

# ЧОВЕКО МАШИНЕН ИНТЕРФЕЙС С KINECT

Надежда Златева

## HUMAN COMPUTER INTERACTION WITH KINECT

Nadezhda Zlateva

***Abstract:** The paper reports on the characteristics and tendencies in Human Computer Interaction. It introduces Microsoft Kinect that features RGB camera, depth sensor and multi-array microphone, thus combining the benefits of each component to solve multi-modal visual and audio problems. With its high performance and reliability in identifying the human body, limbs and voice, Kinect pushes forward the next evolutionary step in the human computer interaction interfaces.*

***Key words:** HCI, depth sensor, computer vision, Kinect*

### 1. Въведение

Навлизането на компютърните устройства в ежедневието ни и привързаността ни към тях се засвидетелстват от непрестанно растящите продажби и използване на мобилни, безжични и компактни устройства. С подобренията в дисплей технологиите, графичните чипове, дори живота на батериите, потока на информация от машините към човека бележи постоянен прогрес. Макар и в по-бавни темпове има напредък и в комуникацията в обратната посока – от човек към машина. Стремителното развитие на микроелектрониката, сензорите и изчислителната мощ на процесорите неизбежно води до усъвършенстването на стари и търсене на нови интерфейси за човеко-машина комуникация.

Настоящият доклад е организиран в следните секции: секция 2 прави кратък обзор на тенденциите в човеко-машинната комуникация като се опира на проучванията в (22). В секция 3 се обръща специално внимание на Kinect устройството, което придоби нечувана популярност с появата си в края на 2010 година, привличайки вниманието както на потребителското, така и на научното общество. Като съчетава в себе си няколко компонента: цветова камера, дълбочинен сензор за разстоянието до сцената и микрофонен масив, Kinect дава възможност за създаване на по-широк тип човеко машинни интерфейси, в които се комбинират преимуществата на всеки от съставлящите го компоненти. Секция 4 представя списък от реализирани и/или потенциални приложения на Kinect. Докладът завършва със секция 5.

## **2. Човеко-Машинни Интерфейси (ЧМИ)**

Човеко-Машинният Интерфейс дефинира начина, по който хората и компютрите си взаимодействат. При проектирането на ЧМИ трябва да се вземат в предвид много аспекти от човешкото поведение, така че да се постигне ясно, лесно и интуитивно боравене с дадено компютърно устройство, както и близка до естествената комуникация. Поради тази причина се смята, че човеко-машинната комуникация е интердисциплинарна задача (1), при която към практиките от компютърните науки трябва да се приложат например теории и принципи от психологията, социологията и антропологията, както и подходи в сферата на дизайна и индустриалния дизайн за създаване на интерактивни продукти. За създаването на ЧМИ има значение и от какъв аспект и в каква степен ще е човешкото участие: физически аспект (2), определящ механиката на взаимодействието; когнитивен аспект (3), касаещ начините, чрез които потребителя може да разбере системата и да взаимодейства с нея; аспект на въздействието (4), отнасящ се до потребителското развлечение и целящ пренастройка спрямо отношението и емоциите на човека.

Макар и за момента широко разпространените компютърни устройства да имат по-опростен командно ориентиран интерфейс (например възпроизвеждането на символ при натискането на клавиш), то през последните години се забелязва пренасочване на изследванията към създаване на интелигентни (5) и адаптивни (6) интерфейси. Интелигентните ЧМИ разбират смисъла и контекста на съобщението от потребителя и/или отговарят в съответствие на възприетото – например речеви интерфейси, в които е заложен естествен език за комуникация (7) или устройства, които следят движенията (8) или погледа (9) на потребителя. От друга страна адаптивните ЧМИ използват интелект в начина, по който продължават взаимодействието с потребителя – например веб приложение, което разпознава потребителя и му предлага нов тип продукти на база на предишни регистрирани предпочитания, търсения и покупки. Разбира се, съществуват и комбинирани интелигентни адаптивни интерфейси – например таблети с функционалност за въвеждане на ръкописен текст с писане по дисплея, които в зависимост от потребителя се настройват да използват неговия стил и корекции на разпознати думи.

