

Fecha de publicación 20/11/2022

Digital Object Identifier

Emulación del Brazo Humano por medio de la Telerobotica

SALCEDO. D¹, (deduardo.salcedo@udea.edu.co), LOPEZ. J², (julian.lopez4@udea.edu.co)¹Facultad de ingeniería, departamento de electronica, programa de pregrado, curso de robotica (e-mail: afernando.perez@udea.edu.co)²Universidad De Antioquia³Departamento de ingeniería electronica y telecomunicaciones⁴Medellin, Antioquia, 2022

El presente proyecto fue realizado sin financiamiento ni animos de lucro y su desarrollo y usos son meramente academicos

ABSTRACT El control de un mando robotico a distancia, es un desarrollo que poco a poco se ha ido fortaleciendo con las investigaciones llevadas a cabo hasta la actualidad. No es común escuchar que un brazo robotico esta siendo controlado a distancia y que el elemento de direccionamiento principal es un brazo humano. El propósito eventual del siguiente articulo científico, presenta el desarrollo de unos pasos consecutivos que tienen como finalidad, exponer una problemática planteada a la cual se le da una resolución por medio de un conjunto de procedimientos y estrategias, dar a conocer la teoría y ecuaciones necesarias que dieron forma y funcionalidad al sistema descrito, presentar la metodología implementada para cumplir con tal propósito y dar a conocer los resultados obtenidos en dicha investigación y elaboración del prototipo, además de incluir las instrucciones de uso, limitaciones y dificultades presentadas y análisis de los resultados obtenidos.

INDEX TERMS Dobot Magician, mediapipe, servidor, cliente, fotograma, angulos, movimiento.

I. INTRODUCCION

Hoy en día, el impacto del desarrollo tecnológico y de todos los avances que han sido logrados en el área de la robotica, han proliferado un árbol de ideas que cada vez se extiende mas en todo su ámbito de interacción, y parece que su crecimiento exponencial no fuera a parar tan pronto, hecho que parece estar muy afianzado en los últimos tiempos en la innovación humana, claro ejemplo de lo anteriormente mencionado, se puede reflejar puntualmente en los prototipos de robot asistido, dispositivos automáticos que responden directamente a las solicitudes u ordenes de un usuario, y logran realizar efectivamente la acción deseada por la persona que interactúa con él, en la mayoría de los casos el tipo de personas que adquieren estos elementos andróides, son personas que padecen alguna discapacidad motora o funcional de su estructura corporal, por tal razón, se convierten en elementos de necesidad prioritaria para este grupo de individuos y en la contribución asistida que estos requieren (Jardon Jimenez 2008). También podemos tener una evidencia directa de la contribución positiva, que han logrado establecer estos elementos en la sociedad actual, y es en el amplio desarrollo en los robots quirúrgicos especialmente en los procedimientos de cirugía asistida, donde por condiciones de tiempo, desplazamiento de profesionales

en la salud, operabilidad y maniobra en situaciones donde para el profesional se le hace bastante impeditivo poder efectuar dicha labor y en otro tipo de circunstancias que ameritan en primer lugar la utilización de estos recursos. El sistema Da Vinci, se considera el equipo robot quirúrgico más sofisticado y completo que existe en este campo, dentro de las capacidades más relevantes que este posee, podemos encontrar las siguientes características que más lo destacan, ofrece una visión espectacularmente clara de la anatomía del paciente, opera con milimétrica precisión y evita los temblores propios e inevitables de la mano humana, además, permite acceder más fácilmente a las zonas más delicadas causando un menor daño en los tejidos (Canal Salud 2021). Otro dispositivo semejante y que comparte ciertas cualidades de funcionalidad a los ya descritos, son los robots que se encargan de recolectar información vital de los pacientes, Por ello, cada vez más hospitales en el mundo están haciendo uso de diferentes máquinas que son capaces de medir los signos vitales de cada paciente, y no varias veces al día, sino de forma continuada durante las 24 horas, lo que permite obtener una visión más global e instantánea. Además, los datos se automatizan en el registro de forma inmediata y, en caso de detectar alguna anomalía en el paciente, se mandan notificaciones en tiempo real (2022 Porras).

