Dirección General de Educación Superior Tecnológica

Instituto Tecnológico de San Juan del Río

Amplificación interactiva de contenido por medio de la detección de la dirección de la mirada.

REPORTE TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Presenta:

Juan Carlos Ávila Reséndiz

11590163

Ingeniería en Sistemas Computacionales

San Juan del Río, Qro. Junio, 2016

Índice general

Índice de figuras

Introducción

La vista es uno de las principales capacidades sensoriales de los humanos que mas ocupamos en el día a día, nos sirve para percibir el color del mundo, orientarnos en el entorno, ver los peligros, etc.
Técnicamente se llama visión a la capacidad de interpretar nuestro entorno gracias a los rayos de luz que alcanzan el ojo. También se entiende por visión toda acción de ver.
La acción simple de *ver*, es en términos simples una de las mas complejas tareas que como humanos realizamos, en todo momento, la cantidad de factores que influyen en la correcta percepción de los estímulos visuales y su posterior procesado e interpretación, son tareas que abordadas desde la perspectiva de un dispositivo electrónico, son extremadamente complicadas.

No obstante las limitaciones que la tecnología actual presenta al momento de abordar dicha tarea, hay en este campo de la *visión artificial* un iteres constante en buscar y encontrar soluciones, al ya viejo problema de hacer que las máquinas puedan ver el mundo tal como nosotros lo hacemos.
Debe decirse que se han realizado enormes avances en el área desde que la idea fue propuesta, pero remontemos la memoria a mucho antes, quizá hasta los tiempos de grandes filósofos y matemáticos griegos, por ejemplo *Thales de Mileto (640-585 A.C)*, fue capaz de predecir un eclipse y de medir una pirámide gracias a los conocimientos de geometría que poseía, *Euclides* concebía la trigonometría como un conjunto de lineas y puntos, independientemente del sistema de coordenadas.
Posteriormente vino el tiempo renacentista y con el grandes pintores, como *Filippo Bruneleschi(1377-1446)* que invento la perspectiva, algo que dio mucho sobre lo que estudiar en los años

que siguieron, consiguiendo crear a partir de ella todo un mundo de teorías y métodos al respecto.
Todo esto termino dando como resultado la construcción de maquinas y/o dispositivos que ayudaran al artista a capturar una imagen, todas estas máquinas y técnicas sobre la perspectiva dieron como resultado la invención final, la *cámara fotográfica*.
En tiempos mas actuales fue la NASA en 1964 la que revoluciono el campo, logrando procesar por medios digitales las imágenes del satélite MARINER, el avance desde entonces no ha parado en ningún momento.

El presente proyecto es uno más de los trabajos que se realizan ahora mismo en el campo de visión por computadora o visión artificial, como se expone en los primeros párrafos la vista es uno de los sentidos que mas extensamente usamos en el día a día, más aun en un mundo lleno de dispositivos que nos permiten visualizar información por medio de pantallas, específicamente, *computadoras*, sin embargo no todas las personas pueden hacerlo de manera optima o en condiciones que permitan obtener una buena *visión* de las mismas, este segmento de personas son las que presentan alguna debilidad visual.
Por lo tanto, dicho segmento de personas tienen dificultades para sumergirse de manera optima en el medio digital, por ello este proyecto busca una solución que permita un nivel de accesibilidad mucho mayor, ademas se busca de dotar de del elemento interactivo a los propios ojos, pues sera por medio de la detección de la dirección de la mirada que se realice todo el proceso.
El proyecto en si es ambicioso de primeas, pues actualmente pese a que la tecnología de asistencia para magnificar áreas de la pantalla ya existen, no hay una opción que permita a los usuarios hacerlo de forma interactiva, usando para ello solo la vista.

Se abordara la el problema usando las herramientas de la ingeniería de software, las técnicas y herramientas se presentaran en los diferentes capítulos del presente documento, así como los resultados de las investigaciones y procesos para llevar a cavo la tarea expuesta.

Capítulo 1

GENERALIDADES

"El auténtico genio consiste en la capacidad para evaluar información incierta, aleatoria y contradictoria."

Winston Churchill, estadista.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación de amplificación interactiva para computadoras con sistema operativo Windows, que asista a personas con bajas capacidades visuales, por medio del seguimiento y estimación de la dirección de la mirada sobre la pantalla de la computadora y en base a ello amplificar la zona de la pantalla en la que enfoca la vista.

1.1.2. Objetivos específicos

- Detección precisa y confiable del movimiento del globo ocular, con la ayuda de software de procesamiento de imágenes digitales.
- Hacer uso de las API's del sistema operativo que proveen las herramientas que magnifican la zona de la pantalla seleccionada.
- Integrar los dos componentes anteriores y de esa forma obtener un magnificador con interacción visual.
- Una vez se cuente con un prototipo, realizar pruebas de campo.

1.2. Justificación

Pese al avance desmesurado de la tecnología en los últimos años en donde las capacidades de los dispositivos se duplica cada cierto tiempo, respondiendo de forma bastante precisa la emblemática ley de Moore hay aun a día de hoy ciertas cuestiones que no han sido abordadas, quizá en gran parte debido al amplio panorama de problemas que se pueden afrontar con soluciones tecnológicas y de alguna forma ayudar a solventar o/y hacer más fácil las mismas.

Aun si los programas de asistencia a personas con capacidades diferentes están a día de hoy cobrando mayor relevancia en prácticamente todos los aspectos sociales, pues en la actualidad las posibilidades de llevar una vida productiva y sin las limitaciones de antaño, son ya una realidad, entre las herramientas que se proporcionan a este sector de la población están las llamadas tecnologías de asistencia o accesibilidad en entornos informáticos, mismas que van desde iconos monocromáticos de un mayor tamaño, hasta lectores de pantalla y lupas, siendo estas últimas el principal componente proporcionado por las herramientas de accesibilidad de los Sistemas Operativos SO actuales, siendo común en los tres mas importantes Linux, Windows, Mac.

Siendo de los tres el segundo, Windows, en el cual se enfocaran los esfuerzos de hacer converger las herramientas de accesibilidad ya mencionadas y las tecnologías de visión por computadora CV, para ofrecer a los discapacitados visuales una forma de hacer uso de la tecnología, mismos que según datos de la OMS de 2002, eran mas de 161 millones de personas, en especifico de computadoras, sin que su limitante visual les impida el poder interactuar con el equipo.

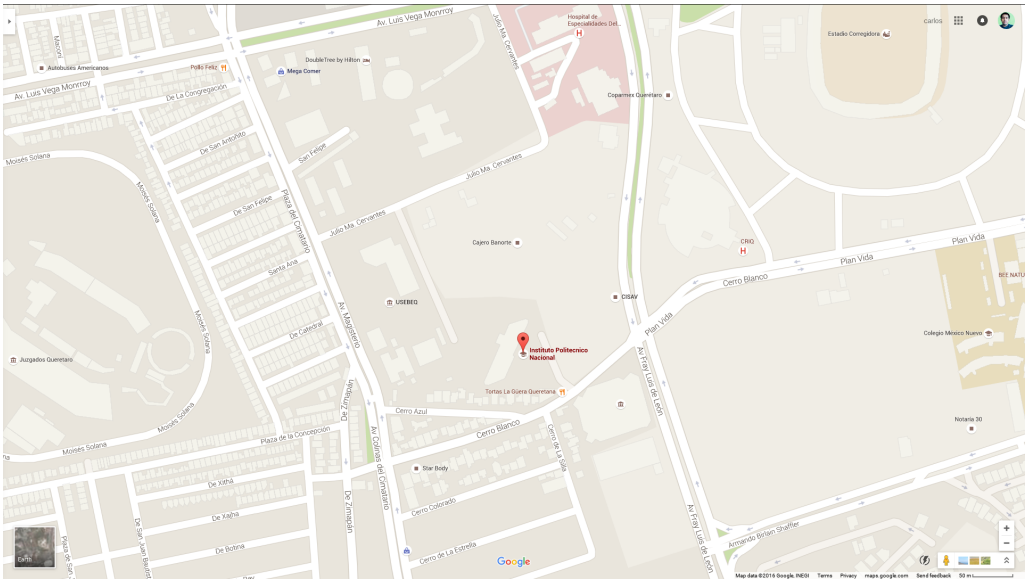
Específicamente el segmento de la población con discapacidad visual en el que se enfoca el desarrollo de este proyecto es el de personas que cuentan con cierto grado de visión, o lo que se conoce como resto visual, pues, siempre que exista un resto visual por mínimo que sea se debe potenciar su uso para alcanzar el máximo desarrollo posible

1.3. Caracterización de la empresa

1.3.1. Datos generales de la empresa

Nombre de la organización: Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional `CICATA`

Dirección: Querétaro, Cerro Blanco No.141 Col. Colinas del Cimatario, C.P. 76090, Querétaro, Querétaro México.



