اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

مقایسه ابزارهای اخذ داده و توسعه نرم‌افزار با استفاده از حسگر kinect

امیدرضا عباسی[1*]، ابوالقاسم صادقی نیارکی[2] ، سینا ابوالحسینی[1]

۱-- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- عضو هیئت علمی و استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئوماتیک) دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

پیشرفت‌های اخیر در زمینه حسگرهای عمق، فرصت‌های بسیاری را برای محاسبات چند بعدی فراهم کرده‌است. امروزه وسیله‌های ورودی حسگر حرکتی نظیر کینکت و Wii Remote که اساسا برای کنترل بازی‌ها به‌وجود آمده‌اند، به ابزاری قوی جهت استفاده در تحقیقات علمی تبدیل شده‌اند. در این میان کینکت ساخته‌ی شرکت مایکروسافت به دلیل قیمت پایین، دسترسی وسیع، استفاده آسان و کیفیت مناسب توانسته است توجه ویژه محققان را به خود جلب کند. از این حسگر تا به‌حال در حوزه‌های مختلفی از جمله گرافیک کامپیوتری، پردازش تصویر، ماشین‌بینایی و نمایش و واسطهای کاربری استفاده شده است. هم‌چنین، جامعه ژئوماتیک نیز توجه ویژه‌ای به استفاده از این وسیله در تحقیقات خود نشان داده‌است. با وجود استفاده‌های فراوان از کینکت بر روی سکوهای مختلف، هنوز کاربران هنگام انتخاب ابزار مناسب خود جهت برقراری ارتباط با آن دچار سردرگمی هستند و گاهی این مرحله نیازمند زمان زیادی است. علاوه بر این قابلیت-های ابزارهای مختلف متفاوت است. از این رو انتخاب ابزار مناسب یکی از مهم‌ترین مراحل در اخذ و پردازش داده و توسعه نرم‌افزارهای مبتنی بر کینکت به‌شمار می‌رود. در این مقاله مهم‌ترین کتابخانه‌ها و چارچوب‌های لازم جهت استفاده از کینکت در تحقیقات معرفی شده است. هم‌چنین مزایا و کاستی‌های هر یک، از دو جنبه قابلیت‌ها و مسائل فنی بررسی و با یکدیگر مقایسه می‌شود. در میان ۸۰ مقاله علمی مطالعه شده، ابزارهای OpenNI و Kinect SDK به ترتیب با ۴۰ و ۳۱ درصد بیشترین میزان استفاده در تحقیقات علمی را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر این، این تحقیق نشان می‌دهد که برخی از ابزارها قابلیت‌های بسیار کمی فراهم می‌کنند و ممکن است برای برخی کاربردها مناسب نباشند.

واژه‌های کلیدی : کینکت، OpenKinect، OpenNI، Kinect for Windows SDK، حسگر عمق.

نویسنده مکاتبه کننده : امیدرضا عباسی
آدرس پستی :
تلفن : ۰۹۳۶۹۹۲۹۹۰۸
آدرس پست الکترونیک : oabbasi@mail.kntu.ac.ir

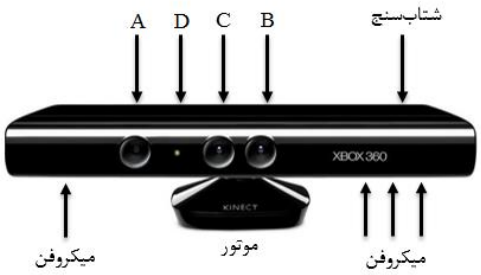
۱- مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از ابزارهای ورودی حرکتی نظیر کینکت به علت دسترسی وسیع، استفاده آسان، هزینه پایین و کیفیت مناسب مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. کینکت در سال ۲۰۱۰ وارد بازار شد و طبق رکوردهای جهانی گینس، عنوان سریع‌ترین فروش در میان وسایل الکترونیکی را کسب کرد [۱]. حسگر کینکت برای استفاده در کنسول بازی Xbox مایکروسافت طراحی و هدف‌گذاری شده بود؛ اما فردی با نام مستعار AlexP موتورهای کینکت را تحت کنترل خود درآورد و علی‌رغم تلاش‌های بسیار مایکروسافت برای تکذیب خبر، ویدئویی را منتشر کرد که در دست گرفتن کنترل سیستم‌های عمق‌یابی و ویدئویی کینکت را نشان می‌داد [۲]. با این حال این فرد از انتشار کد خود امتناع کرد و برای این کار مبلغی درخواست کرد. پس از آن، شخصی دیگر با نشان دادن داده‌های عمق و ویدئو از کینکت ادعای موفقیت کرد و کد متن‌باز خود را با نام libfreenect در اختیار عموم قرار داد. حدود یک ماه بعد PrimeSense، طراح اصلی حسگر کینکت برای مایکروسافت، تصمیم گرفت تا راه‌انداز و رابط برنامه‌نویسی چارچوب خود یعنی OpenNI را متن‌باز کند. سپس مایکروسافت اعلام کرد که یک بسته توسعه نرم‌افزار غیرتجاری برای توسعه کینکت بر روی ویندوز منتشر خواهد کرد [۳]. در سال‌های اخیر این حسگر به ابزاری قوی برای استفاده در تحقیقات علمی تبدیل شده است؛ اما هنوز کاربران در هنگام انتخاب ابزار مناسب خود جهت برقراری ارتباط با آن دچار سردرگمی هستند و گاهی این مرحله نیازمند زمان زیادی است. علاوه بر این قابلیت‌های ابزارهای مختلف متفاوت است.

