

**IMPLEMENTASI SISTEM *MOTION CAPTURE* DENGAN METODE
MARKERLESS SEBAGAI ALAT BANTU PEMBUATAN ANIMASI 3D**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Program Studi Ilmu Komputer



oleh

Fadhil Farras Haidar Nuhung

NIM 1501496

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2019

**IMPLEMENTASI SISTEM *MOTION CAPTURE* DENGAN METODE
MARKERLESS SEBAGAI ALAT BANTU PEMBUATAN ANIMASI 3D**

oleh

Fadhil Farras Haidar Nuhung

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Ilmu Komputer pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

©Fadhil Farras Haidar Nuhung 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

Juni 2019

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

Fadhil Farras Haidar Nuhung

1501496

**IMPLEMENTASI SISTEM *MOTION CAPTURE* DENGAN METODE
MARKERLESS SEBAGAI ALAT BANTU PEMBUATAN ANIMASI 3D**

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I

Drs. H. Eka Fitrajaya Rahman, M.T

NIP. 196402141990031003

Pembimbing II

Yaya Wihardi, S.Kom, M.Kom

NIP. 198903252015041001

Mengetahui,
Ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer

Prof. Dr. H. Munir, M.IT.

NIP. 196603252001121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Sistem *Motion Capture* Dengan Metode *Markerless* Sebagai Alat Bantu Pembuatan Animasi 3D” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juni 2019

Yang Membuat Pernyataan,

Fadhil Farras Haidar Nuhung

NIM 1501496

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya dengan kehendak, rahmat, serta karunia-Nya lah penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi Sistem *Motion Capture* Dengan Metode *Markerless* Sebagai Alat Bantu Pembuatan Animasi 3D” ini akhirnya dapat terselesaikan.

Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana komputer atas jenjang studi S1 pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan yang perlu disempurnakan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik maupun saran yang membangun agar tidak terjadi kesalahan yang sama dikemudian hari dan dapat meningkatkan kualitas penelitian dan penulisan ke arah yang lebih baik.

Bandung, Juni 2019

Penulis,

Fadhil Farras Haidar Nuhung

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahilalamin, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan penelitian ini. Penulis sepenuhnya sadar bahwa tidak dapat menyelesaikan penelitian ini tanpa dukungan dan bantuan dari pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Maka dari itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua, Ummi dan Almarhum Abah yang selalu memberi dukungan dan motivasi sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kakak dan Adik yang selalu bisa diajak bercanda dikala penulis lelah.
3. Bapak Drs. H. Eka Fitrajaya Rahman, M.T dan bapak Yaya Wihardi, S.Kom, M.Kom selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan hingga penelitian ini selesai.
4. Bapak Yaya Wihardi, S.Kom, M.Kom selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberi dukungan dan arahan semasa perkuliahan.
5. Seluruh dosen yang telah mengajarkan ilmu yang bermanfaat pada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak Lius Risnuwanto, M.Pd serta pengurus KONI Kota Bandung yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan kuliah.
7. Rekan-rekan di Laboratorium Kecerdasan Buatan yang sama-sama berjuang untuk menyelesaikan penelitian.
8. Karina Permata Karel dan Ragil Nurhawanti yang bersedia menjadi model perekaman *Motion Capture*.
9. Teman-teman kelas A & C 2015 selaku rekan seperjuangan yang juga sedang berjuang menyelesaikan penelitian.
10. Teman-teman kelas C 2016 dan semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan penelitian ini.

Sulit rasanya bagi penulis menggambarkan rasa terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan. Semoga semua yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini diberikan kesehatan oleh Allah SWT. *Amiin, Ya Rabbal Alamin.*