Teléfonos: 1 (442) 2290804 o 01 (55) 5729 6000 Ext. 81002

E-Mail: cicata@ipn.mx

Fax: 5395 4147

Misión

Somos un centro de investigación creado por el IPN para fortalecer su impacto a nivel nacional, que atiende necesidades de formación de recursos humanos y de desarrollo tecnológico de la región, a través de proyectos de investigación que contribuyen al desarrollo social y a la competitividad de los sectores productivo y de servicios, con el respaldo de las capacidades del Instituto, con un enfoque multidisciplinario, innovador y de excelencia, en un marco de sustentabilidad.

Visión

En el 2025, el CICATA-Querétaro se ve como un centro de vanguardia en la investigación y formación de recursos humanos; referente a nivel latinoamericano; con reconocimiento internacional por sus contribuciones de alto impacto y como una de las primeras opciones para alumnos e investigadores, por ser un centro innovador, competitivo, líder y emprendedor.

Valores

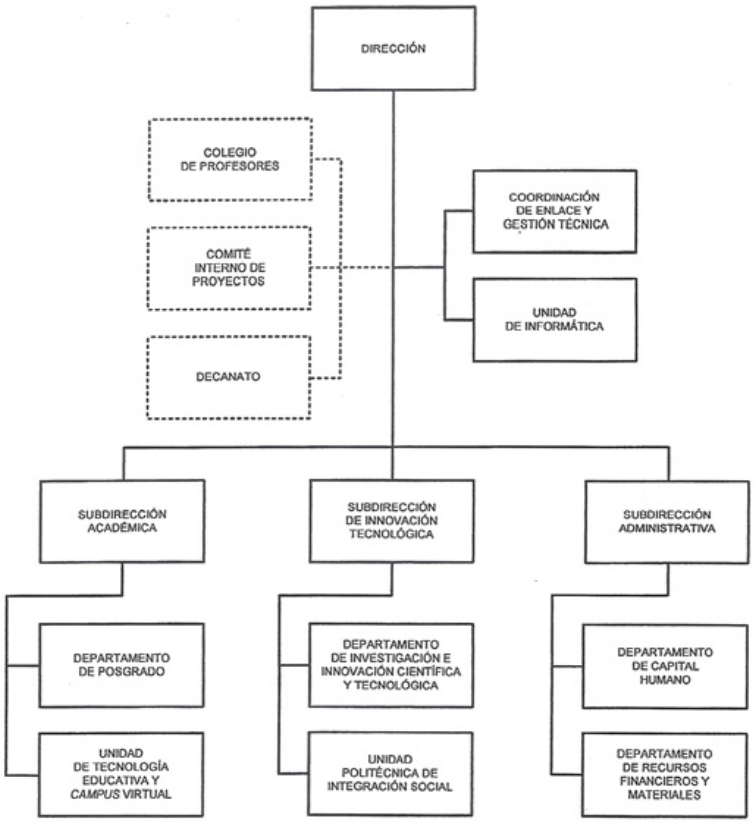
Hemos identificado un conjunto de valores que nos representan y que permiten cumplir nuestra misión y lograr la visión forjada:

- Calidad
- Integridad
- Compromiso
- Asertividad
- Trabajo en equipo
- Aprendizaje continuo

Objetivo

Servir de enlace entre la comunidad científica y los sectores productivos de bienes y servicios, atenderlos y ofrecerles soluciones a sus problemas de desarrollo. Para el cumplimiento de este objetivo, CICATA Querétaro desarrolla programas de investigación científica, tecnológica e innovación con un enfoque interdisciplinario, y asimismo atiende la formación de capital humano de alto nivel, contribuyendo decisivamente al fortalecimiento de la calidad y la competitividad del aparato productivo mexicano.

Estructura Organizativa



1.3.2. Descripción del departamento o área de trabajo

El área de análisis de imágenes puede ser definida como la construcción de algoritmos para la extracción de información presente en las imágenes. Es un área donde una gran variedad de conceptos fundamentales necesitan ser desarrollado e importantes aplicaciones pueden crearse. Esta combinación de teoría y práctica es particularmente atractiva para CICATA Querétaro en virtud de corresponder con su objetivo operativo. El grupo de análisis de imágenes ha presentado desde sus orígenes resultados muy buenos en el renglón de vinculación y desarrollo tecnológico. Se han trabajado proyectos de vinculación con empresas e instituciones tales como TAMSA y el IFE, por mencionar algunos. En la actualidad con un grupo de cuatro investigadores esta tendencia se ha mantenido. En este momento se estudian temas de interferometría, colorimetría, industrial, metrología, óptica, análisis de imágenes, procesamiento de imágenes, reconstrucción tridimensional

e interpretación visual de la actividad.

1.4. Problemas a resolver

- Amplificar áreas de la pantalla donde se enfoque la vista usando la vista.
- Detectar y seguir la dirección de la mirada.
- Proporcionar una mayor accesibilidad a débiles visuales.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

El sistema de seguimiento e identificación de la dirección de la mirada persigue el objetivo de permitir la interacción usuario-maquina usando en el proceso únicamente los ojos y, proporcionar interactividad a esta parte del cuerpo.

El uso directo e inmediato de la detección de la dirección de la mirada es el de proporcionar una forma interactiva para magnificar zonas de la pantalla donde se enfoque la mirada en un todo momento.

Inicialmente el sistema será desarrollado para funcionar en maquinas con sistema operativo Windows.

1.5.2. Limitaciones

Ciertamente el proyecto presenta algunas dificultades técnicas y algunas otras funcionales, entre las cuales encontramos las siguiente:

Las condiciones no controladas, se esperan condiciones de operación dentro de ciertos parámetros, el rendimiento se puede ver afectado acorde a las condiciones del entorno.

La API de magnificación de Windows esta solo disponible en para arquitecturas de 32 bits, lo que imposibilita el desarrollo del sistema para arquitecturas de 64 bits.

Capítulo 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Ingeniería del software

2.1.1. Concepto de Software

Existen varias definiciones similares aceptadas para software, pero probablemente la más formal sea la siguiente:

"Es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación" (IEEE Std, 1993).

Considerando esta definición, el concepto de software va más allá de los programas de computación en sus distintos estados: código fuente, binario o ejecutable; también su documentación, los datos a procesar e incluso la información de usuario forman parte del software: es decir, abarca todo lo intangible, todo lo «no físico» relacionado.

El término software fue usado por primera vez en este sentido por John W. Tukey en 1957. En la ingeniería de software y las ciencias de la computación, el software es toda la información procesada por los sistemas informáticos: programas y datos.

2.1.2. Clasificación del software

Si bien la definición anterior de software es, en cierto modo arbitraria, y a veces confusa, a los fines prácticos se puede clasificar al software en tres grandes tipos [1]:

- **Software de sistemas:** Su objetivo es desvincular adecuadamente al usuario y al programador de los detalles informáticos en particular que se use, aislándolo especialmente del procesamiento referido a las características internas de: memoria, discos, puertos y dispositivos de comunicaciones, impresoras, pantallas y teclados. El software de sistema le procura al usuario y programador adecuadas interfaces de alto nivel, controlador, herramientas y utilidades que permiten el mantenimiento del sistema global.

Incluye entre otros:

- Sistemas Operativos
- Controladores de dispositivos
- Herramientas de diagnostico
- Servidor de utilidades
- Herramientas de corrección y optimización.

- **Software de programación:** Es el conjunto de herramientas que permiten al programador desarrollar programas informáticos, usando diferentes alternativas y lenguajes de programación, de una manera práctica. Incluyen básicamente:

  - Editores de texto
  - Compiladores
  - Interpretes
  - Enlazadores
  - Depuradores

  - Entornos de desarrollo integrado (IDE). Agrupan las anteriores herramientas, usualmente en un entorno visual, de forma que el programador no necesite introducir múltiples instrucciones para compilar , interpretar y depurar. Cuentan con una interfaz gráfica de usuario GUI.

- **Software de aplicacion:** es aquel que permite a los usuarios llevar a cabo una o varias tareas específicas, en cualquier campo de actividad susceptible de ser automatizadas o asistido, con especial énfasis en los negocios. Incluye entre muchos otros:

  - Control de sistemas.
  - Automatización industrial
  - Software educativo
  - Software empresarial
  - Base de datos
  - Telecomunicaciones
  - Videojuegos
  - Software medico
  - Aplicaciones ofimáticas
  - Software de calculo numérico y simbólico
  - Diseño asistido (CAD)

2.1.3. Concepto de la Ingeniería de Software

La ingeniería de software es una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza. En esta definición existen dos frases clave:

Disciplina de la ingeniería: Los ingenieros hacen que las cosas funcionen. Aplican teorías, métodos y herramientas donde sean convenientes, pero las utiliza de forma selectiva y siempre tratando de descubrir soluciones a los problemas, aun cuando no existan teorías o métodos aplicables para resolverlos.

Todos los aspectos de producción de software: La ingeniería de software no solo comprende los procesos técnicos del desarrollo de software, sino también actividades tales como la gestión de proyectos de software y el desarrollo de herramientas, métodos y teorías de apoyo a la producción de software.

en general los ingenieros de software adoptan un enfoque sistemático y organizado en su trabajo, ya que es la forma mas efectiva de producir software de calidad [1] pp.6.