Estos numerosos avances, han plasmado registros significativos en el desarrollo de la robotica, y es por esta misma razón, que gran cantidad de investigadores y personas especializadas en el asunto están involucradas cada vez mas, en el desarrollo de este tipo de dispositivos que contribuyen fundamentalmente a la supervivencia de los humanos y a mejorar considerablemente la calidad de vida de las personas. Del mismo orden, el caso que nos compete en el siguiente reporte de producto, en efecto es una muestra elocuente del tema tratado al inicio de esta breve introducción, donde en base a conocimientos formales adquiridos en el curso de Robotica Industrial del departamento de Ingenieria Electronica de la Universidad de Antioquia y en apoyo a otro conjunto de conocimientos previos en el área de redes de computadores, se logro conjeturar y determinar una idea de carácter contributivo hacia el bienestar y la calidad de vida de personas con alguna discapacidad en sus extremidades superiores (Antebrazo, brazo o muñeca), que por algún u otra manera padecen de la incapacidad de poder llevar acabo acciones o movimientos puntuales con estas partes especificas de su cuerpo. En tal requerimiento de necesidad, se realizo el diseño de un sistema denominado “Telerobot”, que consiste fundamentalmente en el control remoto de un brazo robotico (Magician), manipulado y emulado a distancia por un brazo humano.

Para ello se realizo en primer lugar, una investigacion previa de las diferentes tecnicas de procesamiento digital de imagenes que nos permitieron identificar por medio de fotogramas la posición actual de cada una de las articulaciones y el angulo referencial en el espacio de los eslabones involucrados en el movimiento, esencialmente los valores angulares de interés fueron respectivamente los relacionados a las articulaciones del antebrazo, codo y muñeca. Mas delante en este mismo reporte se proporcionaran mas detalles acerca de la obtención y lectura de estos angulos, y los procedimientos consecuentes efectuados con estos valores capturados, hasta su objetivo final de conseguir el mando directo sobre las posiciones articulares del brazo robotico. Como se enuncio eventualmente en la estructura original del anteproyecto, se logro con el objetivo adicional de darle una connotación de mayor valor a esta idea que ya se tenia planteada, se diseño una estructura de comunicación que implementara una arquitectura de red cliente – servidor, modelo de comunicación que vincula varios dispositivos informáticos a traves de una red, el cliente en este marco, realiza peticiones de servicios multiproposito al servidor, el cual en su medida brinda una respuesta casi inmediata al requerimiento de necesidad y se encarga de satisfacer el propósito de la petición hecha en la solicitud. Particularmente, en nuestro caso, las necesidades de servicio que se satisficieron, fueron puntualmente las de video y envio de parámetros referenciales de posición; en lo que concierne al video, describe la transmisión continua de los fotogramas, capturados por el cliente desde un ordenador independiente, y enviados posteriormente a través de la red al servidor para ser procesados, extrayendo asi los angulos de

desplazamiento de cada articulación, para que en un proceso consecuente sean enviados por medio de la configuracion del Dobot, o mejor dicho a través de la API, que es el elemento de software que permite la comunicación con el prototipo robotico. Para establecer el control de mando remoto, es de notarse y necesario incluir un ordenador adicional que permita una comunicación asertiva con el Dobot Magician, cumpliendo el papel de ser el receptor de las ordenes e instrucciones enviadas por el servidor a través de la red construida, para finalmente ser emitidas al brazo robotico.

I-A. SECCION DE ABREVIACIONES Y ACRONIMOS

mp: Comando referencia a mediapipe

np: Comando de referencia a numpy

dType: Comando de referencia a DobotDllType

mt: Comando de referencia a math

II. INSTRUCCIONES DE USO

1. El ordenador 1, se conecta a una red de internet a una distancia definida por el usuario según el requerimiento de la acción con el brazo.
2. Establece comunicación de operabilidad con el servidor por medio de la terminal
3. Se introduce el host del ordenador 1 a conectar con el servidor en el código server.py
4. Se corre el script server.py dentro del entorno del servidor.
5. Luego el ordenador 2 se conecta a una red de internet a una distancia cercana a la acción definida por el brazo.
6. Se introduce el host del ordenador 2 a conectar con el servidor en el código cliente.py
7. Se corre el script cliente.py en el ordenador 2, procedimiento identificado por el servidor, el cual acepta la solicitud hecha por el cliente y lo enlaza a su red.
8. Posteriormente en el ordenador 1, el cual va tener lectura directa de los fotogramas, se ejecuta el main.py, código de apertura al sistema de inicialización del Dobot, configuracion de actuadores y parámetros.
9. En el menú de selección se elige por el uso del Dobot normal o del Dobot Magician.
10. Luego se elige el modo de operación a efectuar en el Dobot seleccionado, entre el modo captura y el modo continuo.
11. Si se elige por el modo captura, se da apertura a la cámara del ordenador 1, se pone el brazo en posición de captura, luego con la tecla p, se captura la posición actual y automáticamente el programa realiza el proceso de obtención de los angulos para su posterior envio al ordenador 2 a través de la red del servidor, y su consecuente ejecución en el actuador o brazo robotico.
12. Si se elige por el modo continuo, se da apertura a