ABSTRAK

Sebagian besar pembuatan animasi 3D termasuk di Indonesia masih mengandalkan manipulasi tokoh animasi secara manual menggunakan perangkat lunak pembuat 3D dalam mengatur gerakannya. Seiring dengan berkembangnya teknologi, banyak studio yang beralih ke metode *Motion Capture* (mocap), metode untuk merekam gerakan langsung dari aktor dan mengkonversikannya menjadi data matematika (Menache, 2000). Mocap adalah sebuah proses dimana gerakan tubuh analog direkam dan ditransformasikan menjadi data digital. Mocap sendiri terbagi kedalam *Marker-based* mocap dan *markerless* mocap. Sistem *Marker-based* Mocap adalah yang paling banyak digunakan pada produksi film. Namun, sistem mocap ini juga memiliki kekurangan. Dibalik keunggulannya ada hal lain yang tidak patut diabaikan. Yaitu harganya yang mahal, sensitif terhadap lingkungan seperti faktor cahaya, refleksi, dan besarnya data post-processing (Xiao-yu et al, 2013). Ditambah, instalasi dan pengaturan posisi yang rumit (Tong et al, 2012). Karena itu banyak peneliti mengembangkan sistem *Markerless* mocap yang dinilai lebih sederhana dan murah, karena tanpa penanda dan hanya membutuhkan kamera dengan *depth sensor* (sensor kedalaman). Pada penelitian ini, data gerakan direkam menggunakan Microsoft Kinect sebagai sensor kedalaman, *library* OpenNI untuk *tracking* aktor dan *human joint*, dan NITE sebagai *middleware* yang menghubungkan antara OpenNI dan Kinect hingga mendapatkan data posisi *joint* dalam ekstensi OpenNI (.ONI). Setelah data posisi *joint* didapatkan, dilakukan konversi kumpulan data posisi *joint* menjadi *motion* yang dapat digunakan pada aplikasi pembuat 3D. Untuk menghubungkan aplikasi konversi data dengan aplikasi pembuat 3D, digunakan teknologi *socket*. Data yang berupa file *motion* dikirimkan melalui *socket* ke aplikasi pembuat animasi 3D dan secara otomatis gerakan hasil konversi dibuat dalam bentuk *skeleton* (*rig*) dan berisi gerakan animasi. Dimana gerakan animasi tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembuatan animasi.

Kata kunci: animasi, 3D, motion capture, depth sensor, joint, skeleton, OpenNI, NITE, Kinect, markerless

ABSTRACT

Most of the 3D animation production in Indonesia still rely on manual character manipulation to set the motion using 3D animation software. Along with the development of technology, many studios try to go with the Motion Capture (Mocap) method to record live motion from actor and convert it become mathematics data (Menache, 2000). Mocap is a process where analog motion body recorded and transformed into the digital world. Mocap divided into marker based mocap and markerless mocap. Marker-based system is the most used at film production. However, this system also has disadvantages. Behind its superiority, there is other things which can't be ignored. That is expensive cost, sensitive to the environment like lightning, reflection and the large amount of post-processing data (Xiao-yu et al, 2013). Also the complex installation and position setup (Tong et al, 2012). Therefore, many researcher had developed markerless mocap system which more simple and cheap, because it doesn't need markers and just needs depth sensor camera. In this research, motion data recorded using microsoft kinect as the depth sensor, OpenNI library for tracking human joint, and NITE as middleware which connecting between OpenNI and Kinect until gets joint data in OpenNI format extension (.ONI). Then, the conversion of sequence data joints into a motion that can be used in the 3D animation software. The connection between conversion apps and 3D animation software is using socket. Data in the form of motion files sent through socket and automatically the motion is transformed in the skeleton form, and can be used as animation production.

Keyword: *animation, 3D, motion capture, depth sensor, joint, skeleton, OpenNI, NITE, Kinect, markerless*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Animasi	7
2.1.1 Definisi Animasi	7
2.1.2 Jenis-jenis Animasi	8
2.2 Motion Capture	16
2.2.1 Definisi <i>Motion Capture</i>	16
2.2.2 Metode <i>Motion Capture</i>	18
2.2.3 Penerapan <i>Motion Capture</i>	21
2.2.4 OpenNI & NITE	23
2.3 Microsoft Kinect	25
2.4 Blender	29
2.5 Transformasi 3D.....	31
2.6 Pemrograman Socket	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Desain Penelitian.....	37
3.2 Metodologi Penelitian	40
3.2.1 Metode Pengumpulan Data.....	40
3.2.2 Metode Pengembangan perangkat lunak	41
3.3 Alat dan Bahan	42
3.3.1 Alat Penelitian.....	42
3.3.2 Bahan Penelitian	43
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pengumpulan Data	44
4.1.1 Pengumpulan <i>Data Image Depth</i>	44
4.1.2 Pengumpulan <i>Object 3D</i>	46
4.2 Perancangan Sistem <i>Motion Capture</i>	50
4.3 Implementasi Sistem <i>Motion Capture</i>	55
4.4 Eksperimen.....	72
4.5 Proses Produksi Animasi.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1 Kesimpulan.....	100
5.2 Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA	101