2.2. Herramientas de desarrollo

Como se describe en la sección 2.1.2 hay diferentes clases y tipos de software, entre los que se encuentran las herramientas de desarrollo o software de desarrollo, así como software de aplicación, en este proyecto se han usado variedad de ellas, de las cuales se da una descripción a continuación:

Software de desarrollo

2.2.1. Visual Studio Community 2015

Visual Studio Community 2015 [2.1(c)] es un entorno de desarrollo integrado creado y distribuido por Microsoft, para el sistema operativo de la misma. Soporta una gran variedad de lenguajes de programación tales como, C++, C#, Visual Basic, .NET, F#, Java, Python, Ruby, PHP, al igual que entornos de desarrollo web como ASP.NET MVC, Django, etc., a lo cual sumarle las nuevas capacidades online bajo Windows Azure en forma del editor Monaco. Esta version en particular tiene la particularidad de ser gratuita e incluir todas las características de la versión Express, enfocada en desarrolladores individuales, proyectos de código abierto, investigación académica, educación y pequeños equipos de profesionales.

2.2.2. Qt Creator

Qt Creator [2.1(b)] es un IDE (entorno de desarrollo integrado) multiplataforma que se ajusta a las necesidades de los desarrolladores Qt. Este es parte de Qt Project [1].

Qt Creator se centra en proporcionar características que ayudan a los nuevos usuarios de Qt a aprender y comenzar a desarrollar rápidamente, también aumenta la productividad de los desarrolladores con experiencia en Qt.

- Editor de código con soporte para C+, QML y ECMAscript
- Herramientas para la rapida navegacion del codigo

[1] *Qt Project*

- Resaltado de sintaxis y auto-completado de código
- Control estático de código y estilo a medida que se escribe
- Soporte para refactoring de código
- Ayuda sensitiva al contexto
- Plegado de código (code folding)
- Paréntesis coincidentes y modos de selección

2.2.3. PyCharm

PYCHARM [2.1(a)] es un entorno integrado de desarrollo (IDE) usado para la programacion en PYTHON (2.3.2). Provee herramientas de análisis de código, depurador gráfico, pruebas unitarias, integración con sistemas de control de versiones y soporte para el desarrollo con DJANGO.
Desarrollado por la compañía JetBrains [2].

Es multi-plataforma, funcionando en Windows, Mac OS X y Linux, cuenta con una version profesional liberada bajo licencia propietaria y con una versión comunitaria bajo los términos de Apache Licence [3], aunque esta última cuenta con algunas limitaciones.

Entre sus características mas destables se encuentran las siguientes:

- Asistencia en el análisis de código
- Auto-completado de código
- Errores de sintaxis
- Resaltado de lineas
- Vistas de navegación
- Vistas de estructuras
- Integración con Python Debugguer.
- Integración con CVS.

[2] JetBrains: https://en.wikipedia.org/wiki/JetBrains
[3] Apache: https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_License

2.2.4. Sublime-Text

Sublime Text [2.2(a)] es un editor de texto y editor de código fuente está escrito en C++ y Python para los plugins. Desarrollado originalmente como una extensión de `Vim`, con el tiempo fue creando una identidad propia, por esto aún conserva un modo de edición tipo vi llamado Vintage mode.

Características:

- Minimapa. consiste en una previsualización de la estructura del código
- Multi selección: Hace una selección múltiple de un término por diferentes partes del archivo.
- Multi cursor: Crea cursores con los que podemos escribir texto de forma arbitraria en diferentes posiciones del archivo.
- Multi layout: Trae siete configuraciones de plantilla podemos elegir editar en una sola ventana o hacer una división
- Soporte nativo para infinidad de lenguajes: Soporta de forma nativa 43 lenguajes de programación y texto plano.
- Remarcado de sintaxis: El remarcado de sintaxis es completamente configurable a través de archivos de configuración del usuario.
- Búsqueda dinámica: Se puede hacer búsqueda de expresiones regulares o por archivos, proyectos, directorios, una conjunción de ellos o todo a la vez.
- Keybindings: Todas las teclas pueden ser sobrescritas a nuestro gusto.
- Etc.

Se puede descargar desde el sitio web Sublime-Text [4] y evaluar de forma gratuita. Sin embargo no es software libre o de código abiertoy se debe obtener una licencia para su uso continuado, aunque la versión de evaluación es plenamente funcional y no tiene fecha de caducidad.

[4] Subl-Text: https://www.sublimetext.com/

2.2.5. Rstudio

RStudio [2.2(b)] es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R (2.3.3). Esta disponible de forma libres y en edición comercial, se ejecuta en entornos multiplataforma (Windows, Mac OS X y Linux) o sobre navegadores web conectados a RStudio Server o RStudio Server Pro (Debian/Ubuntu, RedHat/CentOS y SUSE Linux).

RStudio tiene la misión de proporcionar el entorno informático estadístico R. Permite un análisis y desarrollo para que cualquiera pueda analizar los datos con R.

Entre sus características se encuentran la siguientes:

- Consola integrada
- Resaltado de sintaxis
- Ejecución directa de código R.
- Herramientas para gráficos
- Historial
- Depurador interactivo
- Fácil administración de espacios de trabajo.
- Ayuda y documentación integrada
- Edición con Sweave y R Markdown

Esta disponible desde la web oficial del proyecto RStudio [5] en sus dos versiones.

2.2.6. CMake

CMake [2.2(c)] es una herramienta multiplataforma de generación o automatización de código. El nombre es una abreviatura para *'cross platform make' (make multiplataforma)*; más allá del uso de *'make'* en el nombre, CMake es una suite separada y de más alto nivel que el sistema `make` común de Unix, siendo similar a las autotools.

CMake es una familia de herramientas diseñada para construir, probar y empaquetar software. CMake se utiliza para controlar el proceso de compilación del software usando ficheros de configuración sencillos e independientes de la plataforma.

[5] RStudio: https://www.rstudio.com/

Desarrollado por *Andy Cedilnik, Bill Hoffman, Brad King, Ken Martin, Alexander Neundorf* se puede acceder a la ultima version estable en CMake [6].

Entre las principales funcionalidad se encuentran las siguientes:

- Ficheros de configuración escritos en un lenguaje de scripting específico para CMake
- Análisis automático de dependencias para C, C++, Fortran, y Java
- Soporte para SWIG, Qt, FLTK, a través del lenguaje de scripting de CMake
- Soporte para varias versiones de Microsoft Visual Studio, incluyendo la 6, 7, 7.1, 8.0, 9.0 y 10.0
- Detección de cambios en ficheros usando timestamps tradicionales
- Soporte para builds paralelos
- Compilador cruzado
- Soporte para builds multiplataforma
- Integrado con DART (SOFTWARE), CDASH, CTEST Y CPACK, una colección de herramientas para prueba y liberación de software

Software de aplicación

2.2.7. Sistema de control de versiones Git

Git es un software de control de versiones diseñado por *Linus Torvalds*, pensando en la eficiencia y la confiabilidad del mantenimiento de versiones de aplicaciones cuando éstas tienen un gran número de archivos de código fuente. Al principio, Git se pensó como un motor de bajo nivel sobre el cual otros pudieran escribir la interfaz de usuario o front end como Cogito o StGIT.

Sin embargo, Git se ha convertido desde entonces en un sistema de control de versiones con funcionalidad plena. Hay algunos proyectos de mucha relevancia que usan Git, en particular, el grupo de programación del núcleo Linux.

Entre las características más relevantes se encuentran:

[6] CMake: www.cmake.org

- Fuerte apoyo al desarrollo no lineal, por ende rapidez en la gestión de ramas y mezclado de diferentes versiones.
- Gestión distribuida, Git le da a cada programador una copia local del historial del desarrollo entero, y los cambios se propagan entre los repositorios locales.
- Los almacenes de información pueden publicarse por HTTP, FTP, rsync o mediante un protocolo nativo, ya sea a través de una conexión TCP/IP simple o a través de cifrado SSH.
- Gestión eficiente de proyectos grandes, dada la rapidez de gestión de diferencias entre archivos.

La documentación completa, tutoriales de uso y medios de instalación se pueden encontrar en la pagina oficial de Git [7]

2.2.8. MariaDB

MariaDB es un sistema de gestión de bases de datos derivado de MySQL con licencia GPL. Está desarrollado por *Michael (Monty) Widenius (fundador de MySQL)* y la comunidad de desarrolladores de software libre.

Introduce dos motores de almacenamiento nuevos, uno llamado Aria -que reemplaza con ventajas a MyISAM- y otro lamado XtraDB -en sustitución de InnoDB. Tiene una alta compatibilidad con MySQL ya que posee las mismas órdenes, interfaces, APIs y bibliotecas, siendo su objetivo poder cambiar un servidor por otro directamente. Este SGBD surge a raíz de la compra de *Sun Microsystems*.

