازش یکسان پایین تر میباشد زیرا محاسبات در سامانه الکترومکانیکی به مراتب کمتر است.

real-time

امکان تهیه خروجی real-time از سامانه جهت مقاصدی همچون برنامه‌های زنده تلویزیونی و مانند آن جز خصوصیات مورد انتظار از سامانه می‌باشد که با توجه به موارد ذکر شده در مورد سرعت ثبت اطلاعات باید توجه داشت که اکثر سامانه‌های نوری و مشابه آن امکان تهیه خروجی زنده را بواسطه حجم بالای محاسبات ندارند و تنها سامانه‌های نوری مجهز به تجهیزات پردازش اطلاعات پیشرفته این امکان را فراهم می‌کنند که این امر سبب افزایش بهای این سامانه‌ها می‌گردد، ولی

محیطی متداول نمی‌تواند در کیفیت و نتایج کار اختلال ایجاد نماید. اهمیت نوع محیط کاربرد سامانه زمانی بیشتر نمایان می‌گردد که نیاز به کپچر حرکات انسان و یا حیوانات را در شرایط خاص داشته باشید، مانند رانندگی با وسایط نقلیه، سوارکاری، شنا و موارد مشابه.

در صورتی که امکان استفاده از سامانه در محیط‌های مختلف و طبیعی فراهم گردد در بسیاری موارد هزینه‌ها کاهش می‌یابد زیرا نیازی به انتقال موارد مورد نظر به استودیو و یا ساخت وجود ندارد و از طرفی سرعت و کیفیت کار به طور چشمگیری افزایش خواهد یافت.

بادوام Durable

تجهیزات مورد استفاده در سامانه از قبیل حسگرها، کابل‌های ارتباطی و قطعات الکترونیکی با توجه به محیط استفاده و نوع کارکرد آن، باید از کیفیت متناسب با شرایط برخوردار باشند. برای مثال اجزای سامانه‌ای که جهت استفاده در محیط باز ایجاد می‌گردد، باید در مقابل رطوبت، سرما و گرما دارای مقاومت قابل قبولی باشد. از طرفی اجزای آن در هنگام انجام حرکات سریع و وارد شدن ضربه باید دارای انعطاف‌پذیری و مقاومت باشند.

این سامانه‌ها در طی پروژه به طور روزمره و دائم بکارگرفته می‌شوند و از کارافتادگی آنها مستقیماً پروژه را متوقف می‌نماید و از طرفی عدم وجود اطمینان به دوام آنها سبب خواهد شد تا جهت جلوگیری از آسیب دیدگی سامانه و توقف پروژه از شبیه سازی و انجام بسیاری از اعمال مانند حرکات ورزشی خوداری شود.

سامانه‌هایی که دارای تجهیزات جانبی پیگیری موقعیت در اطراف فضای کار هستند همپوشانی و یا عدم رویت حسگرها توسط اعضاء خود موضوع و یا چند موضوع که بصورت همزمان در حال کیچر شدن هستند و همچنین وجود عوامل مزاحم محیطی مانند منابع نور و یا مواد مغناطیسی، معمولا سبب ایجاد داده‌های دارای نقص، تداخل و نویز می‌شوند.

کاربرهای سامانه ثبت حرکت

کاربردهای عمومی سامانه‌های Motion Capture شامل این موارد است:

ساخت انیمیشن و فیلم Animation & Film creation
پیشرفت سریع فن‌آوری رایانه در اواخر قرن بیست میلادی تاثیر همه جانبه‌ای بر روی زندگی انسان و سایر فن‌آوری‌ها داشته است. هنر و صنعت پویانمایی نیز از این تاثیرات بی نصیب نمانده و بخش جدیدی به نام پویانمایی سه بعدی، که مستقیما در ارتباط با فن‌آوری رایانه است یکی از نتایج آن است، پویانمایی سه بعدی سبب افزایش کیفیت تصاویر، سرعت انجام کار و کاهش هزینه‌های تولید گردید از مشکلات اولیه انیمیشن‌های سه بعدی عدم وجود حرکات نرم و طبیعی موضوعات در مقایسه با انیمیشن‌های دو بعدی می‌باشد.

با این حال استفاده از سامانه Motion Capture بسیاری از اینگونه مشکلات را از سر راه برداشته شده، این سامانه حرکات موضوعات مورد نظر از جمله انسان و حیوانات را ثبت و به رایانه منتقل می‌نماید و پس از پردازش داده‌های اولیه خروجی مورد نیاز با فرمت استاندارد را آماده می‌نماید و با استفاده از نرم افزارهای خاص نتیجه مورد نظر که

در مورد سامانه‌های الکترو مکانیکی بدلیل پایین بودن محاسبات این معضل وجود ندارد.