Най-важният фактор в дизайна на ЧМИ е конфигурацията, обусловена от броя и разнообразието на входни и изходни комуникационни канали (11), които позволяват взаимодействието на потребителя с интерфейса. Дефиницията на всеки от тези канали е наследена от човешката комуникация и в общи линии се определя от човешките сетива: зрение, слух, докосване, мирис, и вкус. Всеки независим канал се нарича модалност, а броя на използваните модалности определя дали системата е едномодална или многомодална.

## 2.1 Едномодални ЧМИ

В зависимост от типа си, модалностите могат да бъдат разделени в следните три категории: визуално-, аудио- и сензорно-базирани.

*Визуално-базираната* човеко-машинна комуникация буди най-голям интерес сред изследователската общност в сферата на ЧМИ. Имайки в предвид широката приложна област, разнообразието от нерешени проблеми и подходи за изследването им, учените се опитват да извлекат различни аспекти от човешкото поведение, които да бъдат разпознати като визуални сигнали. Някои от основните области в тази сфера са:

- Анализ и разпознаване на човешки емоции (12, 13).
- Проследяване на движението на тялото и разпознаване на жестове (14, 15).  
Макар и с различни цели, и двете области се използват за пряко взаимодействие човек – машина в релация на задаване на команда и последващо действие/реакция.
- Проследяване на погледа (движението на очите) (16). Основно се използва за индиректна форма на взаимодействие между потребителя и машината, целяща по-добро разбиране на целите, намеренията или фокуса на потребителя в контекстно-зависими сценарии. Изключение правят системите за проследяване погледа на парализирани хора, където движението на очите се интерпретира в сценарий команда - действие.

При *аудио-базираната* човеко-машинна комуникация съществената информация се извлича от различни аудио сигнали. Основните изследователските области в тази секция са:

- Разпознаване на говор (17) и разпознаване на говорещия
- Емоционален анализ на говор (18) и откриване на човешка реакция (пъшкане, въздишка, смях, плач, и др.). Интересът към тези две области произлиза от опитите да се интегрират човешки емоции в интелигентните ЧМИ.

*Сензорно-базираната* човеко-машинна комуникация има широка област на приложение. Характеризира се с използването на поне един физически сензор за осъществяването на комуникация, като сензорите могат да бъдат както много примитивни, така и много сложни. Типични сензорни ЧМИ са:

- мишка, клавиатура, джойстик
- писалкови сензори (19) – с приложимост в мобилните устройства за разпознаване на ръкопис или жест
- тракери за движение/дигитализатори – съвременна технология, която коренно промени филмовата, анимационната и художествената индустрия, както и тази на видео игрите. Под формата на дреха или сензор на ставите, тези тракери водят до напредък при взаимодействието на компютрите с реалността и позволяват на хората да създадат своя свят виртуално.

- сензори за осезание и натиск (20, 21) – със специално приложение в роботиката и виртуалната реалност. Новите хуманоидни роботи включват стотици сензори за осезание, така че роботите да са чувствителни на докосвания.
- сензори за вкус и мирис – много по-малко разпространени в сравнение с горните.

## **2.2 Многомодални ЧМИ (ММЧМИ)**

Многомодалните интерфейси използват няколко входни комуникационни канали и съдействат за подобряването на човеко-машинната комуникация. Те включват различни комбинации от говор, жестове, лицева динамика/емоции и други неконвенционални (различни от мишка и клавиатура) входни способности. Най-често се срещат интерфейси с комбиниране на жестове и говор. Красноречив пример за взаимодействието между различните модалности е визуално-базираното следене на движението на устните, което допълва методите за разпознаване на говор (аудио-базиран), а те от своя страна подпомагат точното възприемане на команда при разпознаването на жестове (визуално-базиран).