MariaDB es un fork directo de MySQL que asegura, permanecerá una versión de este producto con licencia GPL. La ultima versión estable se puede encontrar en la web oficial del proyecto MariaDB [8].

[7] Git: https://git-scm.com/
[8] MariaDB: https://mariadb.org/

2.2.9. SQLite

SQLite es un sistema de gestión de bases de datos relacional compatible con ACID, contenida en una relativamente pequeña (275 kiB) biblioteca escrita en C. SQLite es un proyecto de dominio público creado por *D. Richard Hipp*.

A diferencia de los sistema de gestión de bases de datos cliente-servidor, el motor de SQLite no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica. En lugar de eso, la biblioteca SQLite se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo.

El programa utiliza la funcionalidad de SQLite a través de llamadas simples a subrutinas y funciones. Esto reduce la latencia en el acceso a la base de datos, debido a que las llamadas a funciones son más eficientes que la comunicación entre procesos. El conjunto de la base de datos (definiciones, tablas, índices, y los propios datos), son guardados como un sólo fichero estándar en la máquina cliente. Este diseño simple se logra bloqueando todo el fichero de base de datos al principio de cada transacción.

En su versión 3, SQLite permite bases de datos de hasta 2 Terabytes de tamaño, y también permite la inclusión de campos tipo BLOB.

Librerías

2.2.10. OpenCV

OpenCV es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicaciones de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas.

OpenCV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cáma-

ras, visión estérea y visión robótica.

El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se ha logrado realizando su programación en código C y C++ optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo. OpenCV puede además utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel específicas para procesadores Intel (IPP).

2.2.11. IntraFace

IntraFace es una librería que incluye algoritmos para análisis de patrones faciales, se comenzó a desarrollar en 2010 en la universidad Carnigie Mellon & University of Pittsburgh, actualmente la ultima version de la misma es la 1.0, soportada por Human Sensing Laboratory.
Para este proyecto se usa una version anterior de la misma, provista para fines educativos y/o investigación sin fines de lucro.

2.3. Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para realizar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana.
Está formado por un conjunto de símbolos, reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones. al proceso por el cual se escribe, se prueba, se depura, se compila (de ser necesario) y se mantiene el código fuente de un programa informático se le llama programación.

También la palabra programación se define como el proceso de creación de un programa de computadora, mediante la aplicación de procedimientos lógicos, a través de los siguientes pasos:

- El desarrollo lógico del programa para resolver un problema en particular.
- Escritura de la lógica del programa empleando un lenguaje de programación específico *(codificación del programa)*
- Ensamblaje o compilación del programa hasta convertirlo en lenguaje de máquina.
- Prueba y depuración del programa.
- Desarrollo de la documentación.

Existen multitud lenguajes disponibles en la actualidad, en este proyecto y dadas las características del mismo, los lenguajes que más se adaptan a estas son los siguientes:

- `C++`
- `Python`
- `R`

2.3.1. C++

C++ es un lenguaje de programación diseñado a mediados de los años 1980 por *Bjarne Stroustrup*. La intención de su creación fue el extender al lenguaje de programación C, agregando mecanismos que permitieran la manipulación de objetos. En ese sentido, desde

el punto de vista de los lenguajes orientados a objetos, el C++ es un lenguaje híbrido, por un lado es un lenguaje que sigue muy ligado a hardware subyacente, manteniendo una considerable potencia para la programación a bajo nivel, pero se le han añadido elementos que le permiten un estilo de programación de alto nivel de abstracción.

La definición oficial nos dice que C++ es un lenguaje de propósito general basado en C, al que se le han añadido nuevos tipos de datos, plantillas, clases, mecanismos de acepciones, espacio de nombres (STD), funciones inline, sobrecarga de operadores, referencias, manejo de memoria persistente y algunas utilidades adicionales en la librería estándar de C++.

Historia

El comité para el estándar ANSI C fue formado en 1983 con el objetivo de crear un lenguaje uniforme a partir del C original, desarrollado por *Kernighan y Ritchie* en 1972, en la AT&T. Hasta entonces el estándar lo marcaba el libro escrito en 1978 por estos dos autores. El lenguaje C++ se comenzó a desarrollar en 1980. Su autor fue Bjarne Stroustrup, también de la AT&T. Al comienzo era una extensión del lenguaje C que fue denominada *C with classes*. Este nuevo lenguaje comenzó a ser utilizado fuera de la AT&T en 1983. El nombre C++ es también de ese año, y hace referencia al carácter del operador incremento de C (++). Ante la gran difusión y éxito que iba obteniendo en el mundo de los programadores, la AT&T comenzó a estandarizarlo internamente en 1987. En 1989 se formó un comité ANSI (seguido algún tiempo después por un comité ISO) para estandarizarlo a nivel americano e internacional.

Características

Antes, mencionar que tanto C como C++ son lenguajes compilados, y no interpretados. Esta diferencia es muy importante, ya que afecta mucho a muchos aspectos relacionados con la ejecución del programa.

Como lenguaje de programación orientado a objetos se basa en una filosofía completamente diferente a la se su predecesor, exige el cambio completo de paradigma al

programador, las propias características de la Programación Orientada a Objetos de C++ son la causa principal de ello.

2.3.2. Python

Python es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum a principios de los años 90 cuyo nombre está inspirado en el grupo de cómicos ingleses *Monty Python*. Es un lenguaje similar a Perl, pero con una sintaxis muy limpia y que favorece un código legible [6].

Se trata de un lenguaje interpretado o de script, con tipado dinámico, fuertemente tipado, multiplataforma y orientado a objetos.

El intérprete de Python está disponible en multitud de plataformas (UNIX, Solaris, Linux, DOS, Windows, OS/2, Mac OS, etc.) por lo que si no utilizamos librerías específicas de cada plataforma nuestro programa podrá correr en todos estos sistemas sin grandes cambios.
Python es un lenguaje que todo el mundo debería conocer. Su sintaxis simple, clara y sencilla; el tipado dinámico, el gestor de memoria, la gran cantidad de librerías disponibles y la potencia del lenguaje, entre otros, hacen que desarrollar una aplicación en Python sea sencillo, muy rápido y, lo que es más importante, divertido.

Python no es adecuado sin embargo para la programación de bajo nivel o para aplicaciones en las que el rendimiento sea crítico.
Algunos casos de éxito en el uso de Python son Google, Yahoo, la NASA, Industrias Ligh & Magic, y todas las distribuciones Linux, en las que Python cada vez representa un tanto por ciento mayor de los programas disponibles.

Instalacion de Python

Existen varias implementaciones distintas de Python: CPython, Jython, IronPython, PyPy, etc

CPython es la más utilizada, la más rápida y la más madura. Cuando la gente habla de Python normalmente se refiere a esta implementación. En este caso tanto el intérprete como los módulos están escritos en C.

Jython es la implementación en Java de Python, mientras que IronPython es su contrapartida en C# (.NET). Su interés estriva en que utilizando estas implementaciones se pueden utilizar todas las librerías disponibles para los programadores de Java y .NET.

PyPy, por último, como habréis adivinado por el nombre, se trata de una implementación en Python de Python.

CPython está instalado por defecto en la mayor parte de las distribuciones Linux y en las últimas versiones de Mac OS. Para comprobar si está instalado abre una terminal y escribe `python`. Si está instalado se iniciará la consola interactiva de Python y obtendremos parecido a lo siguiente:

```
Python 3.5.1 (default, Mar  3 2016, 09:29:07)
[GCC 5.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> |
```

si no te muestra algo parecido no te preocupes, instalar Python es muy sencillo. Puedes descargar la versión correspondiente a tu sistema operativo desde la web de Python [9]

Herramientas básicas

Existen dos formas de ejecutar código Python. Podemos escribir líneas de código en el intérprete y obtener una respuesta del intérprete para cada línea (sesión interactiva) o bien podemos escribir el código de un programa en un archivo de texto y ejecutarlo.

Para el trabajo del proyecto se uso PyCharm (2.2.3) como IDE de desarrollo, anque en algunas ocaciones se uso editor de texto, SUBLIME-TEXT (2.2.4) , para la edición rápida.

[9] Python: https://www.python.org/.

2.3.3. R

¿Qué es R?

Comenzaremos diciendoq ue R es un lenguaje de programación interpretado, de distribucion libre, bajo Licencia GNU, y se mantiene en un ambiente para el computo estadistico y gráfico. Este *software* corre en distintas plataformas Linux, Mac OS X, Windows e incluso en PlayStation 3. El termino ambiente pretende caracterizalo como un sistema totalmente planificado y coherente, en lugar de una cumulación gradual de herramientas muy especificas y poco flexibles, como suele ser con otro software de análisis de datos. El hecho que R sea un lenguaje y un sistema, es por que forma parte de la filosofía de creación.

Por ello en ves de pensar en R como un sistema estadístico es preferible verlo como un ambiente en el que se aplica técnicas estadísticas. Por ejemplo, en este proyecto nos inclinaremos hacia el lado de la programación *(lenguaje)* más que tocar los aspectos estadísticos.