هدف این مقاله معرفی و مقایسه مهم‌ترین ابزارهایی است که در توسعه نرم‌افزار جهت اخذ و پردازش داده از طریق حسگر کینکت به کار می‌روند. در بخش بعد به‌طور اجمالی به معرفی ساختار و اجزاء اصلی سخت‌افزاری این حسگر پرداخته می‌شود. در بخش ۳ به طور مختصر کاربردهای کینکت در حوزه‌های علمی مختلف معرفی می‌شود. در بخش ۴ مهم‌ترین ابزارهای توسعه نرم‌افزار با استفاده از کینکت مرور و با یکدیگر مقایسه می‌گردند. در بخش ۵ نتایج حاصل از مقایسه ارائه می‌شود. سپس در بخش آخر به نتیجه‌گیری می‌پردازیم.

۲- سخت‌افزار

حسگر کینکت به کاربران اجازه می‌دهد تا بدون نیاز به استفاده از کنترل کننده دستی، از طریق یک واسط طبیعی کاربر و با استفاده از فرمان‌های حرکتی و صوتی با رایانه یا کنسول بازی خود رابطه برقرار کنند. از دیدگاه الکترونیکی، حسگر کینکت چهار بخش اصلی دارد (شکل ۱) [۴]: (۱) میکروفون‌هایی که به‌صورت خطی کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند؛ (۲) منتشرکننده مادن قرمز (A) که الگوهای مادون‌قرمز نامرئی را بر روی عوارض تصویر می‌کند تا قابلیت تشخیص عمق برای حسگر فراهم شود؛ (۳) دریافت‌کننده مادون‌قرمز (B) که الگوهای تصویر شده بر روی عوارض توسط این بخش ثبت می‌شود. سپس این الگوها پردازش می‌شوند تا یک تصویر عمق با دقت VGA حاصل گردد؛ (۴) دوربین RGB (C): این دوربین یک وب کم با دقت VGA (۶۴۰*۴۸۰) است که تصاویر ویدئویی رنگی را با نرخ فریم ۳۰ هرتز ثبت می‌کند [۵]. هم‌چنین در کنار این بخش‌ها، یک موتور جهت حرکات دورانی حسگر، یک شتاب‌سنج برای تشخیص توجیه آن و یک لامپ LED (D) نشان‌دهنده وضعیت درون کینکت تعبیه شده‌است. کینکت نشان داده شده در شکل ۱ برای برقراری ارتباط با کنسول بازی XBOX 360 طراحی شده است.

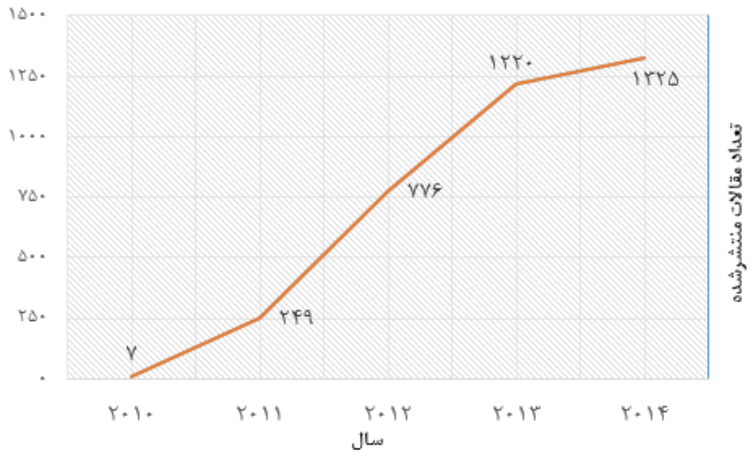


شکل ۱: حسگر کینکت و اجزای آن [۴]

حسگر به‌وسیله یک درگاه USB استاندارد با رایانه ارتباط برقرار می‌کند، اما به‌دلیل این‌که درگاه USB توانایی فراهم کردن انرژی مصرفی آن را ندارد، یک منبع تغذیه اضافی مورد نیاز است [۴]. چون درون کینکت هیچ‌گونه پردازنده مرکزی تعبیه نشده است (در واقع تنها یک پردازنده سیگنال دیجیتال وجود دارد تا سیگنال میکروفن‌ها را پردازش کند و تصاویر مادون‌قرمز را تولید کند)، فرایند پردازش داده در سمت رایانه و به‌وسیله راه‌انداز کینکت انجام می‌گیرد. راه‌انداز بر روی ویندوز ۷ یا ۸ نصب می‌شود و با یک پردازنده ۳۲ یا ۶۴ بیتی اجرا می‌گردد [۱].