Въпреки прогреса в развитието на многомодалната човеко-машинна комуникация, повечето съществуващи многомодални системи разглеждат модалностите самостоятелно и едва на последна фаза обединяват резултати им. Съществуването на тази практика може да се обясни с наличието на отворени проблеми във всяка област/модалност, които се нуждаят от съответно подобрение и прецизиране преди да могат да бъдат използвани в комбинация. Разбира се, този подход на разделно третиране на модалностите контрастира на естествената човешка комуникация, в която хората подават взаимно допълващи се многомодални сигнали, често съдържащи повтаряща се информация. За постигането на подобен анализ на компютърно ниво, входните данни трябва да бъдат обработвани в общо пространство на признаците и спрямо контекстно зависим модел (11). Тази задача сама по себе си изисква решаване на проблеми свързани с голямата размерност на общото признаково пространство, различните признакови формати, точното времево синхронизиране на сигналите, и др. Освен това, ролята на всяка модалност и нейния принос във взаимодействието не са научно доказани.

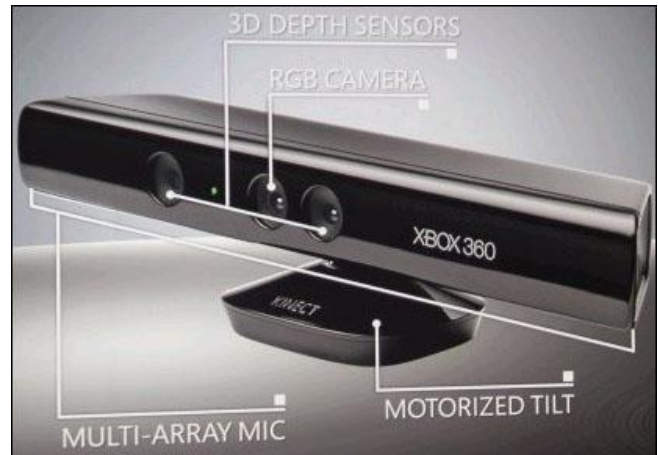
## **3. Характеристики на Kinect**

Kinect е периферно устройство и софтуер за гейм конзолата XBOX 360 на Майкрософт, което позволява нейното свободно контролиране чрез естествен потребителски интерфейс, базиран на жестове и гласови команди. Устройството изглежда като хоризонтална кутия върху малка моторизирана основа, чийто дизайн предполага поставянето му върху или под видео дисплея. С официалната

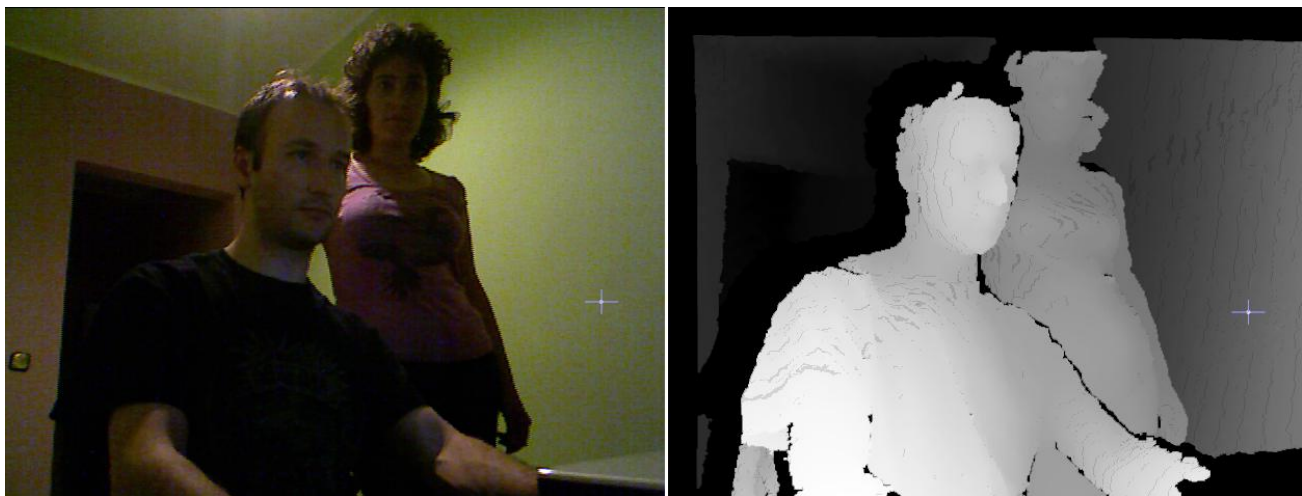
си поява на 4 Ноември 2010 Kinect получава голяма популярност и в рамките на 2 месеца бележи рекорден брой продажби (8 милиона), с което спечелва световния рекорд на Гинес за най-бързо продаващото се потребителско електронно устройство (23).