Historia

R fue creado en 1992 en Nueva Zelanda por Ross Ihaka y Robert Gentleman (Ihaka [1998]). La intención inicial con R, era hacer un lenguaje didáctico, para ser utilizado en el curso de Introducción a la Estadística de la Universidad de Nueva Zelanda.
Para ello decidieron adoptar las sintaxis similar al lenguaje S, pero la semántica, que aparentemente es parecida a S, en realidad es sensiblemente diferente, sobre todo en los detalles un poco más profundos de la programación. A modo de broma Ross y Robert, comenzaron a llamar R al lenguaje que implementaron, por las iniciales de sus nombres, y desde entonces así se le conoce en la muy extendida comunidad amante de dicho lenguaje.

2.4. Metodologías de desarrollo de software

2.4.1. Metodología de desarrollo extremo

La programación extrema se basa en una serie de reglas y principios que se han ido gestando a lo largo de toda la historia de la ingeniería del software. Usadas conjuntamente proporcionan una nueva metodología de desarrollo software que se puede englobar dentro de las metodologías ligeras, que son aquéllas en la que se da prioridad a las tareas que dan resultados directos y que reducen la burocracia que hay alrededor tanto como sea posible (pero no más). La programación extrema, dentro de las metodologías ágiles, se puede clasificar dentro de las evolutivas.

Una de las características de eXtreme Programming es que muchos de, si no todos, sus ingredientes son de sobra conocidos dentro de la rama de la ingeniería del software desde hace tiempo, incluso desde sus comienzos. Los autores de han seleccionado los que han considerados como los mejores y han profundizado en sus relaciones y en cómo se refuerzan unos a otros. El resultado ha sido una metodología única y compacta. Por eso, aunque se pueda alegar que la programación extrema no se base en principios nada nuevos, se ha de aclarar que, en conjunto, es una nueva forma de ver el desarrollo de software.

El proceso de desarrollo extremo

La programación extrema parte del caso habitual de una compañía que desarrolla software, generalmente software a medida, en la que hay diferentes roles: un equipo de gestión, un equipo de desarrolladores y los clientes. La relación con el cliente es totalmente diferente a lo que se ha venido haciendo en las metodologías tradicionales que se basan fundamentalmente en una fase de captura de requisitos previa al desarrollo y una fase de validación posterior al mismo.

Interacción con el cliente

En la programación extrema al cliente no sólo se le pide que apoye al equipo de desarrollo, en realidad podríamos decir que es parte de él. Su importancia es capital a la hora

de abordar las historias de los usuarios y las reuniones de planificación, como veremos más adelante. Además, será tarea suya retroalimentar al equipo de desarrolladores después de cada iteración con los problemas con los que se ha encontrado, mostrando sus prioridades, expresando sus sensaciones... Existirán métodos como pruebas de aceptación que ayudarán a que la labor del cliente sea lo más fructífera posible.

En resumen, el cliente se encuentra mucho más cercano al proceso de desarrollo. Se elimina la fase inicial de captura de requisitos y se permite que éstos se vayan definiendo de una forma ordenada durante el tiempo que dura el proyecto. El cliente puede cambiar de opinión sobre la marcha y a cambio debe encontrarse siempre disponible para resolver dudas del equipo de desarrollo y para detallar los requisitos especificados cuando sea necesario.

El proceso de captura de requisitos de XP gira entorno a una lista de características que el cliente desea que existan en el sistema final. Cada una de estas características recibe el nombre de historias de usuarios y su definición consta de dos fases:

En la primera fase el cliente describe con sus propias palabras las características y el responsable del equipo de desarrollo le informa de la dificultad técnica de cada una de ellas y por lo tanto de su coste.

La segunda fase consiste en coger las primeras historias que serán implementadas (primera iteración) y dividirlas en las tareas necesarias para llevarlas a cabo.

Este proceso es una de las principales diferencias con las metodologías tradicionales. Aunque las historias de usuarios guardan cierta relación con otras técnicas como los casos de uso de UML, su proceso de creación es muy diferente. En lo que al cliente se refiere no se le exige que especifique exactamente lo que quiere al principio con un documento de requisitos de usuario. La parte que se mantiene con este documento es que es el cliente el que tiene que escribir lo que quiere, no se permite que alguien del equipo de desarrolladores lo escriba por él.

Planificación del proyecto

La planificación debe de seguir unas ciertas premisas. La primordial es que las entregas se hagan cuanto antes y que con cada iteración el cliente reciba una nueva versión. Cuanto más tiempo se tarde en introducir una parte esencial, menos tiempo habrá para trabajar en ella posteriormente. Se aconsejan muchas entregas y muy frecuentes. De esta forma, un error en una parte esencial del sistema se encontrará pronto y, por tanto, se podrá arreglar antes.

Sin embargo, los requisitos anteriores en cuanto a la planificación no deben suponer horas extra para el equipo de desarrollo.

Pero lo mejor de todo es que a la hora de planificar uno se puede equivocar. Es más, todos sabemos que lo común es equivocarse y por ello la metodología ya tiene previsto mecanismos de revisión. Por tanto, es normal que cada 3 a 5 iteraciones se tengan que revisar las historias de los usuarios y re-negociar nuevamente la planificación.

Diseño, desarrollo y pruebas

El desarrollo es la pieza clave de todo el proceso de programación extrema. Todas las tareas tienen como objetivo que se desarrollo a la máxima velocidad, sin interrupciones y siempre en la dirección correcta. También se otorga una gran importancia al diseño y establece que éste debe ser revisado y mejorado de forma continua según se van añadiendo funcionalidades al sistema

La clave del proceso de desarrollo de XP es la comunicación. La gran mayoría de los problemas en los proyectos de desarrollo son provocados por falta de comunicación en el equipo, así que se pone un gran énfasis en facilitar que la información fluya lo más eficientemente posible.

Como ya hemos visto con anterioridad, uno de los principios de la programación extrema es la simplicidad. El diseño debe ser lo más simple posible, pero no más simple. El paradigma KISS (*'Keep It Small and Simple'*)se lleva hasta las últimas consecuencias. Por

ejemplo, se hace énfasis en no añadir funcionalidad nunca antes de lo necesario, por las sencillas razones de que probablemente ahora mismo no sea lo más prioritario o porque quizás nunca llegue a ser necesaria.

Supongamos que ya hemos planificado y dividido en tareas, como se ha comentado en los párrafos anteriores. Lo lógico sería empezar ya a codificar. Pues no. Nos encontramos con otro de los puntos clave de la programación extrema (y que sí es innovador en ella): las pruebas unitarias se implementan a la vez hay que el código de producción. De hecho cada vez que se va a implementar una pequeña parte se escribe una prueba sencilla y luego el código suficiente para que la pase. Cuando la haya pasado se repite el proceso con la siguiente parte.

Esta forma de usar las pruebas unitarias ayuda a priorizar y comprobar la evolución del desarrollo y que ofrecen retroalimentación inmediata. Ya no hay imprescindibles dos equipos diferenciados que desarrollan y prueban cada uno por su cuenta. Ahora el ciclo se basa en implementar una prueba unitaria, codificar la solución y pasar la prueba, con lo que se consigue un código simple y funcional de manera bastante rápida. Por eso es importante que las pruebas se pasen siempre al 100

Las pruebas unitarias no se han de confundir con las pruebas de aceptación que han sido mencionadas con anterioridad. Éstas últimas son pruebas realizadas por el cliente o por el usuario final para constatar que el sistema hace realmente lo que él quiere.

La programación extrema viene a perseguir lo que se ha venido a llamar integración continua. De esta forma, haciéndolo cada vez con pequeños fragmentos de código, se evita la gran integración final.

En todo desarrollo de programación extrema debería existir, por tanto, una versión siempre integrada a la sincronización por parte de los desarrolladores con el repositorio central debe darse como mínimo una vez al día, de manera que los cambios siempre se realicen sobre la última versión. De esta forma nos podemos asegurar de que las modificaciones que hacemos no se estén haciendo sobre una versión obsoleta

El proceso de desarrollo no lo va a hacer un desarrollador en solitario, sino siempre con otra persona, algo que se ha venido a llamar programación por parejas. Una pareja de

desarrolladores debe compartir ordenador, teclado y ratón. El principal objetivo es realizar de forma continua y sin parar el desarrollo una revisión de diseño y de código. Las parejas deben ir rotando de forma periódica para hacer que el conocimiento del sistema se vaya difundiendo por el equipo (facilitándose que el código sea de todos), a la vez que se fomentan el entrenamiento cruzado.

Resumen de xTreme Programing

Todos los punto anteriormente detallados, bien los podemos definir y resumir en la siguiente lista, obviamente cada uno de ellos lleva consigo un gran significado de fondo, pero en general y conociendo la metodología se puede uno basar en la siguiente lista para cerciorarse de que se están cumpliendo los puntos que la metodología estipula que se deben llevar a cabo.