la cámara del ordenador 1, se dispone el brazo en posición de captura, para que el envío de las posiciones angulares sea continuo y permanente, teniendo en consideración que el tiempo de ejecución de las ordenes no van a ser inmediatas, por la velocidad de transferencia de los fotogramas y velocidad de procesamiento de los ordenadores involucrados, luego como en el modo de operación anterior, el programa realiza el proceso de obtención de los ángulos para su posterior envío al ordenador 2, a través de la red del servidor, y su consecuente ejecución en el actuador o brazo robótico.

III. LIMITACIONES Y PROBLEMAS

- El simple hecho de que la telerobotica produce latencia, empieza a generar retrasos acumulativos en los diferentes procesos del sistema, problemática difícil de evitar con los sistemas de computo empleados para tal propósito.
- El movimiento de la articulación de la base es poco fluido e intermitente, pareciera que tuviera que hacer un sobre esfuerzo para poder ejecutar el desplazamiento, no se pudo establecer un tamaño de paso estable para el mando de esta articulación.
- Una de las limitaciones de emulación del brazo robótico es que el control sobre el mismo, es de uso exclusivo de un solo usuario al tiempo.
- Se debe lograr mantener condiciones optimas para que el ambiente de captura sea libre de ruido y de otros agentes externos que distorsionen la señal y la vuelvan mas sensible a los cambios.

IV. MARCO TEORICO

IV-A. DOBOT MAGICIAN

Es un brazo robótico de escritorio multifuncional para la educación de formación práctica. Instalado con diferentes herramientas finales, DOBOT Magician puede realizar funciones interesantes como impresión 3D, grabado láser, escritura y dibujo. Admite el desarrollo secundario mediante 13 interfaces extensibles y más de 20 lenguajes de programación, lo que realmente hace que su creatividad e imaginación aumenten sin ninguna limitación. Como buen rendimiento tanto en el diseño de hardware como en la aplicación de software, DOBOT Magician ha ganado los premios CES 2018 Innovation y también iF DESIGN AWARD 2018.

IV-A1. CARACTERISTICAS

EFICIENCIA Dobot es un brazo robótico de entrenamiento de grado industrial de alta tecnología, gran nivel de precisión, repetibilidad y rendimiento. Cuenta con un tamaño adecuado para una fácil operación, lo que permite un trabajo personalizado.

VERSATILIDAD La interfaz inteligente estandarizada y

el lenguaje de programación abierto hacen que Dobot sea altamente extensible. Con diferentes accesorios, puede realizar diversas funciones como Impresión 3D, grabado láser, dibujo, soldadura y mucho más.

IV-A2. APLICACIONES

PROGRAMACIÓN Es ideal para el aprendizaje de técnicas y lenguajes de programación de distintos niveles (r+, c++, matlab, etc.) de manera reciente. Además, permite la enseñanza de programación de microcontroladores, ROS, PLC, arduino, etc. de manera eficiente.

AUTOMATIZACIÓN Facilita un aprendizaje práctico, realista y personalizado sobre automatización y control de robots para líneas de producción industrial, así como de procesos de manufactura integrada por computadora (CIM).