۳- کاربردهای کینکت

با وجود این‌که کینکت اساساً برای کنترل بازی‌های کنسول Xbox طراحی شده بود، پس از انتشار داده‌های آن در سکوهای دیگر محققان را به استفاده از آن در تحقیقات پژوهشی خود علاقمند ساخت. نمودار شکل ۲ تعداد مقالات منتشر شده در مورد حسگر کینکت از زمان تولید این محصول را نشان می‌دهد [۶]. در این نمودار تمام مقالات نمایه شده در پایگاه scopus که در عنوان، چکیده یا واژگان کلیدی آن‌ها از واژه kinect استفاده شده، در نظر گرفته شده است. رشد سریع نمودار نشان از علاقه روزافزون محققان به استفاده از این حسگر دارد. حسگر کینکت در زمینه‌های مختلفی نظیر گرافیک رایانه‌ای [۷] (تولید و رقومی‌سازی تصویر)، پردازش تصویر و بینایی ماشین [۸] (تحلیل صحنه، ردیابی و رگرسیون سطح)، روباتیک و ناوبری داخلی [۹]، نمایش و رابط‌های طبیعی کاربر [۱۰] (سیستم‌های اطلاعات چندرسانه‌ای، واقعیت‌های افزوده [۱۱]، مجازی و مصنوعی)، حوزه سلامت [۱۲] و غیره کاربرد دارد. هم‌چنین در علوم ژئوماتیک نیز توجه ویژه‌ای به این وسیله شده است. برای مثال از این وسیله در پروژه‌های مختلف فتوگرامتری استفاده کرده‌اند [۱۳،۱۴]. علاوه‌براین، محققان علوم اطلاعات مکانی از قابلیت‌های این وسیله در حوزه‌های مختلف استفاده کرده‌اند [۱۵]. کینکت برای استخراج اطلاعات بافتی که یکی از اجزاء اصلی خدمات بافت‌آگاه هستند، مناسب است [۱۶]. این حسگر اطلاعات عمق و اپتیکی را در قالب تصاویر رنگی، تصاویر مادن قرمز (IR)، تصاویر عمق و ابر نقاط فراهم می‌کند. یکی از معایب بزرگ حسگر کینکت این است که تنها در محیط‌های داخلی قابل استفاده است و الگوی پرتوهای مادون‌قرمز تصویر شده بر روی عوارض در حضور نور خورشید کاملا غیرقابل تشخیص هستند[۱۷].



شکل ۲ – تعداد مقالات منتشرشده در مورد حسگر کینکت در مجلات و کنفرانس‌های نمایه شده در scopus

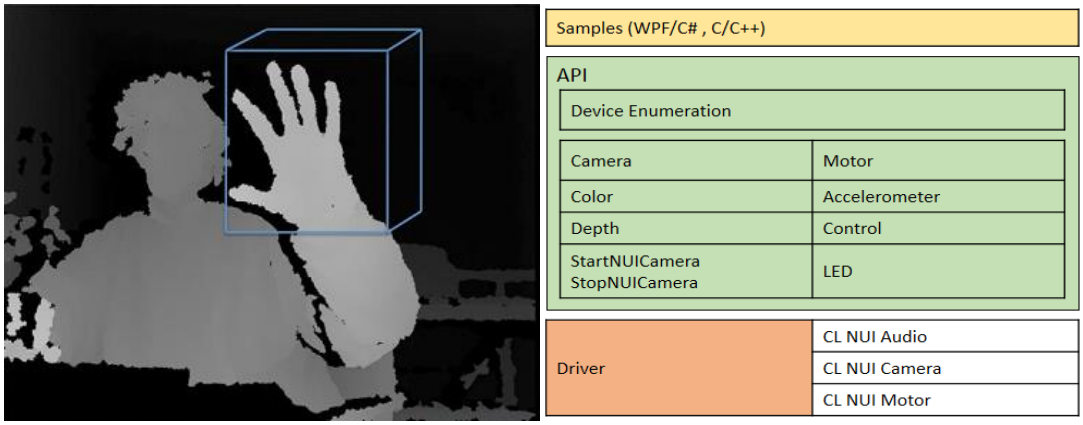
هم‌چنین نقشه عمق تولید شده توسط این حسگر به دلیل عدم دسترسی الگوهای مادون‌قرمز به برخی نقاط، دارای حفره‌های نسبتا زیادی است و در حرکت‌های نسبتا سریع تصویر دچار کشیدگی می‌شود [۱۸]. (برای کسب اطلاعات جامع در مورد کاربردهای کینکت به [۱۶] مراجعه شود).

۴- ابزارها و چارچوب‌ها

به منظور برقراری ارتباط با کینکت و اخذ و پردازش داده‌های آن نیازمند ابزارهای خاصی هستیم. در ادامه این بخش، مهم‌ترین ابزارها برای توسعه کتابخانه‌ها و نرم‌افزارهای مبتنی بر کینکت معرفی و معایب و مزایای هر یک ذکر خواهد شد.

۴-۱- سکوی CL-NUI

با استفاده از سکوی CLNUI می‌توان از کینکت بر روی سیستم‌عامل ویندوز استفاده کرد و در حال حاضر امکان توسعه به زبان‌های C# و C/C++ با استفاده از این سکو وجود دارد [۱۹]. در شکل ۳ معماری سکوی CLNUI به همراه یک تصویر عمق تهیه شده از آن آمده است. علاوه بر این، CLNUI قابلیت اتصال چند حسگر به طور همزمان و کنترل موتور حسگر را دارا می‌باشد. با این حال، این سکو قابلیت استفاده از میکروفن‌های کینکت را فراهم نمی‌کند [۱۹].