За този си продукт Майкрософт залагат на технология за дълбочинно интерпретиране на 3D информацията за сцената, разработена от израелската фирма ПраймСенс (PrimeSense). Създаденият механизъм включва сензорен компонент (дълбочинен сензор), който наблюдава сцената (потребителите и обкръжаващата ги среда), цветова (RGB) камера и микрофонен масив (Фиг. 1). Тази архитектура определя многомодалния характер на Kinect. Сензорния компонент, който позволява на компютъра да възприема света тримерно и превежда тези възприятия до дълбочинно изображение е реализиран от ПраймСенс. Майкрософт разработват възприемащия компонент, който интерпретира взаимодействията на потребителя със средата и позволява прихващането на движенията на цялото тяло, разпознаване на жестове, лице и глас.

Дълбочинния сензор, в ролята на 3D скенер, използва технология базирана на „кодиране на светлината” - Light Coding™ (24), която е вариация на 3D реконструкция по изображения. ПраймСенс разработват системен чип PS1080, който контролира инфрачервен (IR) лазерен проектор и стандартна светочувствителна матрица (CMOS сензор). Върху видимата сцена се проектира кодирана информация под формата на инфрачервено изображение от шаблонни шарки, което се деформира в зависимост от структурата на обкръжаващата среда, т.е. от наличието на мебели, стени и хора и тяхното пространствено положение. CMOS сензора възприема обратно кодираната светлина от сцената и заедно с оригиналното инфрачервено изображение ги предава на PS1080 чипа. Чрез сложен паралелен алгоритъм за стерео триангулация PS1080 дешифрира двете изображения и създава дълбочинна (3D) картина на сцената (Фиг. 2). Това решение работи при всякаква естествена светлина и не зависи от характеристиките ѝ.



Фиг. 1. Устройство на Kinect



Фиг. 2. Цветна 3D сцена и дълбочинното ѝ възприятие от дълбочинния сензор на Kinect

Kinect снима с честота 30 Hz, като генерира два видео потока: 24 битова цветова информация от RGB камерата и 11 битова дълбочинна картина от сензорния компонент. Всеки фрейм е с резолюция 640x480 пиксела. Сензорът може да поддържа следене на движение в областта 0.7 – 6м пред обектива, но реално поддържаното разстояние за видео игрите на Xbox е 1.2 – 3.5м. Видимото ъглово поле е 57° по хоризонтал и 43° по вертикал, като моторизираната основа позволява допълнително въртене от 27° нагоре или надолу. Специализираният софтуер на Майкрософт автоматично контролира наклона на сензора, като по този начин реагира на движението на потребителя.

Обработката на визуалната информацията в Kinect се извършва върху Xbox конзолата, като отнема едночислен процент от работата на процесора (26). Софтуерът позволява да се следят 6 потребителя, двама от които активни, като изгражда 20 ставна скелетна карта за активните. За проследяване движенията на повече потребители е необходима по-голяма изчислителна мощ, поради което Майкрософт избират да ориентират игрите си за поддръжка на двама активни играчи (25). Системата успешно разграничава активните потребители с различни физика, като при голяма телесна прилика (например при еднакво облечени близнаци) използва разграничаване по лицеви характеристики, на следващо ниво автоматична гласова идентификация, а в най-краен случай – всеки от играчите трябва да се идентифицира като играч А или Б. Към идентифицираните играчи се назначава компютърен аватар, който потребителя управлява с движенията си по време на играта. Детайлно описание на използвания алгоритъм за локиране на хората и различните части от тялото им е представено в (27).