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul	Halaman
2.1	Tipe-tipe penanda Mocap	14
4.1	Fungsi utama CodeBlocks	51
4.2	Modul OpenFrameworks	52
4.3	Library OpenFrameworks yang digunakan	53
4.4	Nama dan level kedalaman hirarki joint	64
4.5	Hasil perekaman gerakan sederhana	71
4.6	Hasil Pengujian Koreksi pitch angle pada sensor normal	79
4.7	Hasil Pengujian Koreksi pitch angle pada sensor keatas	82
4.8	Hasil Pengujian Koreksi pitch angle sensor kebawah	83
4.9	Hasil Pengujian perekaman file .ONI tanpa skeleton	84
4.10	Hasil Pengujian perekaman file .ONI berulang	86

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul	Halaman
2.1	Walk Cycle Animasi 2D	7
2.2	Preview Animasi The Incredible	8
2.3	Kartun Adventure Time	9
2.4	Anime Naruto Shippuden.	9
2.5	Proses pembuatan Animasi Cel	10
2.6	Implementasi Animasi Tween pada gerakan shuttlecock animasi bulutangkis di Adobe Flash CS6	11
2.7	Implementasi Animasi Frame-by-frame pada gerakan drive animasi bulutangkis di Paint Tool SAI.	12
2.8	Implementasi Animasi Sprite karakter berlari	13
2.9	Contoh Animasi 3D - Blender Art Gallery 2.79b	14
2.10	Karakter 3D + Rig Armature	15
2.11	Sistem mocap penanda Aktif	20
2.12	Sistem mocap penanda Pasif	20
2.13	Sistem mocap markerless – Lord of the Ring Trilogy	21
2.14	Perangkat keras Kinect	25
2.15	Bagian dalam Kinect	26
2.16	Tampilan aplikasi Blender	29
2.17	About IDLE Python	29
2.18	Perbedaan OpenGL render dan Cycles Renderer blender	30
2.19	Translasi objek kubus di Blender	32
2.20	Rotasi objek kubus di Blender	33
2.21	Euler normal (kiri), Euler Gimbal Lock (kanan)	34
2.22	Alur komunikasi data Socket	34
2.23	Alur komunikasi data Socket Client-Server	36
3.1	Desain Penelitian	37
3.2	Diagram Pengembangan Sistem Waterfall	41

4.1	Aplikasi packet OpenNI, NITE dan SensorKinect	44
4.2	Proses perekaman Sequence Depth Image (RGL)	45
4.3	Proses perekaman Sequence Depth Image (FDL)	45
4.4	Proses perekaman Sequence Depth Image (KRN)	45
4.5	Kumpulan file .ONI hasil rekaman	46
4.6	Model Laki-laki Texture View	47
4.7	Model Anak kecil Solid View	47
4.8	Model Alien Wireframe View	47
4.9	Model Robot Full Rendered View	47
4.10	Model Wanita Texture View	47
4.11	Model Armature Sistem Motion Capture	48
4.12	Tampilan Latar Keseluruhan	49
4.13	Tampilan Latar setelah di render	49
4.14	Rancangan Sistem Mocap	50
4.15	Alur aplikasi CodeBlocks	52
4.16	Mockup Aplikasi Motion Capture Kinemator	54
4.17	Alur pengiriman data Motion via Socket	55
4.18	Desain antarmuka perangkat lunak	57
4.19	Desain tombol antarmuka perangkat lunak	58
4.20	Pemilihan file .ONI pada eksplorer	58
4.21	Kondisi RGB View	58
4.22	Kondisi Depth View	59
4.23	Proses perekaman .ONI menjadi data Motion Capture	59
4.24	Hirarki Skeleton BVH	63
4.25	Informasi data motion BVH	64
4.26	Membuka socket sebagai server	65
4.27	Aktifkan Addons Kinemator	66
4.28	Lokasi Addons Kinemator	66