(ب) (الف)

شکل ۳ – (الف) تصویر عمق تهیه شده از طریق کتابخانه CLNUI [۲۰] (ب) معماری سکوی CL NUI [۱۹]

۴-۲- پروژه OpenKinect

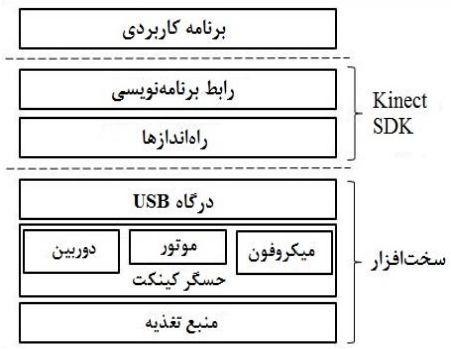
OpenKinect یک پروژه متن‌باز است و تنها از کتابخانه‌های متن‌بازی استفاده می‌کند که کینکت را قادر می‌سازند تا با لینوکس، مک و ویندوز کار کند [۲۱،۳]. تمرکز اصلی OpenKinect نیز بر روی کتابخانه libfreenect است [۲۲]. libfreenect اولین تلاش موفق برای برقراری ارتباط با کینکت از طریق یک رایانه شخصی بود [۲۳]. در واقع، این کتابخانه اولین کد منتشر شده بود که از کینکت بر روی سکوی دیگری استفاده می‌کرد. libfreenect کتابخانه اصلی برای دسترسی به دوربین کینکت از طریق USB است. این کتابخانه از دسترسی به تصاویر عمق و رنگی، موتورها، شتاب‌سنج‌ها و LED پشتیبانی می‌کند. کتابخانه libfreenect به زبان C نوشته شده است، اما wrapper هایی به چندین زبان از قبیل Python، Ruby، ActionScript، C++، C# و Java نیز فراهم می‌کند [۲۴،۲۲،۳]. نمونه داده‌های برداشت شده از طریق libfreenect در شکل ۵ نشان داده شده است.

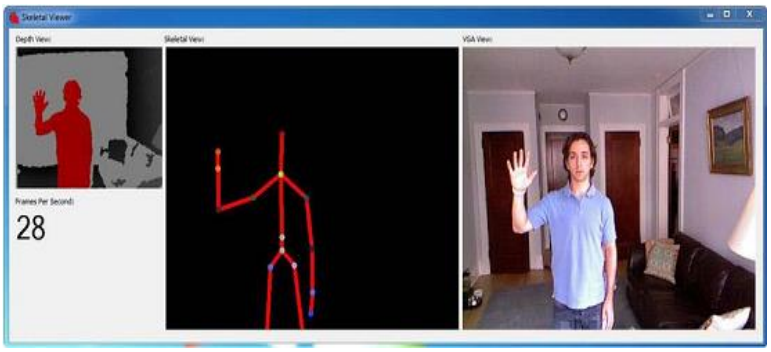
(الف) (ب) (ج)

شکل ۵ – (الف) تصویر رنگی؛ (ب) مادون‌قرمز؛ و (ج) عمق تهیه شده از طریق کتابخانه libfreenect [۴]

۴-۳- بسته توسعه نرم‌افزار کینکت (Kinect SDK)

در سال‌های اخیر، شرکت مایکروسافت بسته توسعه نرم‌افزار رسمی خود را برای حس‌گر کینکت عرضه کرده است. SDK منتشرشده از سوی شرکت مایکروسافت از زبان‌های برنامه‌نویسی چارچوب NET. نظیر C++ ، C# و VB پشتیبانی می‌کند. آخرین نسخه SDK های منتشرشده، حاوی یک محیط توسعه (Kinect Studio)، راه‌انداز، runtime، واسط برنامه‌نویسی، ابزارها و کدهای نمونه است. به‌وسیله SDK های Kinect for Windows می‌توان نرم‌افزارهایی را با هر زبان تحت NET. برای سیستم‌عامل ویندوز توسعه داد [۲۵،۱]. یک نمونه داده‌ی ردیابی اسکلت به‌دست‌آمده از Microsoft Kinect SDK به همراه معماری آن در شکل ۶ نشان داده شده است.





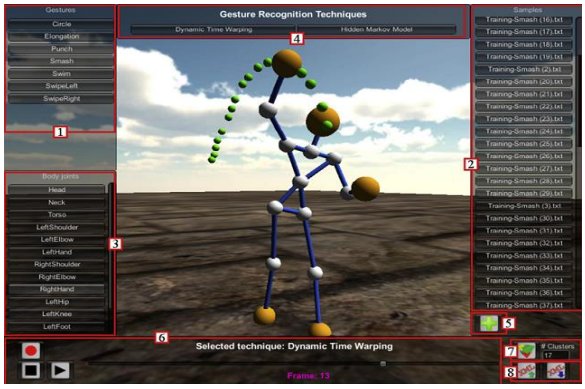
شکل ۶ – (الف) معماری kinect SDK (برگرفته از [۱]) (ب) ردیابی اسکلت با استفاده از SDK های مایکروسافت [۴]

توسعه نرم‌افزار با استفاده از این ابزار علاوه بر چارچوب NET.، نیازمند Visual Studio است.لازم به ذکر است که SDK های مایکروسافت اجازه دسترسی به تصویر مادون‌قرمز را نمی‌دهد [۱۳]. از مزایای این بسته، نصب و راه‌اندازی آسان آن در مقایسه با دیگر پروژه‌ها است [۲۶].

آخرین نسخه پایدار منتشرشده SDK شرکت مایکروسافت برای کینکت Kinect for Windows SDK v2.0 نام دارد و قابلیت توسعه نرم‌افزارهای مبتنی بر کینکت برای ویندوز ۱۰ را نیز دارا است [۸]. آخرین نسخه این SDK قابلیت ردیابی شش فرد و ۲۵ نقطه اسکلتی به ازای هر فرد را دارد. علاوه بر این، افزونه موتور بازی یونیتی بر روی این SDK می‌تواند اضافه شود و قابلیت‌های سه‌بعدی بیشتری را فراهم کند [۲۷،۸]. در شکل ۸ رابط گرافیکی یک سیستم که از موتور بازی یونیتی به‌همراه بسته توسعه نرم‌افزار کینکت استفاده می‌کند، نشان داده شده است.