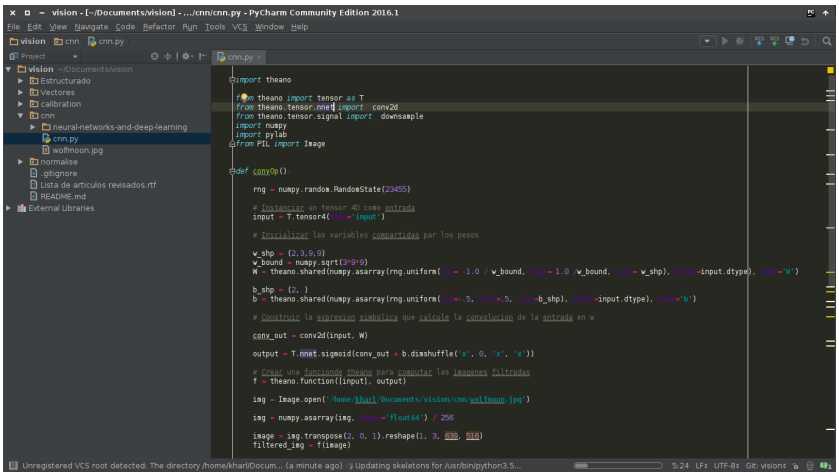
1. El juego de la planificación (the planning game).
2. Pequeñas entregas (small releases).
3. Metáfora (metaphor).
4. Diseño simple (simple design).
5. Pruebas (testing).
6. Refactorización (refactoring).
7. Programación por parejas (pair programming).
8. Propiedad colectiva (collective ownership).
9. Integración continua (continous integration).
10. 40 horas semanales (40-hour week).
11. Cliente en casa (on-site costumer).
12. Estándares de codificación (coding standards).

Se puede considerar como el resumen de bolsillo de la metodología de desarrollo extremo, y llevarla a cada lugar en el que se este desarrollando.

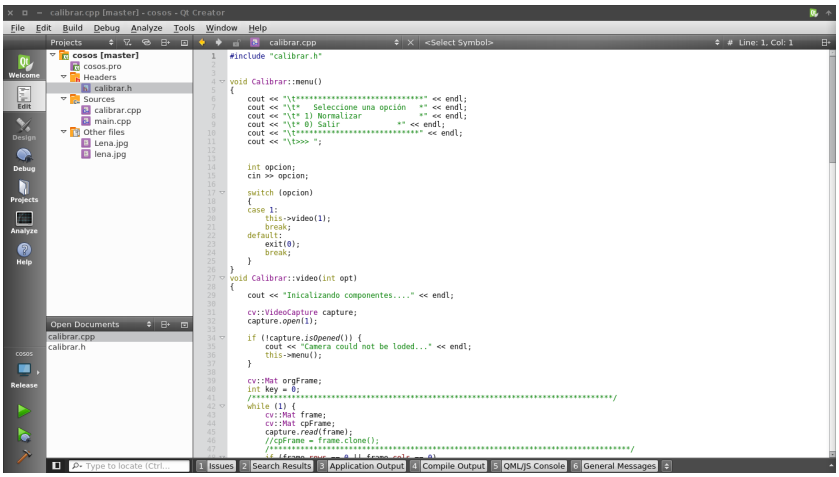
2.4.2. Programación Orientada a Objetos

El termino *'objeto'* se muestra omnipresente en la literatura sobre `Programación Orientada a Objetos`, sin embargo es frecuente que después de leer diversa descripciones hay ciertas confusiones, esto generalmente el comenzara a aproximarse al tema.
Así, se puede entender como correcto que *'un objeto es una encapsulación de datos y de los métodos para manipular estos'*, o, *'que es la instancia de una clase, siendo ésta la entidad conceptual que encapsula los comportamientos comunes a los objetos que representa'*, pero bien, estas definiciones son validas para eruditos de la materia, más no para todo el mundo, o sea, se asume que son verdaderas pero no dicen nada para el nonato. Pero entonces, ¿qué es un objeto? Bien, un objeto es es una entidad que representa un objeto del mundo real, relacionado con el problema que se aborda, por ahora no intente relacionar esto con ningún elemento informático, es solo así, un objeto es algo del mundo real y listo.

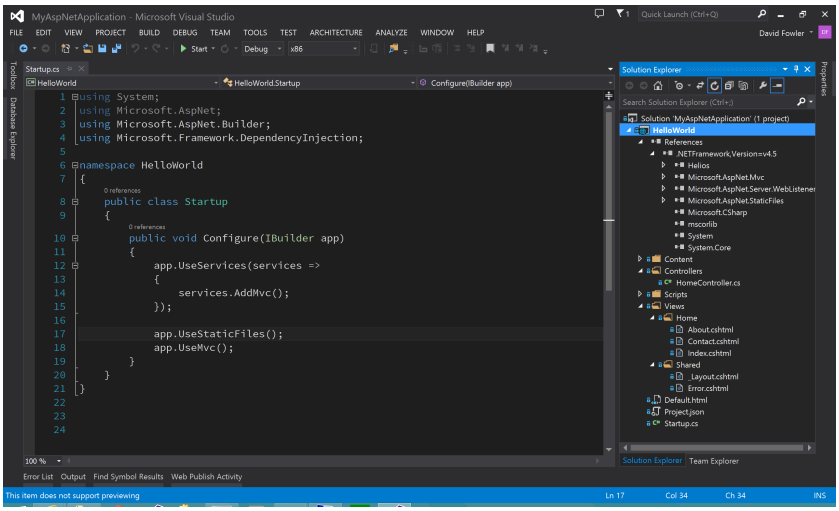
La `POO` es, simplificando, un sistema de programación que utiliza objetos para la resolución de problemas, interrelacionándolos mediante mensajes. Imaginemos, por ejemplo, que queremos desarrollar una aplicación para la gestión organizativa de un despacho profesional. En la vida real nos encontraríamos con directores, secretarios, computadoras, impresoras, etc. Una posible solución en OPP seria trasladar estos objetos al espacio de programación: el objeto teléfono, al sonar , lanzaría un mensaje primero al centro de control y luego a una determinada secretaria mecanizada, la cual, en calidad de objeto, podría responder reteniendo brevemente la llamada y enviando un mensaje de aviso a la operadora correcta.
Modelamos nuestra visión del problema a través de objetos que se relacionan entre si por *pocos canales*, de forma que la comunicación de mensajes se pretende alta y clara. En resumen se busca que las ligamentos entre distintos objetos sean transparentes para un observador externo.
Esto favorece en gran medida la comunicación entre los responsables de las distintas etapas de desarrollo de software.



(a) PyCharm

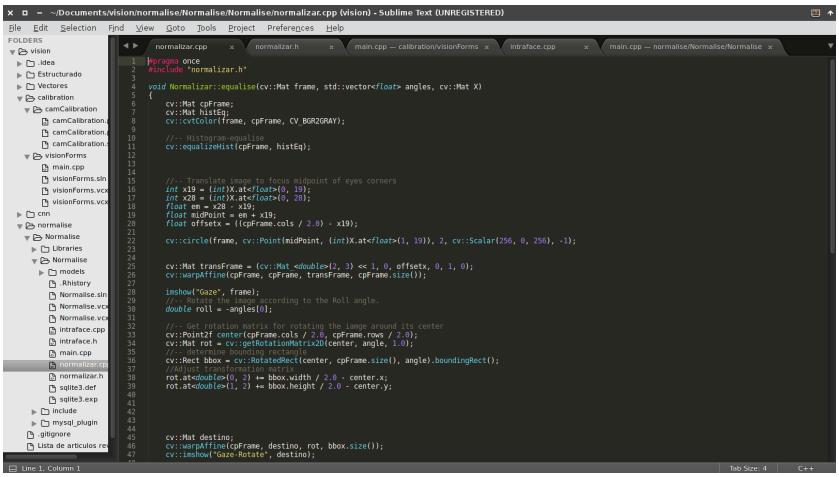


(b) Qt Creator

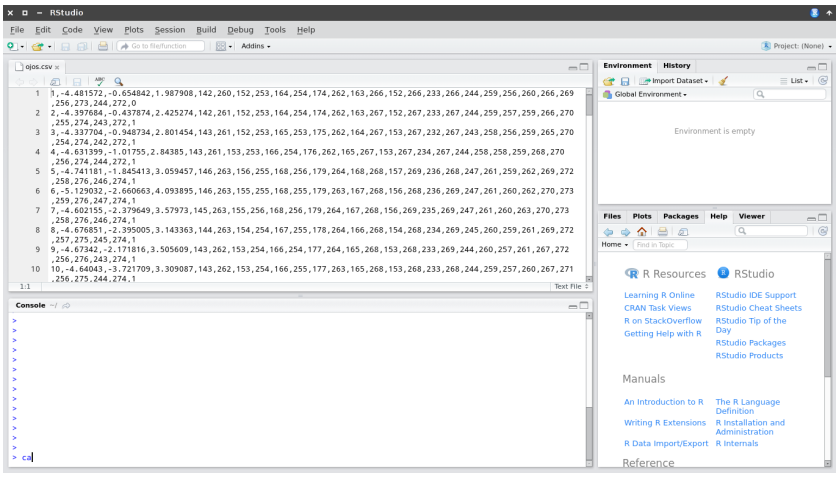


(c) Visual Studio

Figura 2.1: Herramientas de desarrollo.