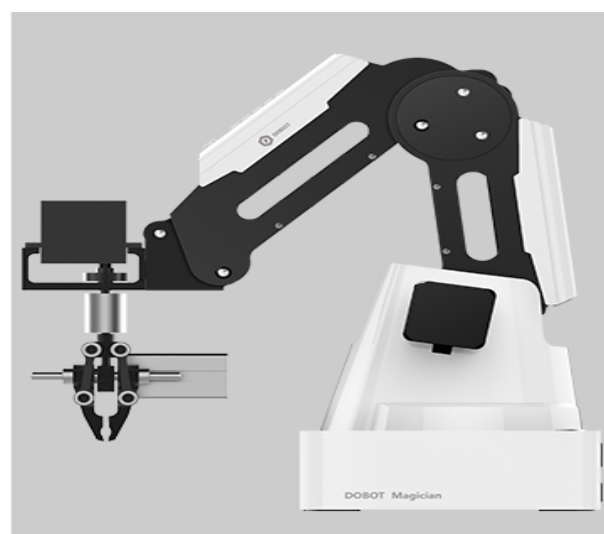


Figura 1: Dobot Magician

IV-B. MEDIAPIPE

MediaPipe es el marco multiplataforma de Google para crear distintas canalizaciones de procesamiento de datos. Objectron se incluye dentro de dicho marco, como canalización móvil para detección de objetos 3D en tiempo real. Grosso Modo, Objectron detecta objetos a través de imágenes 2D, para posteriormente estimar su orientación y tamaño a través de un modelo de aprendizaje automático entrenado en un conjunto de datos 3D. En otras palabras, es capaz de detectar objetos 3D a partir de una sola imagen RGB. A nivel de estructura básica, el modelo tiene una arquitectura de codificador-descodificador basada en MobileNetV2, las redes neuronales de Google para clasificación y detección visual. Mediante dichas redes, la proyección 2D de la imagen y un algoritmo de estimación 3D, el modelo es capaz de

procesar una salida en 3D de dicho objeto. Una de las alternativas de mayor empleo dentro de las estructuras de mediapipe, es mediapipe pose que a nuestro caso es la que nos compete, consiste en una solución de machine learning de alta fidelidad, que permite obtener 33 puntos de referencia 3D de todo el cuerpo, teniendo como entrada, imágenes o fotogramas en rgb. Además esta solución alcanza resultados en tiempo real en la mayoría de teléfonos móviles modernos, computadores o laptops, e incluso en la web.

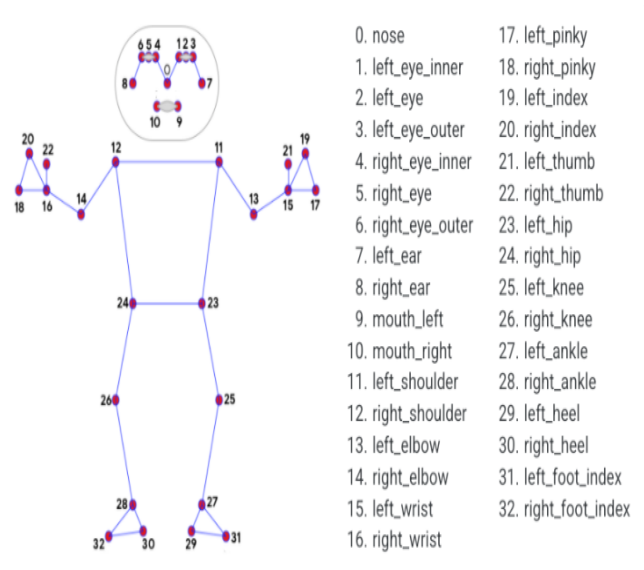


Figura 2: Landmarks Mediapipe Pose

IV-C. ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR

Cliente-Servidor es uno de los estilos arquitectónicos distribuidos más conocidos, el cual está compuesto por dos componentes, el proveedor y el consumidor. El proveedor es un servidor que brinda una serie de servicios o recursos los cuales son consumidos por el Cliente. En una arquitectura Cliente-Servidor existe un servidor y múltiples clientes que se conectan al servidor para recuperar todos los recursos necesarios para funcionar, en este sentido, el cliente solo es una capa para representar los datos y se detonan acciones para modificar el estado del servidor, mientras que el servidor es el que hace todo el trabajo pesado. En esta arquitectura, el servidor deberá exponer un mecanismo que permite a los clientes conectarse, que por lo general es TCP/IP, esta comunicación permitirá una comunicación continua y bidireccional, de tal forma que el cliente puede enviar y recibir datos del servidor y viceversa. Creo que es bastante obvio decir que en esta arquitectura el cliente no sirve para absolutamente nada si el servidor no está disponible, mientras que el servidor por sí solo no tendría motivo de ser, pues no habría nadie que lo utilice. En este sentido, las dos partes son mutuamente dependientes, pues una sin la otra no tendría motivo de ser. La idea central de separar al cliente del servidor radica en la idea de centralizar la información y la separación de

responsabilidades, por una parte, el servidor será la única entidad que tendrá acceso a los datos y los servirá solo a los clientes del cual el confía, y de esta forma, protegemos la información y la lógica detrás del procesamiento de los datos, además, el servidor puede atender simultáneamente a varios clientes, por lo que suele ser instalado en un equipo con muchos recursos. Por otro lado, el cliente suele ser instalado en computadoras con bajos recursos, pues desde allí no se procesa nada, simplemente actúa como un visor de los datos y delega las operaciones pesadas al servidor.