۴-۴- چارچوب OpenNI

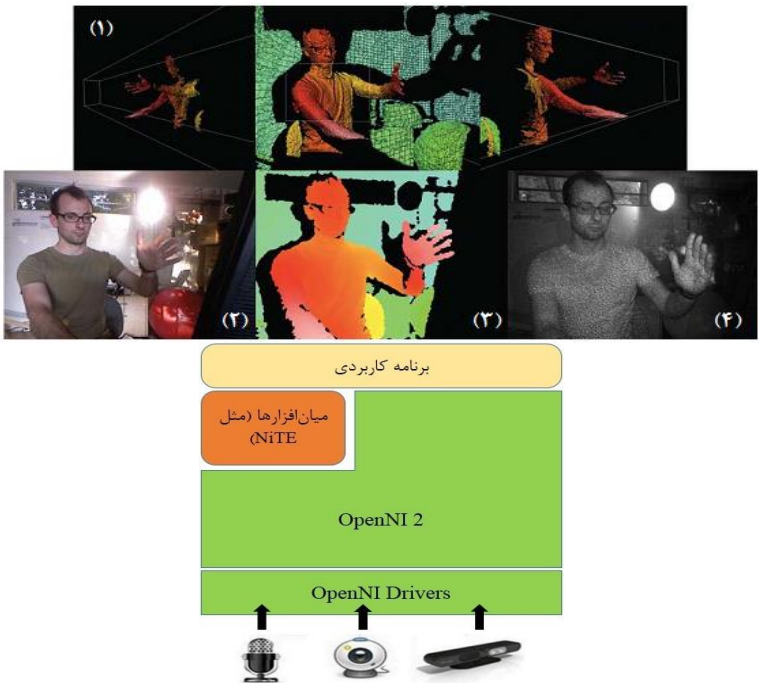
OpenNI یک چارچوب چندزبانه متن‌باز است که به زبان C نوشته شده است و wrapper هایی به زبان C++ و جاوا فراهم کرده است [۲۸] و درنتیجه بر روی بسیاری از سیستم‌های عامل به‌جز iOS کار می‌کند [۲۹،۷]. آخرین نسخه پایدار این چارچوب OpenNI2.0 است. نسخه OpenNI1.5 بر روی سیستم‌عامل iOS نیز قابل‌راه‌اندازی است. علاوه بر این OpenNI یک واسط برای ایجاد ارتباط با میان‌افزارها فراهم کرده است [۳۰].



شکل ۸ – رابط کاربری سیستم EasyGR که از موتور بازی یونیتی به همراه بسته توسعه نرم‌افزار کینکت استفاده می‌کند [۸].

میان‌افزارهای اجزاء نرم‌افزاری هستند که داده‌های صوتی و بصری به دست آمده از صحنه را درک و تحلیل می‌کنند [۱]. درواقع، میان‌افزارها داده‌های خام به‌دست‌آمده از یک حسگر را به داده‌هایی آماده برای نرم‌افزار تبدیل می‌کنند [۲۹]. بدین‌صورت، نرم‌افزارها قادر خواهند بود تا هم از قابلیت‌های اساسی OpenNI و هم از قابلیت‌های میان‌افزارها

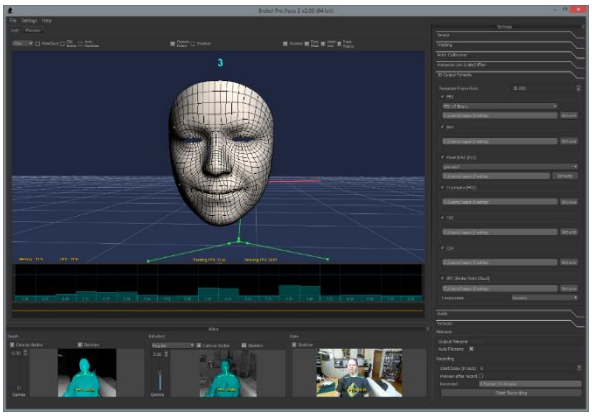
بهره برند. شکل ۹ معماری سه لایه‌ای مفهومی OpenNI به همراه یک نمونه داده برداشت‌شده بـا اسـتفاده از OpenNI نشان داده شده است.



شکل ۹ – (الف) معماری چارچوب OpenNI 2.0 [۳۱]؛ (ب۱) ابر نقطه؛ (ب۲) تصویر رنگی؛ (ب۳) تصویر عمق؛ (ب۴) تصویر الگوی مادون‌قرمز [۴]

۴-۵- نرم‌افزار Brekel

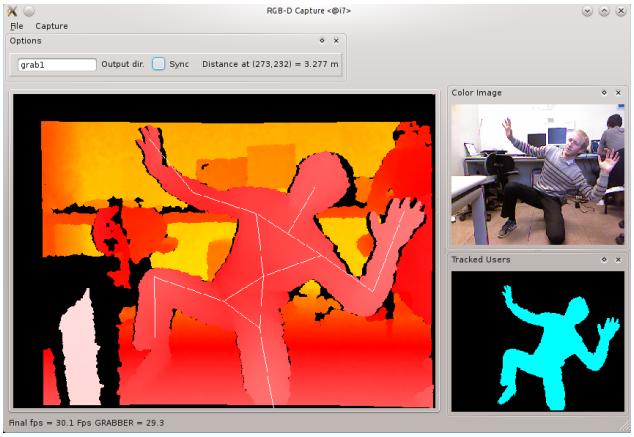
Brekel یک مجموعه نرم‌افزار توسعه‌یافته است که برای اخذ و پردازش داده‌های کینکت طراحی شـده اسـت. نـرم‌افـزار Brekel Kinect از این مجموعه به‌صورت رایگان در اختیار عموم قرار دارد و دیگر نرم‌افزارهای این مجموعـه بـه‌صـورت تجاری موجود هستند. از این میـان مـی‌تـوان بـه Brekel Pro Body، Brekel Pro Point Cloud، Brekel Pro Face و غیره اشاره کرد. برای نسخه رایگان نرم‌افزار Brekel هیچ‌گونه پشتیبانی و توسعه آتی در نظر گرفتـه نشـده اسـت [۳۲]. رابط کاربری نرم‌افزار Brekel Pro Face 2 در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ - رابط کاربری نرم‌افزار Brekel Pro Face 2 [۳۲]