Едно от революционните постижения при разработването на Kinect е аудио обработката. Придържайки се към мотото „естествено управление без

допълнителни механизми”, устройството приема команди от потребителя докато той се движи свободно в зоната от 6м<sup>2</sup> пред дисплея, без да се използват слушалки и микрофон. Забележително е и че системата приема звуковия сигнал от активните играчи и не се повлиява от намесата на евентуалните наблюдатели. Софтуера на Kinect успява да разграничи гласа на активния играч сред общия шум от: стерео или съроунд звукови ефекти, които при компютърните игри са 10 пъти по-силни и мощни в сравнение с нормалните говорители; отекването на гласа, което допълнително затруднява разпознаването на реч и то при 4м разстояние до микрофона; разговора на присъстващите в стаята или от гледания видео филм. Под ръководството на българския изследовател Иван Ташев (28) е разработена технология за многоканално акустично потискане на шума. Масива от 4 микрофона, който Kinect използва, позволява изолирането на гласа на говорещия, филтрирането на шума и отделянето на участниците в едновременен разговор. Всичко това води до висока точност при разпознаването на гласа и позволява конферентен разговор между отделни Xbox машини, както и по-точно разпознаване на говор.

#### **4. ЧМИ с Kinect**

Архитектурата на Kinect с няколко входни комуникационни канали предполага използването му като мощен инструмент в многомодални ЧМИ. Правилната комбинация от говорен анализ, жестова интерпретация, звук и графика може да осигури интуитивна и естествена човеко-машинна комуникация, без да са необходими външни контроли или бутони. Създаден да обслужва предимно Xbox конзолата, най-разпространените интерфейси с Kinect са в сферата на видео игрите и домашните забавления, в които могат да участват всички членове на семейството. Разработени са спортни игри като фитнес, танци, ски, тенис, бокс, футбол, боулинг, волейбол, автомобилно рали и др. (29), които разчитат на пълното сканиране на тялото и неговата позиция в пространството за контролиране на даден виртуален аватар и неговите емоции. Xbox въвеждат и Kinect Hub – серия панелни препратки към съществуващи приложения – който се управлява както с жестове (ръкомахане за контрол на активния курсор) така и с гласова команда от вида на „Xbox <име на приложение>”. По подобен начин се борави и с програмата Zune за възпроизвеждане на музика и видео филми (30). Video Kinect за Xbox LIVE осъществява видео разговор, който освен с естествения си интерфейс, е изключителен и с автоматичното фокусиране на камерата, така че да улови всеки човек, движение или дума в стаята.

Интерфейсните разработки за Xbox представят сравнително малка част от възможните приложения на Kinect. Това бързо става ясно за известен брой компютърни „хакери” и специалисти в областта на роботиката, виртуална реалност и др., които търсят начини да достигнат до потоците от цветове и

дълбочинни данни, с които борави Kinect. Едва 6 дни след официалното му излизане на пазара се появява първия драйвер за Linux (31). Месец по-късно и ПраймСенс изкарват драйверите OpenNI и NITE с интерфейси за достъп до двата потока от данни, с функции за идентифициране на субекти, извличане на човешкия скелет и относителния център на дланта, и др (32). С появата на тези драйвери така нареченото „хакерско” общество започва реализирането на различни идеи и интерфейси – от леки игри и управление на телевизора (смяна на канал и контрол на звука) до контролиране и обучение на роботи, и разширена реалност (augmented reality).

Възможните приложения на Kinect отвъд компютърните игри се изследват от непрестанно растящ брой изследователи и любители. Едни от популярните разработки (33, 34) са на:

- Oliver Kreylos (University of California, Davis) в сферата на разширена реалност, 3D видео конференция и смесване на 3D изображения от 2 Kinect устройства;
- Philipp Robbel от MIT комбинира Kinect с iRobot Create устройството, позволявайки на този мини робот да си състави 3D карта на стаята, да открива хората в нея и да следва жестови и гласови команди;
- екип от MIT Media Lab разработва depthJS (JavaScript extension за Google Chrome) за жестов контрол на брауъра с функции за скрол, селекция, назад, и др.;
- Robot Locomotion Group на MIT разработват интерфейс подобен на жестовия контрол от филма „Minority Report”;
- екип на Bundeswehr University of Munich създава автономно движеща се мини кола, докато Patrick Bouffard (Hybrid Systems Lab University of California, Berkeley) като част от проекта STARMAC разработва автономен полет на мини-хеликоптер в затворено пространство с избягване на препятствия (36);
- Alexandre Alahi от EPFL, който патентова нов алгоритъм за използване на няколко Kinect устройства за проследяване на групи от хора, включително при нощни условия. Този подход е с приложение при системи за видео наблюдение по летища и гари.

Компании като Evoluce и So touch (37) излизат с комерсиални презентационни продукти, като наблягат на мулти-тач решенията си. Софтуера на Evoluce реализира жестов контрол в Windows 7 с управление на Media Center, MS PowerPoint и други. Подобен вид функционалност доставя и безплатното решение на KinEmote, като успешно симулира поведението на компютърната мишка и така улеснява жестовия контрол над голям брой Windows програми.

Любопитни са разработките за медицинската сфера: в Purdue University обучават роботи, които, подобно на медицински сестри, следят всеки жест или



гласова команда и реагират в съответствие, като подават определен оперативен инструмент (38) (Фиг. 3а); в Sunnybrook Hospital, Toronto, хирурзи контролират Kinect интерфейс в оперативната зала, за да разглеждат СТ и MRI изображения във всички резолюции и аспекти (осветеност, контраст), без да е необходимо да свалят ръкавиците си (39) (Фиг. 3б). Работи се и по проекти за интерпретацията на езика на глухонемите с разпознаване на пълната жестава динамика, както и по използването на Kinect в помощ на незрящите като се подават вибрации или звукова сигнализация в зависимост от близостта на препятствия в сцената (40). В комбинация с методики за разпознаване на обекти, четене на надписи и гласови команди, този мутлимодален интерфейс има потенциал да замени или допълни функциите на белия бастун на незрящите.



(а)



(б)

**Фиг.3. Приложение на Kinect в медицината - (а) работи асистират на хирурзи като разпознават жести команди за дадени инструменти (38) и (б) хирурзи разглеждат СТ и MRI изображения в детайли по време на операция, без да нарушават стерилната среда (39).**

Ежедневно се появяват нови реализации на интерфейси за Kinect, а многообразието от възможни приложения граничи с рамките на човешкото въображение. Порталът KinectHacks.net служи за дискуссионен форум за нови идеи и новини около последните реализирани приложения за Kinect. Допълнителен стимул дава и ежемесечното предизвикателството на ASUS (бизнес партньор на PrimeSense) за разработката на нови и интересни приложения и игри с Xtion Pro (устройство подобно на Kinect). С подобен тип техники и тяхната подходяща комбинация са напълно обозрими проекти като: експлоатиране на телевизора като гигантски iPad без дистанционно; автомобилни контроли с проследяване на погледа; интерактивни дисплеи по летищата и моловете; виртуално изпробване на нови дрехи и прически; виртуално оборудване на апартаменти и боравене с 3D

модели на различни обекти; мулти-тач контрол над проектирани елементи върху произволна повърхност; многобройни подобрения при интеракция със системите от интелигентните домове.

## **5. Заключение**

Създавайки Kinect за Xbox 360 конзолата, Майкрософт едва ли са очаквали този нечуван интерес от страна не само на геймъри, но и на изследователи и любители в областта на човеко-машинни интерфейси, виртуална реалност, роботика. Голямото любопитство към Kinect типа устройства засвидетелства, че естественият контрол и взаимодействие са основна тенденция в развитието на човеко-машинната комуникация, докато по-големия брой комуникационни канали допринася до по-широка област на приложимост.

Можем да очакваме, че предоставянето на Microsoft Kinect SDK (41), обявено за пролетта на 2011г, ще усъвършенства качеството на вече съществуващите любителски интерфейси и ще ускори значително създаването на нови приложения, чиито граници са единствено човешкото въображение и възможности.