(a) Sublime-Text



(b) RStudio

(c) CMake

Figura 2.2: Herramientas de desarrollo.

Capítulo 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

Acorde a las normas estipuladas en las metodologías usadas [2.4.1 y 2.4.2] se han seguido una serie de pasos para la correcta y efectiva realización del proyecto. Pese a que, a primera vista, la metodología de desarrollo extremo muestra algunas diferencias marcadas respecto a las tradicionalmente usadas (*Cascada, V, Espiral, etc.*) en el desarrollo de sistemas, en esencia conserva muchos de los puntos clave de estas, es el desarrollo mucho mas rápido y enfocado a generar los módulos por separado e integrarlos al sistema solo y únicamente, cuando cada uno haya pasado las pruebas unitarias correspondientes, eso, en resumen es lo que la hace diferente de las otras. En este capitulo se detallan las diferentes actividades, que componen el desarrollo tanto modular como integral del sistema, es importante notar que la naturaleza la metodología *xTreme Programing* hace que sean ciertamente diferentes a las tradicionales.

3.1. Análisis

Es importante recalcar que la planificación inicial partió desde un punto ya establecido, por decirlo de alguna forma, el proyecto ya contaba con una base inicial sobre la cual comenzar a trabajar, es por tanto importante tener en cuenta que la dirección a seguir ya había sido definida.

Sin embargo la falta de documentación hicieron difícil el saber con exactitud como proceder, razón por la cual se tuvo la necesidad de hacer un nuevo análisis, partiendo de la idea central del proyecto, para ello una de las primeras cosas que se realizaron y, quizá una de las más importantes fue buscar si había o no, una solución parecida en el mercado, el resultado fue que pese a que actualmente existen en el medio soluciones que proveen diferentes formas de accesibilidad, estas están lejos de afrontar el problema desde una solución parecida a la que se propone en el presente documento.

Posterior a eso se procedió a identificar las principales características necesarias para la construcción de la solución propuesta.
Las cuales de dividen en dos grandes áreas:

3.1.1. Requisitos funcionales

En términos simples nos referimos a este tipo de requerimientos como *aquellos que permiten la interacción directa del usuario con la interfaz, su funcionalidad y en forma breve las funciones del sistema*, si nos referimos al capítulo (1) sección (1.1) donde se describen de forma precisa los resultados esperados, es posible definir los elementos funcionales que se requieren.

1. Debe existir una panel de configuración dentro de la cual encontrar las siguientes herramientas:
    - Selección de la cámara a usar.
    - Calibración de la cámara (*webcam*).
    - Entrenamiento del sistema.
2. El seguimiento de la dirección de la mirada debe ser transparente al usuario.
3. La amplificación de la pantalla debe ser fluida y sin saltos bruscos.

Es claro que el nivel de interacción con el usuario a nivel de interfaz, es mínimo, la naturaleza del sistema lo hace ser mas una aplicación de asistencia.

3.1.2. Requisitos no funcionales

En esta sección se describen las funcionalidades que si bien forman parte integral del núcleo funcional del sistema, sí presentan una más interacciones con el o determinan en cierta medida el funcionamiento del mismo.
Entre las que podemos encontrar las siguientes:

Interacción con el usuario:

- La aplicación una vez instalada debe ser transparente al usuario, es decir funcionar en segundo plano.
- La única interacción directa constate sera a través de los ojos.

Requisitos de Hardware & Software: los siguientes son las características mínimas con las cuales debe de contar la máquina en que se instale la aplicación:

- Sistema operativo Micrososft Windows `7/8.1/10`.
- Librerías de 32 bits.
- Procesador Quad Core o superior.
- 4Gb RAM.
- 1Gb de espacio en disco.
- Tarjeta gráfica dedicada `Nvidia GeForce`, preferentemente.
- Cámara web con resolución estándar.

Seguridad: Dada la naturaleza de asistencia del sistema, entre las consideraciones de seguridad y dado que el manejo de datos sensibles no existe, se considera solo lo siguiente:

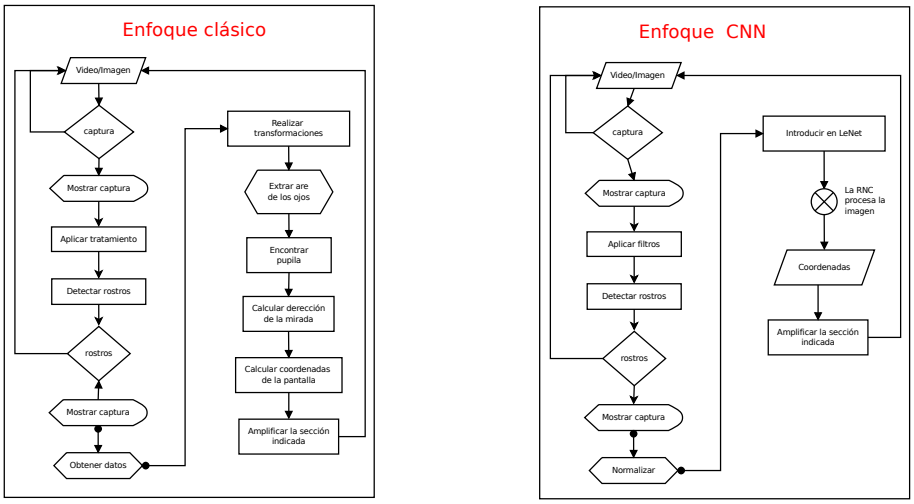
Disponibilidad: debe estar disponible mientras el equipo este encendido.

Condiciones de iluminación: para un funcionamiento aceptable las condiciones de iluminación del entorno son importantes, la siguiente lista contempla las principales a tener ene cuenta:

- Fuentes intensas de luz detrás del usuario.
- Oscuridad total o parcial.
- Cambios bruscos de luz.

Estas son solo recomendaciones en cuanto al entorno de operación, con el único objetivo de aumentar el rendimiento y confiabilidad.

Las características tanto internas del sistema como las externas, son las mínimas consideradas para tener un sistema funcional que cunmpla con los objetivos planteados, cumplir con todos los puntos es por tanto algo que no se puede evitar a fin de conseguir un resultado aceptable en la siguiente etapa.



(a) Clásico (b) LeNet

Figura 3.1: Los dos diferentes enfoques considerados a) Clasico b) LeNet

3.2. Diseño

Definidos los requerimientos, se deben generar un diseño que permita cumplir, de forma precisa todos los elementos que correspondan a al núcleo de la aplicación, así como los sub-sistemas periféricos.

3.2.1. Aproximación clásica

Una primera aproximación tomando como base el trabajo que ya existía al momento de tomar el proyecto fue, por decirlo de alguna forma una aproximación clásica, fundamentada de lleno en la segmentación de imágenes por métodos convencionales, extracción y detección de características por medio de cálculos matemáticos y segmentación de imágenes, la siguiente imagen (3.1(a)) ilustra claramente este enfoque

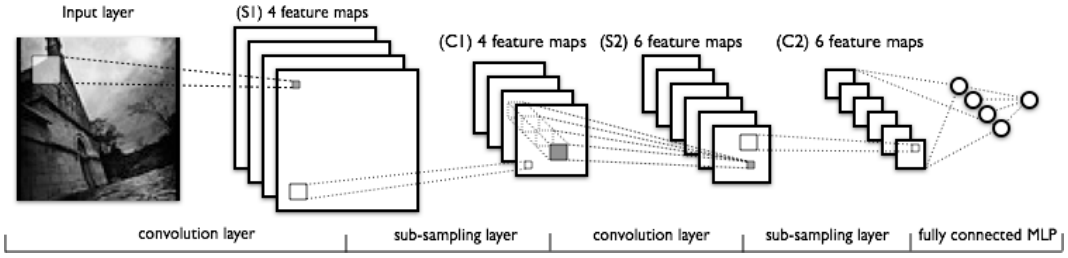


Figura 3.2: Ejemplo de una red neuronal convolucional

3.2.2. Aproximación por Red Neural convolucional

Sin embargo la solución clásica, nos es optima en condiciones no controladas, es decir fuera de las condiciones de un laboratorio, este método presenta rendimientos con niveles de precision bajos, las condiciones de iluminación, resolución, distancia a la cámara, etc., repercuten en el proceso de identificación de la dirección de la mirada.
Investigando maneras de reducir este problema y obtener un sistema mucho mas robusto y confiable, se descubrió una forma de afrontar el proyecto que hasta este punto no se había considerado: redes neuronales. [1]

Diseño de objetos.