RGBDemo -۶-۴

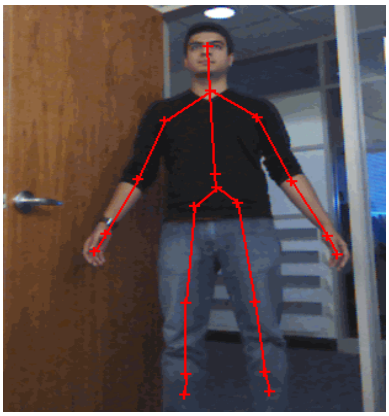
RGBDemo یک نرم‌افزار متن‌باز است که ابزاری ساده برای اخذ داده‌های کینکت و توسعه برنامه‌های کاربردی مستقل به‌شمار می‌رود. RGBDemo بر روی سیستم‌های عامل لینوکس، مک او اس ایکس و ویندوز قابل‌نصب است. در این نرم‌افزار قابلیت استفاده از کتابخانه‌های OpenNI و libfreenect وجود دارد. با استفاده از این کتابخانه‌ها می‌توان از قابلیت‌های اضافی نظیر استخراج داده اسکلت، موقعیت دست و کالیبراسیون حس‌گر نیز بهره برد. در حال حاضر توسعه و پشتیبانی این نرم‌افزار متوقف شده است. در شکل ۱۲ تشخیص اسکلت با استفاده از این نرم‌افزار نشان داده شده است [۳۳].



شکل ۱۲ – تشخیص اسکلت از طریق نرم‌افزار RGBDemo [۳۳]

۷-۴- جعبه‌ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار متلب

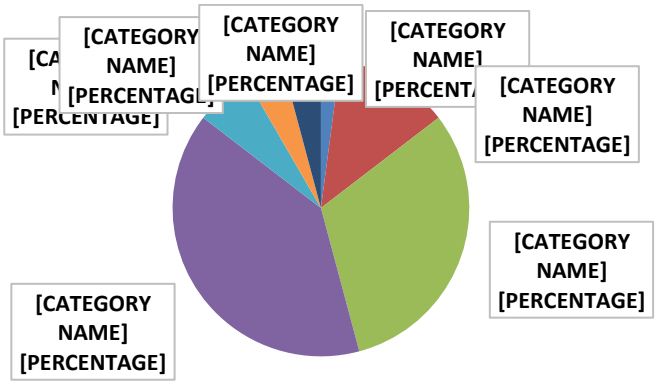
امکان استفاده از دو حس‌گر رنگی و عمق کینکت در جعبه‌ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار متلب نیز تعبیه شده است. با استفاده از این جعبه‌ابزار، حس‌گر سه نوع داده برمی‌گرداند: ۱) داده‌های تصویری، ۲) داده‌های عمق و ۳) داده‌های اسکلت. داده‌های تصویری شامل تصاویر رنگی و مادون‌قرمز می‌شود. داده‌های عمق قابلیت شناسایی۶ فرد را دارد، اما تنها قادر به ردیابی دو نفر به‌طور همزمان است. علاوه بر این، داده‌های اسکلت موقعیت کلی اسکلت فرد و موقعیت سه-بعدی ۲۰ نقطه مفصلی آن را نشان می‌دهد. در این داده‌ها نیز تنها اسکلت دو فرد به‌طور همزمان قابل‌ردیابی هستند. در شکل ۱۳ تصویر ۲۰ نقطه مفصلی اسکلت اخذشده توسط کینکت از طریق جعبه‌ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار متلب نشان داده شده است [۳۴].



شکل ۱۳ – تصویر اسکلت به‌دست‌آمده از طریق جعبه‌ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار متلب [۳۴]

۵- نتایج

در این تحقیق ۸۰ مقاله که در آن‌ها از حس‌گر کینکت در تحقیقات علمی مختلف استفاده شده است، مورد مطالعه قرار گرفت. از این میان، در ۴۸ مقاله به ابزار مورداستفاده در آن‌ها اشاره شده بود. در میان ابزارهای موجود، OpenNI و Kinect SDK به‌ترتیب با ٪۴۰ و ٪۳۱ بیشترین میزان استفاده را در تحقیقات دارا هستند. نتایج حاصل از مطالعه ابزارهای مورداستفاده در این مقالات در شکل ۱۴ آمده است.