4.29	Client Request data BVH	66
4.30	Server membalas request BVH	66
4.31	Client Request data Motion	67
4.32	Server membalas request Motion	67
4.33	Object armature hasil motion capture	69
4.34	Proses transfer Motion (1)	69
4.35	Proses transfer Motion (2)	70
4.36	Proses transfer Motion (3)	70
4.37	Proses transfer motion berhasil	71
4.38	Notifikasi user terlacak	72
4.39	Notifikasi skeleton dan skeleton pada view depth	73
4.40	Model (1)	74
4.41	Model (1) dengan motion	74
4.42	Model (2)	74
4.43	Model (2) dengan motion	74
4.44	Model (3)	75
4.45	Model (3) dengan motion	75
4.46	Model (4)	75
4.47	Model (4) dengan motion	75
4.48	Model (5)	76
4.49	Model (5) dengan motion	76
4.50	Proses perekaman tanpa cahaya	77
4.51	Proses perekaman tanpa filter posisi (1)	78
4.52	Proses perekaman tanpa filter posisi (2)	78
4.53	Arah kamera	81
4.54	Rekaman sensor menghadap ke atas	81
4.55	Hasil rekaman sensor menghadap ke atas	82
4.56	Hasil rekaman sensor menghadap ke bawah	83
4.57	Kondisi sempurna user pada view depth	85

4.58	Hasil perekaman berulang file atas_1	87
4.59	Kondisi Lost Tracking Joint	88
4.60	Perbedaan pembuatan animasi biasa dengan Motion Capture	90
4.61	Proses perekaman di ONIRecorder	90
4.62	File hasil perekaman	91
4.63	Konversi ke format file animasi dengan Kinemator	91
4.64	File format BVH dan motion	91
4.65	Koneksi socket Kinemator	92
4.66	Koneksi socket Blender	92
4.67	Request Koneksi socket dari Blender	93
4.68	Tombol Addons Add Mocap	93
4.69	Skeleton Hasil Motion Capture	94
4.70	Model 3D dan Skeleton T-Pose	94
4.71	Retarget Skeleton BVH ke Skeleton Model	95
4.72	Model 3D dan Skeleton hasil retarget	95
4.73	Scene Utama Animasi	96
4.74	Tampilan Perspektif Kamera	96
4.75	Perbandingan proses perekaman dan animasi	97
4.76	Tampilan Timeline Animasi	97
4.77	UV Map Texture Model Karakter Animasi	98
4.78	Tampilan Compositing Node Editor	98
4.79	Kumpulan Pose Animasi	99

DAFTAR PUSTAKA

- Allison, T. (2011). *More than a Man in a Monkey Suit: Andy Serkis*. Motion Capture, and Digital.
- Andreadis, A., Hemery, A., Antonakakis, A., Gourdoglou, G., Maur, P., Christopoulos, D., & Karigiannis, J. N. (2010). *Real-Time Motion Capture Technology on a Live Theatrical Performance with Computer Generated Scenery*. In 2010 14th Panhellenic Conference on Informatics. IEEE.
- Bleiweiss, A., Eshar, D., Kutliroff, G., Lerner, A., Oshrat, Y., & Yanai, Y. (2010). *Enhanced interactive gaming by blending full-body tracking and gesture animation*. In ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Sketches (p. 34). ACM.
- Blender (n.d). *Open Source 3D Graphics modelling, animation, creation software*. <http://www.blender.org>.
- Blender Documentation (n.d). *Blender online wikipedia documentation*. <http://mediawiki.blender.org>.
- Brekelmans, J. (2010). *Brekel Tools for Kinect markerless motion capture*.
- Bureau of Labor Statistics (2014). *Occupational outlook handbook*. U.S. Department of Labor. <http://www.bls.gov/ooh/arts-and-design/multimediaartists-and-animators.htm>.
- Calvert, T. W., J. Chapman, A. Patla. (1982). *Aspects of the kinematic simulation of human movement*. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 2, No. 9, pp. 41-50.
- Christopoulos, D., & Gaitatzes, A. (2009). *Multimodal Interfaces for Educational Virtual Environments*. In 2009 13th Panhellenic Conference on Informatics (pp. 197–201). IEEE.