IV-D. ECUACIONES

En el proyecto elaborado son pocas las ecuaciones que se incorporaron y que fueron de utilidad para dar soporte a los procedimientos llevados a cabo. Una de las mas representativas fue la que se requirió para el calculo de los valores angulares que fue la siguiente.

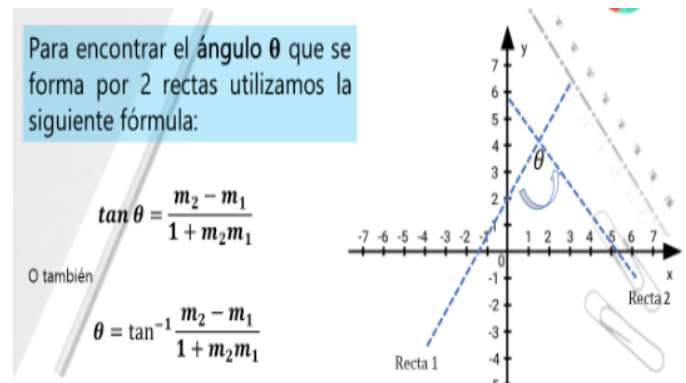


Figura 3: Formula para encontrar el angulo entre dos rectas

Otra formula que se empleo en el planteamiento de la idea, fue la implementada en el suavizado de los angulos calculados, en esencia es un promedio aritmético, como se puede ver acontinuacion:

$$X = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \dots + x_n) / n$$

Donde los X_n representan los valores angulares capturados en cada fotograma enviado

V. DESCRPCION DEL PROCEDIMIENTO

Dentro del marco contextual para la implementación de cada uno de los objetivos propuestos, se pretende tener una organización consecuente y lógica para el desarrollo de cada una de las actividades que demandan los logros a cumplir. En base a lo anterior, se realizo la descripcion de una serie de pasos, que escalonadamente permitirán verificar los objetivos

ya descritos para tal finalidad. De esta manera, podemos enunciar a continuación el registro de actividades llevadas a cabo para la consecución efectiva de los logros y todo el proceso en general que cada uno de ellos requiere.

■ CAPTURA Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE LA IMAGEN DEL BRAZO:

En este punto se desarrollará el proceso de captura de la posición actual de las articulaciones del brazo, para lo cual se emplearán funciones pertinentes al caso del procesamiento digital de imágenes contenidas en las recursivas librerías de OpenCV (cv2) y Mediapipe (mp). Por medio de estos dos paquetes de herramientas daremos soporte en general a todos los procedimientos efectuados para la captura de los fotogramas de la posición del brazo, la extracción del posicionamiento de los puntos que demarcan los eslabones del brazo y el posterior cálculo de los valores angulares relativos a los desplazamientos de las articulaciones, al proceso de suavizar y generar un ponderado sobre las continuas muestras de fotogramas que están siendo capturadas, entre otras funcionalidades con menor relevancia.

■ ESTABLECER UN METODO DE CALCULO PARA LOS ANGULOS:

En base a los puntos de posicionamiento que se pueden obtener a través de los landmark, objetos de demarcación de la función Pose; se construirá un método que a partir de estos valores, logre calcular asertivamente los ángulos que se determinan para cada articulación del brazo, respectivamente los referidos para las articulaciones del hombro, codo y muñeca. Se tiene como análisis previo, recurrir a una función trigonométrica para así tener la obtención de los ángulos de interés.

■ SUAVIZADO Y PONDERADO DE LOS VALORES EXTRAIDOS EN CADA FOTOGAMA:

Debido a que la tasa de frames capturados por la cámara es un bastante alta, se propone una función que permita calcular promedio aritméticos contantes de los puntos extraídos en cada landmark, para que dichos valores no fluctúen más rápido que los cambios de postura y posicionamiento que debe efectuar el dobot finalmente, determinando un cambio más sutil y consecuente a la posición del brazo que se desea llegar con el robot.