شکل ۱۴ – میزان استفاده از ابزارها در مقالات علمی مطالعه شده

پس از مطالعه و بررسی هر یک از ابزارهای بالا، ویژگی‌های هر یک از دو جنبه قابلیت‌ها و خصوصیات فنی مورد بررسی قرار گرفت. ازاین‌رو، ویژگی‌هایی نظیر تشخیص اسکلت و تشخیص حالت بدن در دسته قابلیت‌ها قرار گرفت. هم‌چنین، خصوصیات فنی شامل نوع پروانه نرم‌افزار، ویژگی چند سکویی بودن و زبان توسعه می‌شود. در جدول ۱ این ویژگی‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۱ – مقایسه قابلیت‌ها و خصوصیات فنی ابزارهای موجود جهت اخذ و پردازش داده و توسعه نرم‌افزار با حس‌گر کینکت

	Brekel	*MS Kinect SDK*	*OpenKinect*	*MATLAB*	*OpenNI*	*RGBDemo*
تشخیص اسکلت	✓	✓		✓	✓	✓
موقعیت دست					✓	✓
ردیابی صورت	✓	✓				
تشخیص حالت بدن	✓	✓			✓	
تشخیص حالت دست					✓	
تحلیل صحنه		✓			✓	
تشخیص صدا		✓				
استفاده از چند حس‌گر		✓	✓	✓	✓	✓
کالیبراسیون دوربین	✓				✓	✓
کنترل موتور	✓		✓	✓		
چند سکویی			✓	✓	✓	✓
زبان توسعه	–	خانواده .NET	C# - C - Java – Ruby – Python - ActionScript	Matlab	C - C++ - Java	C++
متن‌باز (پروانه نرم‌افزار)			✓		✓	✓

۶- نتیجه‌گیری

این مقاله با بررسی ابزارهای مختلف اخذ داده و توسعه نرافزارهای مبتنی بر کینکت سعی در برطرف کردن نیاز جامعه علمی در انتخاب ابزار مناسب داشت. با توجه به شکل ۱۴ و جدول ۱، میزان استفاده از ابزارهای مختلف کاملاً با قابلیت‌هایی که این ابزارها فراهم می‌کنند مطابقت دارد. برای مثال، در میان ابزارهای موجود، OpenNI بیشترین تعداد قابلیت‌ها را فراهم می‌کند. ازاین‌رو، در جدول ۱ نیز بیشترین میزان استفاده در مقالات علمی مربوط به OpenNI است. این موضوع، به‌طورکلی در مورد دیگر ابزارها نیز صادق است. با توجه به نتایج موجود در جدول ۲به‌نظر می‌رسد که انتخاب ابزارها کاملاً به نوع کاربرد و استفاده از کینکت بستگی دارد. علاوه بر این، عامل مهم دیگر در انتخاب یک ابزار خصوصیات فنی مرتبط با آن است. برای مثال، با این‌که OpenKinect قابلیت‌های زیادی برای کاربر فراهم نمی‌کند، اما به دلیل طیف وسیع زبان‌های توسعه آن در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است. درصورتی‌که توسعه یک نرم‌افزار مبتنی بر کینکت بر روی یک سیستم‌عامل غیر از ویندوز را داریم، Microsoft Kinect SDK نمی‌تواند گزینه مناسبی باشد؛ اما برای توسعه نرم‌افزاری که قادر به تشخیص صوت باشد، ملزم به استفاده از آن هستیم.

مراجع

[1] D. Catuhe, Programming with the Kinect for Windows Software Development Kit, Washington: Microsoft Press, 2012.

[2] Wikipedia: The Free Encyclopedia, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect. [Accessed 13 12 2015].

[3] L. Cruz, D. Lucio and L. Velho, "Kinect and rgbd images: Challenges and applications," in *25th Conference on Graphics, Patterns and Images Tutorials (SIBGRAPI-T)*, 2012.

[4] S. Kean, J. Hall and P. Perry, Meet the Kinect, New York: Apress, 2011.

[5] H. Henseler, A. Kuznetsova, P. Vogt and B. Rosenhahn, "Validation of the Kinect device as a new portable imaging system for three-dimensional breast assessment," *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, vol. 67, pp. 483-488, 2014.

[6] "Scopus," Elsevier, [Online]. Available: http/www.scopus.com. [Accessed 18 12 2015].

[7] E. A. Suma, B. Lange, Rizzo A. S., D. M. Krum and M. Bolas, "FAAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit," in *IEEE Conference on Virtual Reality*, Singapur, 2011.

[8] R. Ibanez, A. Soria, A. Teyseyre and M. Campo, "Easy gesture recognition for Kinect," *Advances in Engineering Software*, vol. 76, pp. 171-180, 2014.

[9] R. A. El-Laithy, J. Huang and M. Yeh, "Study on the use of Microsoft Kinect for robotics applications," in *IEEE Symposium on Position Location and Navigation (PLANS)*, 2012.

[10] M. N. K. Boulos, B. J. Blanchard, C. Walker, J. Montero, A. Tripathy and R. Gutirrez-Osuna, "Web GIS in practice X: a Microsoft Kinect natural user interface for Google Earth," *International Journal of Health Geographics*, vol. 10, no. 1, p. 45, 2011.

[11] E. Bostanci, N. Kanwal and A. F. Clark, "Augmented reality applications for cultural heritage using Kinect," *Human-centric Computing and Information Sciences*, vol. 5, no. 1, pp. 1-18, 2015.

[12] D. Gonzalez-Ortega, F. J. Diaz-Pernas, M. Martinez-Zarzuela and M. Anton-Rodriguez, "A Kinect-based system for cognitive rehabiliation excercises monitoring," *Computer methods and programs in*

biomedicine, vol. 113, no. 2, pp. 620-631, 2014.

[13] J. C. K. Chow, K. D. Ang, D. D. Lichti and W. F. Teskey, "Performance Analysis of a Low-Cost Triangulation-Based 3D Camera: Microsoft Kinect System," in *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress (ISPRS)*, 2012.