## **Благодарности**

Тази разработка е подкрепена финансово от Проект No: BG 051 PO 001-3.3.04/13, “Подкрепа на творческото развитие на докторанти, пост-докторанти и млади учени в областта на компютърните науки”, финансиран от ЕВРОПЕЙСКИ СОЦИАЛЕН ФОНД, Оперативна програма “Развитие на човешките ресурси” 2007-2013.

## **Литература**

1. Turk, M. RTV4HCI: A Historical Overview. In B. Kisacanin, V. Pavlovic, and T. Huang (eds.), Real-Time Vision for Human-Computer Interaction, Springer, 2005. Springer, 2005, pp 3-13
2. Chapanis, A. Man Machine Engineering, Wadsworth, Belmont, 1965.
3. Norman, D. Cognitive Engineering. In D. Norman and S. Draper (eds), User Centered Design: New Perspective on Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1986.
4. Picard, R. Affective Computing. MIT Press, Cambridge, 1997.
5. Maybury, M and W. Wahlster. Readings in Intelligent User Interfaces. Morgan Kaufmann Press, San Francisco, 1998.
6. Kirlik, A. Adaptive Perspectives on Human-Technology Interaction. Oxford University Press, Oxford, 2006.

7. Oviatt, S et al. Designing the user interface for multimodal speech and pen-based gesture applications: state-of-the-art systems and future research directions. *Human-Computer Interaction*, 15, 2000, pp 263-322.
8. Gavrilu, D. The visual analysis of human movement: a survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 73(1), 1999, pp 82-98.
9. Sibert, L and R.J.K. Jacob. Evaluation of eye gaze interaction. *Conference of Human-Factors in Computing Systems*, 2000, pp 281-288.
10. Weiser, M. Hot topic: Ubiquitous computing. *IEEE Computer*, October 1993, pp 71-72.
11. Jaimes, A and N. Sebe. Multimodal human computer interaction: a survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 108(1-2), 2007, pp 116-134.
12. Fasel, B and J. Luettin. Automatic facial expression analysis: a survey. *Pattern Recognition*, 36, 2003, pp 259-275.
13. Pantic, M and L.J.M. Rothkrantz. Automatic analysis of facial expressions: the state of the art. *IEEE Transactions on PAMI*, 22(12), 2000, pp 1424-1445.
14. Wu, Y and T. Huang. Vision-based gesture recognition: a review. In A. Braffort, R. Gherbi, S. Gibet, J. Richardson and D. Teil (eds), *Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction*, volume 1739 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1999.
15. Poppe, R. Vision-based human motion analysis: An overview. In *Computer Vision and Image Understanding* 108, 2007, pp 4-18.
16. Duchowski, A. A breadth-first survey of eye tracking applications. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 34(4), 2002, pp 455-470.
17. Anusuya, M and S.K. Katti. Speech Recognition by Machine: A Review. In *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 6, No. 3, 2009, pp. 181-205.
18. Ververidis, D and C. Kotropoulos. Emotional speech recognition: Resources, features, and methods. *Elsevier Speech Communication*, Vol. 48, No. 9, 2006, pp. 1162-1181.
19. Oviatt, S et al. Designing the user interface for multimodal speech and pen-based gesture applications: state-of-the-art systems and future research directions. *Human-Computer Interaction*, 15, 2000, pp 263-322.
20. Robles-De-La-Torre, G. The Importance of the sense of touch in virtual and real environments. *IEEE Multimedia* 13(3), Special issue on Haptic User Interfaces for Multimedia Systems, 2006, pp 24-30.
21. Göger, D et al. Sensitive skin for a humanoid robot. *Human-Centered Robotic Systems*, Munich, 2006.
22. Karray, F et al. Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art. *International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems*, Vol. 1, No.1, March 2008.