نمایش همزمان به صورت سه بعدی (3D)

بکارگیری مطلوب سامانه مستلزم نمایش همزمان و سه بعدی 3D محل حسگرها و سایر نتایج در نمایشگر سامانه می‌باشد که امکان بررسی دقیق را در حین فرآیند فراهم آورد.

سرعت مناسب نمایش، عدم وجود نویز در تصویر و امکان مشاهده تصاویر به صورت سه بعدی از زوایای دلخواه اپراتور از خصوصیات مورد انتظار از سامانه می‌باشد. نمایش همزمان به واسطه آشکار کردن مشکلاتی از قبیل عدم هماهنگی و کالیبره نبودن حسگرها و یا عدم انجام حرکات صحیح بازیگر و همچنین وجود معایب سخت افزاری در سامانه باعث اتلاف وقت و هزینه انجام پروژه خواهد شد و از طرفی کیفیت محصول نهایی متناسب با کیفیت مورد نظر پروژه خواهد شد.

در این مورد نیز سامانه نوری با توجه به عواملی همچون تعداد تجهیزات پیگیری موقعیت حسگرها تعداد موضوع و میزان توانایی پردازش اطلاعات ممکن است توانایی نمایش اطلاعات را بطور همزمان نداشته باشد و نیاز به زمان اضافی برای پردازش اطلاعات برای نمایش نتایج داشته باشد. این مشکل کم و بیش در مورد سامانه مغناطیسی نیز صادق است ولی در سامانه الکترو مکانیکی این مشکل وجود ندارد.

عدم تداخل اطلاعات

بهترین داده‌ها از لحاظ عدم تداخل و نویز مربوط به سامانه الکترو مکانیکی است و علت این امر در نوع فن‌آوری سامانه می‌باشد. در

استفاده از قابلیت‌های منحصر بفرد آن در مطالعات زیست شناختی و پزشکی است، مانند تشخیص مشکلات حرکتی در بیماران و یا مطالعه نحوه حرکت و یا پرواز حیوانات و پرندگان است. به طوری که اکثر مراکز پزشکی معتبر دنیا در زمینه رفع مشکلات حرکتی بیماران مجهز به این سامانه می‌باشند.

تجزیه و تحلیل حرکات ورزشی Sport Analysis

سامانه Motion Capture در زمینه ورزش می‌تواند تاثیر بسیار مفیدی داشته باشد. برای مثال با ثبت و تجزیه و تحلیل حرکات یک ورزشکار که در رشته خود قهرمان است می‌توان رمز موفقیت وی را کشف کرد و از آن برای خلق قهرمانان جدید بهره گرفت. در حالیکه با توجه به سرعت حرکت و اینکه بخش زیادی از حالت ورزشکار در زمان انجام حرکت بصورت ناخودآگاه می‌باشد امکان انتقال دانش یک ورزشکار به شخص دیگر بصورت سنتی در اکثر موارد با شکست روبرو میگردد.

شبیه سازی و آموزش Simulation & Education

شبیه سازی موقعیت و خلق دنیای مجازی برای اهدافی همچون کنترل ربات به منظور انجام فعالیت‌های مخاطره آمیز برای انسان و یا جراحی از راه دور و همچنین قراردادادن شخص در محیط مجازی جهت اهداف آموزشی و یا تفریحی با استفاده از این سامانه بصورت طبیعی امکان پذیر می‌باشد.

تولید پویانمایی با صورت طبیعی و در مدت زمان کوتاه است بدست می‌آید.

کاربرد این فن آوری در ساخت فیلم نیز سبب خلق آثار بسیار جالب و بی سابقه‌ای در صنعت سینما گردیده که بدون این فن آوری دستیابی به این حد از کیفیت و باور پذیری غیر ممکن است.

برخی فرمت‌های مورد استفاده جهت ذخیره اطلاعات: *
outputted by camera based)
optical systems) C3D - marker data
BVH - skeletal data *
Cartesian *

برخی از نرم افزارهای عمومی ساخت انیمیشن که توانایی کار با سامانه ثبت حرکت را دارا می‌باشد شامل این موارد می‌باشد:

- * 3DStudioMax&CharacterStudio
- * Maya
- * Softimage
- * Light wave
- * KaydaraMotionBuilder
- * Kaydara Mocap
- * Kaydara Film BOX Animation
- * Alias Motion Builder

ساخت بازی Game creation

سامانه‌های Motion Capture در زمینه تولید بازی‌های رایانه‌ای نیز بصورت گسترده‌ای کاربرد دارند و سبب کاهش هزینه و زمان تولید این محصولات در این بازار رقابتی می‌گردند.

مطالعات زیست شناختی Ergonomic studies

یکی از کاربردهای سامانه‌های Motion Capture