[14] J. C. Chow and D. D. Lichti, "Photogrammetric bundle adjustment with self-calibration of the PrimeSense 3D camera technology: Microsoft Kinect," *IEEE Access*, vol. 1, pp. 465-474, 2013.

[15] H. Richards-Rissetto, F. Remondino, G. Agugiaro, J. Robertsson, J. von Schwerin and G. Giradi, "Kinect and 3D GIS in archaeology," in *18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM)*, 2012.

[16] S. Abolhoseini, A. Sadeqi-Niaraki and O. R. Abbasi, "Overview of Microsoft Kinect applications in ubiquitous GIS," in *The 3rd Interational Conference on Sensors and Models in Photogrammetry and Remote Sensing*, 2015.

[17] N. Silberman and R. Fergus, "Indoor Scene Segmentation using a Structured Light Sensor," in *IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCV Workshops)*, 2011.

[18] R. A. Newcombe, S. Izadi, O. Hilliges, D. Molyneaux, D. Kim, A. J. Davidson, P. Kohi, J. Shotton, S. Hodges and A. Fitzgibbon, "KinectFusion: Real-time dense surface mapping and tracking," in *10th IEEE international symposium on Mixed and augmented reality (ISMAR)*, 2011.

[19] "CL NUI platform," Code Laboratories, [Online]. Available: https://codelaboratories.com/nui. [Accessed 21 12 2015].

[20] V. Frati and D. Prattichizzo, "Using Kinect for hand tracking and rendering in wearable haptics," in *IEEE World Hoptic Conference (WHC)*, 2011.

[21] J. Kramer, N. Burrus, D. Herrera, F. Echtler and M. Parker, Hacking the Kinect, Apress, 2012.

[22] "OpenKinect," [Online]. Available: https://openkinect.org/wiki/Main_Page. [Accessed 13 12 2015].

[23] G. C. S. Ruppert, L. O. Reis, P. H. J. Amorim, T. F. de Moraes and J. V. L. da Silva, "Touchless gesture user interface for interactive image visualization in urological surgery," *World Journal of Urology*, vol. 30, no. 5, pp. 687-691, 2012.

[24] K. K. Fan and K. J. Lin, "Kinect with Flash ActionScript 3.0 applications in interactive design," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 145, pp. 525-529, 2012.

[25] J. Webb and J. Ashley, Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK, Apress, 2012.

[26] "Microsoft Kinect - Microsoft SDK - Unity 3D," [Online]. Available: http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect_-_Microsoft_SDK. [Accessed 13 12 2015].

[27] "Kinect Hardware," Microsoft, [Online]. Available: https://dev.windows.com/en-us/kinect/hardware. [Accessed 13 12 2015].

[28] S. Falahati, OpenNI Cookbook, Packt Publishing, 2013.

[29] N. Villaroman, D. Rowe and B. Swan, "Teaching natural user interface using OpenNI and the Microsoft Kinect sensor," in *Proceedings of the 2011 conference on Information technology education*, 2011.

[30] "OpenNI Programmer's Guide," Occipital Inc..

[31] "OpenNI Migration Guide from OpenNI/NiTE 1.5 to OpenNI/NiTE 2," PrimeSense Ltd., 2013.

[32] "Brekel Kinect," [Online]. Available: http://brekel.com/kinect-3d-scanner/. [Accessed 14 12 2015].

[33] "RGBDemo," [Online]. Available: http://rgbdemo.org/. [Accessed 12 14 2015].

[34] "Using Kinect for Windows with MATLAB," Mathworks, [Online]. Available: http://www.mathworks.com/videos/using-kinect-for-windows-with-matlab-77799.html. [Accessed 12 14 2015].

Comparison of available tools for acquiring data and developing applications using Kinect sensor

Abbasi O. R. *[1], Sadeghi-Niaraki A. [2], Abolhoseini S. [1]

1- MSc student of GIS in Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology

2- Assistant professor in Department of GIS, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

Recent advances in the development of real-time depth sensors has provided many opportunities for multidimensional computations. In recent years, low-cost, easy-to-use, motion-sensing input devices such as Microsoft Kinect, ASUS Xtion, Leap Motion, and Wii Remote that chiefly developed for controlling the video games have become powerful tools in order to use in the scientific researches. The Kinect sensor provided by Microsoft has particularly gained significant attention from the scientific community because of its availability, simple usage, low cost and reasonable quality. It provides synchronized color and depth information in the form of RGB images, infrared (IR) images, depth images, and point clouds. Kinect has been used in various fields such as computer graphics (image generation and digitization), image processing and computer vision (scene analysis, surface tracking and regression), robotics and indoor navigation, representation and user interfaces (multimedia information systems, and virtual, augmented, and artificial reality). However there is still a lack of confidence in selecting the suitable tool for acquiring data and developing applications using Kinect and sometimes it takes so much time to study the capabilities of these tools. Therefor the aim of this paper is to review on and compare the available tools for acquiring and processing the data obtained from the Kinect sensor. Hence, these tools including libraries, platforms and frameworks, as well as their pros and cons will be discussed. Furthermore, in order to find the more frequently used tools, 80 scientific papers have been studied. The results show that OpenNI Framework and Kinect SDK have been used much more that the other tools in scientific researches with 40% and 31% respectively.

Keywords: Microsoft Kinect, OpenNI, Kinect SDK, Data Acquisition, Depth Sensors.

Correspondence Address: Department of GIS, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran**.**

Email: oabbasi@mail.kntu.ac.ir