- Djalle, Z. G. (2018). *The Secret of 3D Animation Movie using iClone*. Elex Media Komputindo.
- Dutta, T. (2011). *Evaluation of the Kinect™ sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace*. *Applied ergonomics*, 43(4), 645-649.
- Earl, H. (1914). U.S. Patent Application No. 1/143,542.
- Fahim, G. (2012). *A Motion Capture System Based on Natural Interaction Devices*.
- Feng, Y., Ji, M., Xiao, J., Yang, X., Zhang, J. J., Zhuang, Y., & Li, X. (2015). *Mining spatial-temporal patterns and structural sparsity for human motion data denoising*. *IEEE transactions on cybernetics*, 45(12), 2693-2706.
- Freedman, Y. (2012). *Is it real... or is it motion capture? The battle to redefine animation in the age of digital performance*. *The Velvet Light Trap*, (69), 38-49.
- Ginsberg, Carol M., Delle Maxwell. (1983). *Graphical marionette*. Proc. ACM SIGGRAPH/SIGART Workshop on Motion, ACM Press, New York, April 1983, pp. 172-179
- Gleicher, M., Nicola F. (2002), *Evaluating Video-Based Motion Capture*. Proceedings of the Computer Animation 2002.
- Hamilton, W. R. (1848). *XI. On quaternions; or on a new system of imaginaries in algebra*. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 33(219), 58-60.
- Hsu, H. M. J. (2011). *The potential of Kinect in education*. *International Journal of Information and Education Technology*, 1(5), 365.
- IPiSoft (2011). *User guide for single kinect sensor configuration*. [http://www.ipisoft.com/en/wiki/index.php?title=User Guide for Single Kinect Sensor Configuration](http://www.ipisoft.com/en/wiki/index.php?title=User_Guide_for_Single_Kinect_Sensor_Configuration)

- John, V., Ivekovic, S., & Trucco, E. (2009). *Articulated Human Motion Tracking with HPSO*. In VISAPP (1) (pp. 531-538).
- Kar, A. (2010). *Skeletal tracking using microsoft kinect*. Methodology, 1(1), 11.
- Kinect for Windows Team (2012). *Starting February 1, 2012: Use the Power of Kinect for Windows to Change the World*. MSDN Microsoft. <https://blogs.msdn.microsoft.com/kinectforwindows/2012/01/09/starting-february-1-2012-use-the-power-of-kinect-for-windows-to-change-the-world/>
- Kuang, H., Cai, S., Ma, X., & Liu, X. (2018). *An Effective Skeleton Extraction Method Based on Kinect Depth Image*. In 2018 10th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA) (pp. 187–190). IEEE
- Kühn, T. (2011). *The Kinect sensor platform*. Proc. Advances in Media Technology, 1-4.
- Lacko, D., Schrooyen, F., & Beyers, R. (2011). *Motion Capture and Guidance Using Open Source Hardware*. Doctoral dissertation, Master Thesis, Artesis University College of Antwerp, Antwerp, Belgium.
- Lasseter, J. (1987). *Principles of traditional animation applied to 3D computer animation*. In ACM Siggraph Computer Graphics (Vol. 21, No. 4, pp. 35-44).
- Leap Motion, Inc. (2010). *“Leap motion”*.
- Marcan (2010). *Openkinect*. http://openkinect.org/wiki/Main_Page
- Mazaný, O., & Svoboda, T. (2006). *Design of realistic articulated human model and its animation*. Research Report K333–21/06, CTU–CMP–2006–02, Department of Cybernetics, Faculty of Electrical Engineering Czech Technical University, Prague, Czech Republic.
- Mazaný, O. (2007). *Articulated 3D human model and its animation for testing and learning algorithms of multi-camera systems*. Prague: sn.

- Menache, A. (2000). *Understanding motion capture for computer animation and video games*. Morgan kaufmann.
- Meredith, M., S. Maddock. (2001). *Motion Capture File Formats Explained*. Department of Computer Science, University of Sheffield.
- Moeslund, Thomas. (1999). *Summaries of 107 computer vision-based human motion capture papers*. Technical Report LIA 99-01, Lab. for Image Analysis, University of Aalborg.
- Munir (2012). *Multimedia Konsep dan Aplikasi dalam Pendidikan*. Alfabeta.
- Neo, M., & Neo, T. K. (2001). *Innovative Teaching: Integrating Multimedia into The Classroom In A Problem-Based Learning (Pbl) Environment*. Multimedia University, Malaysia.
- Nogueira, P. (2011). *Motion capture fundamentals*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Oikonomidis, I., Kyriazis, N., & Argyros, A. A. (2011, August). Efficient model-based 3d tracking of hand articulations using kinect. In *BmVC* (Vol. 1, No. 2, p. 3).
- OpenNI. (2010). *About the OpenNI organization*.
<http://www.openni.org/About.aspx>
- OpenNI. (n.d.). *Programmer Guide*.
<http://openni.org/Documentation/ProgrammerGuide.html>
- Orland, K. (2011). *News-Microsoft Announces Windows Kinect SDK For Spring*. Gamasutra.
http://www.gamasutra.com/view/news/33136/Microsoft_Announces_Windows_Kinect_SDK_For_Spring_Release.php.
- Pham, A. (2009). E3: Microsoft shows off gesture control technology for Xbox 360. Los Angeles Times.
<http://latimesblogs.latimes.com/technology/2009/06/microsofte3.html>