23. "Kinect Confirmed As Fastest-Selling Consumer Electronics Device." Guinnessworldrecords.com. [http://community.guinnessworldrecords.com/\\_Kinect-Confirmed-As-Fastest-Selling-Consumer-Electronics-Device/blog/3376939/7691.html](http://community.guinnessworldrecords.com/_Kinect-Confirmed-As-Fastest-Selling-Consumer-Electronics-Device/blog/3376939/7691.html). (29 Apr. 2011).
24. "PrimeSensor Reference Design." Primesense.com. <http://www.primesense.com/?p=514>. (29 Apr. 2011).
25. "Microsoft Kinect only supports two active players." Techradar.com. <http://www.techradar.com/news/gaming/microsoft-kinect-only-supports-two-active-players-699977>. (30 Apr. 2011).
26. "Inside The Kinect Hardware." Trueachievements.com. <http://www.trueachievements.com/n2124/inside-the-kinect-hardware.htm>. (30 Apr. 2011).
27. Shotton, J et al. Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images. In *CVPR (to appear)*, IEEE, June 2011
28. "Kinect Audio: Preparedness Pays Off." Research.microsoft.com. <http://research.microsoft.com/en-us/news/features/kinectaudio-041311.aspx>. (30 Apr. 2011).
29. "Kinect Games List." Kgames.org. <http://www.kgames.org/category/games/>. (03 May 2011).
30. "Using Kinect to watch movies, play tunes on the Xbox 360." News.yahoo.com. [http://news.yahoo.com/s/yblog\\_technews/20101104/tc\\_yblog\\_technews/using-kinect-to-watch-movies-play-tunes-on-the-xbox-360](http://news.yahoo.com/s/yblog_technews/20101104/tc_yblog_technews/using-kinect-to-watch-movies-play-tunes-on-the-xbox-360). (03 May 2011).
31. "Open Source Kinect Drivers." Kinectdemos.com. <http://kinectdemos.com/2010/12/open-source-kinect-drivers/>. (03 May 2011).
32. "NITE Middleware." Primesense.com. <http://www.primesense.com/?p=515>. (03 May 2011).
33. "The Ten Best Unintended Uses for Kinect." 1up.com. <http://www.1up.com/news/ten-best-unintended-uses-for-kinect>. (04 May 2011).
34. "Kinect – Third Party Development." Wikipedia.org. [http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect#Third\\_party\\_development](http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect#Third_party_development). (21 Apr. 2011).
35. "Connecting Kinects for Group Surveillance." Epfl.ch. <http://actu.epfl.ch/news/connecting-kinects-for-group-surveillance/>. (04 May 2011).
36. "Quadrotor Autonomous Flight and Obstacle Avoidance." Kinecthacks.net. <http://kinecthacks.net/quadrotor-autonomous-flight-and-obstacle-avoidance/>. (01 May 2011).
37. "Evoluce releases Kinect-based 'Win & I' gesture interface for Windows 7." Engadget.com. <http://www.engadget.com/2011/04/04/evoluce-releases-kinect-based-win-and-i-gesture-interface-for-wi/>. (04 May 2011).

38. "Kinect Gesture Recognition Empowers Surgical Robots." Smartertechnology.com. <http://www.smartertechnology.com/c/a/Smarter-Strategies/Kinect-Gesture-Recognition-Empowers-Surgical-Robots/>. (04 May 2011).
39. "Hospital Using Kinect Technology In the Operating Room To View and Manipulate Imaging-Saves Having to Rescrub!" Ducknetweb.blogspot.com. <http://ducknetweb.blogspot.com/2011/03/hospital-using-kinect-technology-in.html>. (04 May 2011).
40. "Kinect Helps Visually Impaired 'See'." Blogs.discovery.com. [http://blogs.discovery.com/news\\_tech\\_nfpc/2011/03/kinect-helps-visually-impaired-see-110322.html](http://blogs.discovery.com/news_tech_nfpc/2011/03/kinect-helps-visually-impaired-see-110322.html). (04 May 2011).
41. "Kinect SDK sign up available, public beta coming this spring." Techspot.com. <http://www.techspot.com/news/43287-kinect-sdk-sign-up-available-public-beta-coming-this-spring.html>. (04 May 2011).
42. "American sign Language Recognition Using Kinect." Kinecthacks.net. <http://kinecthacks.net/american-sign-language-recognition-using-kinect/>. (01 May 2011).