■ CONFIGURAR COMUNICACIÓN DE ENLACE ENTRE EL DOBOT Y EL ORDENADOR DE CAPTURA:

Para cumplir con dicho requerimiento, se ha hecho un estudio exhaustivo de los complementos de configura-

ción, inicialización, apertura, envío de datos, conexión y otras funciones fundamentales previas a las órdenes de mando y control para el brazo. Toda la parte de comunicación y configuración de inicio, se declarará en un script independiente, que se encargará exclusivamente de todos los aspectos de enlace y establecimiento de la configuración.

■ GENERAR UN MENU DE DESPLIEGUE DE LAS ACCIONES A REALIZAR:

Con el fin de proponer un entorno de simulación más formal y práctico ante las funcionalidades alternativas que el sistema puede llevar a cabo, se diseña un menú que permita definir las siguientes características, el tipo de brazo robótico que se va a utilizar (Dobot o Dobot Magician), el modo de operación a usar (Modo captura o Modo Continuo), para dar claridad un poco a esto, el modo captura actúa en un solo fotograma de posicionamiento, y a partir de este se extraen los valores angulares relativos, para localizar el brazo en una única posición, y el modo continuo, consiste en el envío constante de fotogramas, donde simultáneamente se envían los valores angulares de las articulaciones al brazo y este debe actuar al cambio instantáneo de cada valor que se envía. Con el propósito de simular un proceso más real, y definir lapsos de tiempo entre cada proceso inicialización, se han declarado pausas que permitan dar un tiempo considerable a cada proceso, poniendo orden lógico entre los diferentes procesos que se llevan a cabo.

■ DEFINIR SISTEMA DE RED CLIENTE – SERVIDOR:

Determinar todo el esquema estructural que demanda el desarrollo de una red de computadores de topología cliente – servidor, teniendo a consideración toda la codificación de base que debe emplear para lograr instanciar una estructura como estas. En el momento se realiza una exploración y búsqueda para establecer puntualmente el elemento servidor y de los servicios que se pueden requerir de él, a lo cual han surgido varias alternativas planteadas que aún están en estado de análisis. El objetivo de este complemento adicional, es poder tener un control de mando remoto, que quiere decir esto, que se puedan realizar una simulación a distancia de nuestro prototipo inicial, donde por así decirlo se este realizando la captura de video del brazo en algún sitio en particular y en otro sitio diferente a distancia se halle un servidor que reciba las instrucciones enviadas por el cliente, las procese eventualmente y emita una respuesta con la información de los valores angulares relativos a las articulaciones del brazo robótico a manipular, esto infiere a que el dobot este conectado directamente al

servidor, aunque también se ha pensado en la idea de poder incluir un dispositivo PC adicional que permita definir este enlace entre el servidor y el brazo robotico como elemento final del proceso.

VI. RESULTADOS

- Se pudo establecer una comunicación coherente entre el ordenador de envío de los fotogramas, el servidor de interconexión y el ordenador encargado de transmitir las ordenes de mando directamente al dobot. Se puede considerar que el modo captura, tiene un funcionamiento ideal y cumple cabalmente con la operabilidad deseada del mismo, mientras que para el modo de operación continuo, presenta intermitencias de desplazamiento de la articulación de la base o antebrazo, lo que visualmente se observa de manera forzada y con bastante nivel de vibración.
- Se consolido aceptablemente la operabilidad de la topología de red implementada, el acceso al servidor se efectua de manera rápida y la respuesta que este brinda es de la misma concordancia. Se tiene a consideración que la capacidad de uso que se nos permite del servidor es un poco limitada, aunque relativamente de los servicios que requerimos solo el video es el que presenta una carga mas representativa para el sistema. Se dispone de recurrir al uso de maquinas u ordenadores que solventen con facilidad este tipo de procesamientos.
- Aunque el planteamiento del problema resuelve la caracterización de un producto netamente comercial, aplicado al soporte de calidad de vida de personas con discapacidad motora; aun no adquiere los lineamientos justos para ser catalogado como producto de índole comercial. Pero en si, establece la base formal para ideas futuras con prototipos de mayor capacidad y asimilación de ordenes de una manera mas flexible, con movimientos mas precisos y estructuras de procesamiento mas entrenadas y especializadas en el asunto.
- Es de resaltar, que gracias a los procedimientos de acondicionamiento de parámetros, que se definen en el proceso, se logra mejorar muchas de las características que en algún momento presentaron dificultad o generaron comportamientos no deseados en el sistema. Un ejemplo puntual, es la implementación del filtro suavizador, que logro mejorar en gran proporción la toma de los puntos extraidos de la imagen, reduciendo en gran medida los valores obtenidos de cada fotograma, en consecuencia, se obtienen un movimiento mas sutil y sin tanta variabilidad.