- Python (n.d). *Interpreted, objective-oriented programming language*.
<http://www.python.org>.
- Schönauer, C., & Kaufmann, H. (2013). *Wide Area Motion Tracking Using Consumer Hardware*. *International Journal of Virtual Reality*, 12(1).
- Shotton, J., Fitzgibbon, A., Cook, M., Sharp, T., Finocchio, M., Moore, R., ... & Blake, A. (2012). *Real-time human pose recognition in parts from single depth images*. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on* (pp. 1297-1304)
- Siddiqui, M., & Medioni, G. (2010). *Human pose estimation from a single view point, real-time range sensor*. In *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Workshops* (pp. 1–8). IEEE.
- Stevens, T. (2011). *Kinect for Windows SDK beta launches, wants PC users to get a move on*. Engadget.
<https://www.engadget.com/2011/06/16/microsoft-launches-kinect-for-windows-sdk-beta-wants-pc-users-t/>
- Stimson, E. (2015). *Anime Insiders Share How Much Producing a Season Costs*. Anime News Network.
<https://www.animenewsnetwork.com/interest/2015-08-13/anime-insiders-share-how-much-producing-a-season-costs/.91536>
- Suheri, A. (2006). *Animasi Multimedia Pembelajaran*. *Jurnal Media Teknologi*, 2(1), 27-33.
- Sung, J., Ponce, C., Selman, B., & Saxena, A. (2011). *Human Activity Detection from RGBD Images. plan, activity, and intent recognition*, 64.
- Tanco, L. M., & Hilton, A. (2000). *Realistic synthesis of novel human movements from a database of motion capture examples*. In *Human Motion, 2000. Proceedings. Workshop on* (pp. 137-142).

- Tao, G., Sun, S., Huang, S., Huang, Z., & Wu, J. (2011). *Human modeling and real-time motion reconstruction for micro-sensor motion capture*. In 2011 IEEE International Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems Proceedings (pp. 1–5). IEEE.
- Tianmao, Xu, Wu Qingfeng, Dong Huailin, Lin Ling.(2011). *Research on Human Motion Data Based on BVH*. International Conference Computer Science and Information Technology (ICCSIT) .
- Toll, William E. (1995). *Socket Programming In The Data Communications Laboratory*. SIGCSE '95 W95 Nashville, TN USA ACM O-89791-893-x/95/0008
- Tong, Xiaolong, Pin xu, Xing Yan. (2012). *Research on Skeleton Animation Motion Data Based on Kinect*. 5th International Symposium on Computational Intelligence and Design.
- Tsekleves, E., Skordoulis, D., Paraskevopoulos, I., & Kilbride, C. (2011). *Wii your health: a low-cost wireless system for home rehabilitation after stroke using Wii remotes with its expansions and blender*. Proceedings of Biomedical Engineering, 2011-723.
- Vera, L., Gimeno, J., Coma, I., & Fernández, M. (2011). *Augmented mirror: interactive augmented reality system based on kinect*. In IFIP Conference on Human-Computer Interaction (pp. 483-486). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Villaroman, N., Rowe, D., & Swan, B. (2011). *Teaching natural user interaction using OpenNI and the Microsoft Kinect sensor*. In Proceedings of the 2011 conference on Information technology education (pp. 227-232). ACM.
- Whittaker, E. T. (1988). *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*. Cambridge University Press.

Wu, Licheng, Yu Yang, Xiaer Li. (2015). *Data Transform for Dance Motion Capture based on Kinect*. 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics.

Viswanathan, Balaji. (2013). *Why Do Animated Films Cost So Much to Make?*.
<http://slate.com/human-interest/2013/06/pixar-and-monsters-university-why-do-animated-movies-cost-so-much.html>

Xiao-yu, Wu, Zhang Yi-chun, Shen Ying-hua.(2013). *National dance 3D digitizing protection method based on motion capture technology*. Computer and modernization[J]. 1: 112-114.

Zhang, Z. (2012). *Microsoft kinect sensor and its effect*. IEEE Multimedia, 19(2), 4-10.