VII. TRABAJOS A FUTURO

Uno de los puntos a tratar a futuro dentro del proyecto, es la reducción de la latencia generada por diferentes razones en el proceso. Esto genera retraso en la manipulación del brazo, a lo que en tiempo real se toma un tiempo de demora a que los cambios efectuados se vean reflejados. Es un punto de interés a tener en cuenta si se pretende seguir avanzando con este idea proyecto.

VIII. CONCLUSIONES

A nivel de estructura se consolida un proyecto de gran alcance, con funcionalidad clara y precisa. Desde una perspectiva externa, adquiere una visión muy amplia, ya que son diversas la aplicaciones que pueden llegar a elaborarse en base a esta propuesta inicial desarrollada. Es una idea de proyecto atractiva desde los aspectos en los cuales se ha formalizado, siendo objeto de gran relevancia para planteamientos a futuro que le den un valor agregado y le proporcionen las características suficientes para ser considerado un producto de índole comercial en el mercado. Sabiendo de ante mano, que la comercialización y el interés por parte del publico al cual se oferta seria de gran auge, ya que cuando se tratan de innvociones en el campo de la salud, el aporte contributivo es bastante considerable, solo por el simple hecho de que las personas dan a cambio lo que fuera necesario con tal de obtener un grado de calidad de vida bueno, que les brinde bienestar y apoyo en las situaciones que se les resulta de gran impedimento a realizar.

Es de gran reconocimiento saber que los estudios involucrados sobre estas mismas características de la idea original y de todos los documentos investigados en la etapa del estado del arte, no se halla mucha documentación que cumpla los mismos estándares planteados. Por lo que se hace un merito especial a la realización y diseño de esta idea de proyecto, en lo que le da importancia de gran valor por los principios de estructura y de funcionalidad del sistema, y a la capacidad adaptiva que puede conferir, gracias a su operabilidad remota.

Referencias

- [1] Jardon, Alberto. Jimenez, Antonio. Correal, Raul. Martinez, Santiago. Balaguer, Carlos. (2008, 02 de Abril). Asibot: Robot portatil de asistencia a discapacitados. Concepto, arquitectura de control y evaluacion clínica. [Online]. Available: <https://pdf.sciencedirectassets.com/280589/1-s2.0-S1697791208X70104>.
- [2] Canal Salud. (2021, 26 de Diciembre). Robotica aplicada a la atención medica. Salud Blogs Mapfre . [Online]. Available: <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/reportajes-enfermedades/robotica-medicina>.
- [3] Porras, Andres. Velazco, Alexandra. (2022, Marzo). Análisis del uso de robots enfermeros en el hogar que integran IoT para el monitoreo de signos vitales de pacientes. Repositorio

- Universidad Militar Nueva Granada [Online]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/41400PorrasCobodaAndresFelipe2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [4] Valle, Jose. Gutierrez, James. (2005). Definicion arquitectura cliente – servidor. Ecotec. [Online]. Available: https://www.ecotec.edu.ec/documentacion/investigaciones/docentes_y_directivos/articulos/57437_RECÁLDE00212.pdf.
- [5] Krear3D. (2022). Brazo robotico Dobot Magician. Krear 3D productos de robotica [Online]. Available: <https://krear3d.com/productos/robotica/dobot-magician>
- [6] Google LLC. Mediapipe pose. Google Github io. [Online]. Available: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose.html>.
- [7] 8. Administrador. (2021, 30 de Junio). Estimación de Postura? , Python – MediaPipe – OpenCV. OMES. [Online]. Available: <https://omes-va.com/estimacion-postura-mediapipe-python/>.
- [8] Dobot. Dobot Magician. Pagina oficial de Dobot. [Online]. Available: https://www.dobot.com.mx/dobot_magician.

...