En la imagen [3.1(b)] se muestra el diseño del enfoque basado en esta aproximación, como se puede observar el es prácticamente igual, al menos hasta la parte de la adquisición y reconocimiento del rostro, una ves obtenidos, el proceso cambia radicalmente pues la técnica para determinar la dirección de la mirada se hace usando las capacidades de las redes neuronales convolucionales (RNC) como en la figura [3.2].

Este modelo presenta enormes ventajas sobre el clásico, la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones, hacen que las redes neuronales sean la forma más confiable de abordar el problema. El diagrama [3.6] ilustra el modelo de interacción entre el usuario (*actor*) y el sistema.

[1] Encontrará más información al respecto en el Apéndice A [3.6].

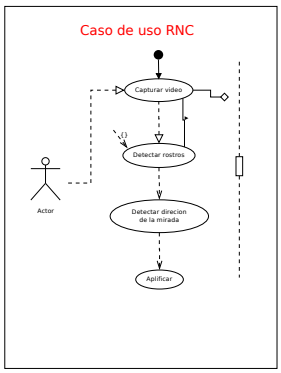


Figura 3.3: Diagramas de caso de uso.

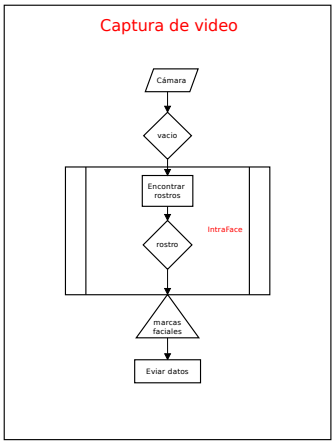
Diseño de interfaces

La cantidad de interfaces con las que cuenta el sistema se reduce a una, por simplicidad y facilidad ésta no cuenta con interfaz gráfica, es un pequeño menú en la ventana de símbolos del sistema (`CMD`), con tres opciones:

- **Iniciar:** inicia el sistema.
- **Calibrar** se encarga de obtener ciertos parámetros de la cámara.
- **Salir.**

En la etapa actual no es necesario que el usuario cuente con más opciones, pues dada la forma en que se procesara la información dentro de la red neuronal, el usuario realmente no necesita controlar los parámetros que esta usa para su funcionamiento.

Definida la forma en la que se van a interactuar los componentes internos del sistema y la interacción con el usuario y el usuario, solo queda, construir el sistema.



(a) Vídeo

Figura 3.4: Diagramas de flujo, diseño.

3.3. Desarrollo

En esta fase del desarrollo y definidas las características, requerimientos y diseñados los modelos, la construcción cada una de esas piezas que integran el sistema se debe hacer de forma que cumpla con cada una de ellas. Si nos referimos a la metodología POO y XP de la secciones [2.4.1] y [2.4.2], recordaremos pues que este proceso, incluidos los dos anteriores, los estaremos aplicando iteración, tras iteración, modulo tras modulo. La razón por la que en este documento no se ha incluido de forma explicita el proceso para cada uno de los módulos, es precisamente por eso, cada una de las piezas que componen el sistema se ha construido por separado, básicamente, solo una parte de todo el sistema se ha mantenido en cada fase, y esa es la parte encargada de realizar la captura de vídeo desde la cámara web y la detección de rostros en cada cuadro obtenido, esto haciendo uso de las librerías `IntraFace`[2.2.11] y `OpenCV`[2.2.10].

Las siguientes secciones tratan en mayor profundidad el desarrollo de los diferentes componentes del sistema.

3.3.1. Captura de vídeo y detección de rostros

Este modulo es el encargado de generar el flujo de entrada del sistema, comprobando la disponibilidad de la cámara, y el posterior procesado para el reconocimiento de rostros en cada uno de los cuadros capturados.

Básicamente lo que hace este modulo es toma un cuadro del stream del vídeo y lo analiza usando IntrFace, la librería retorna varios datos:

1. Orientación de la cabeza en el espacio 3D, *en ángulos de Euler* `Roll, Yaw, Pitch`.
2. Un conjunto de marcadores faciales, entre los que se encuentran seis coordenadas (x,y) para cada ojo.
3. La cantidad de rostros detectados y la zona de la pantalla en la cual esta cada uno.

Con todos estos datos es posible hacer recortes de la imagen en general y extraer regiones de interés, que en este caso son el área de los ojos y los datos sobre la orientación de la cabeza. Los cuales son enviados posteriormente a diferentes clases para seguir el proceso.

3.3.2. Normalizar imágenes

Antes de enviar las imágenes a la red neuronal `LeNet` para obtener la dirección de la mirada, es necesario realizar un tratamiento previo de las mismas, a fin de lograr los mejores resultados. Basicamnete lo que se hace como en [5], en resumen lo que se hace es normalizar tanto la imagen como la posición de la cabeza dentro del espacio de los ángulos polares. Para hacerlo, y entendiendo que fundamentalmente la posición de un objeto tiene seis grados de libertad, en el caso de querer estimar la dirección de la mirada el estimador debe hacerlo considerando cambios en 6D espaciales. Poro no toda esa información es necesaria, el estimador al final solo necesita dos grados de libertad, algo que se logra escalando y rotando la imagen a fin de compensar la perspectiva de la imagen, de forma que:

1. La cámara enfoque el punto medio entre los ojos desde una determinada distancia.

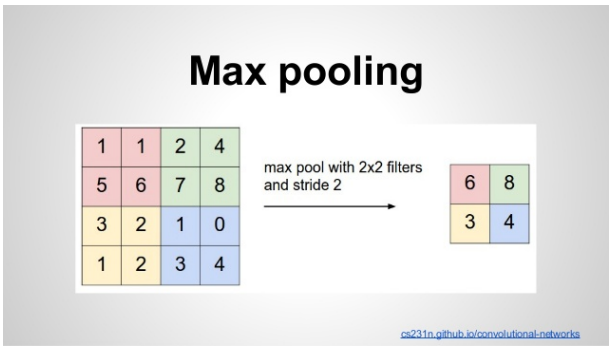
2. Hacer paralelos los ejes x, en el espacio de coordenadas de la cabeza y de la cámara

3. Recortar las secciones de lo ojos con una misma resolución W x H y una distancia focal en el espacio de normalizado de la cámara.

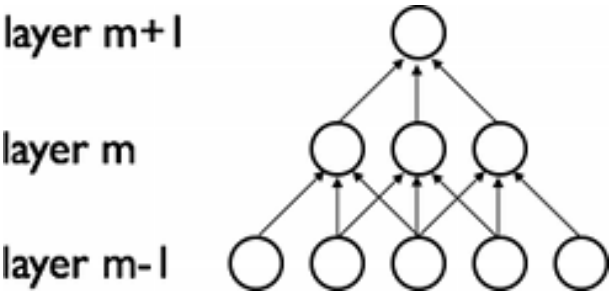
El resultado sera un conjunto de imágenes con una resolución estándar y un vector 2D de los ángulos de la cabeza (*Yaw y Pitch)*. De esta forma los valores reales de la posición de la mirada son convertidos al espacio normalizado en 2D de la cámara. Para reducir el efecto de las condiciones de iluminación el histograma de las imágenes es equializado antes del procesos de normalizar.

3.3.3. Procesado

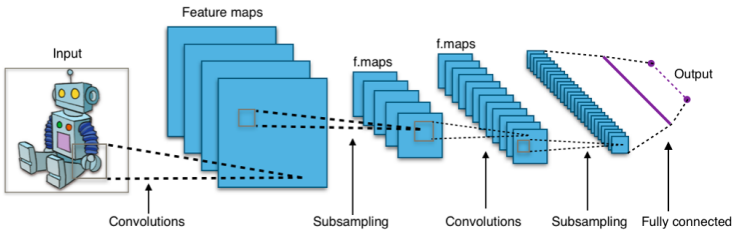
La tarea de la CNN es aprender a extraer de los datos entradas (*posición de la cabeza e imágenes de los ojos*, el angulo de la mirada en el espacio normalizado. Para lograr eso es el modelo usado es la arquitectura de red `LeNet` 3.5(b) que consiste en una capa de convolución seguida de una capa de *max-pooling* 3.5(a), una segunda capa de convolución y otra capa max-pooling, finalmente una capa totalmente conectada. Una representación de esto la podemos ver en la imagen [3.5(c)]. Se entreno una un regresor lineal sobre la capa totalmente conectada para predecir el vector del angulo de la mirada. Se uso una CNN multimodal, con eln de obtener ventaja de ambas imágenes de los ojos y la orientación de la cabeza. La dirección dela mirada fue agregada a la salida de la capa totalmente conectada. Las imagenes de entrada son de *60 x 36 pixeles* en escala de grises, para las dos primeras capas convolucionales el tamaño es de*5 x 5 pixeles*, mientras que el número de características es de 20 para la primera y 50 para la segunda. El número de neuronas en la capa oculta es de 500, y cada una de ellas esta conectada a las características encontradas en la capa convolucional anterior y es calculada por la sumatoria de todos los valores de activación. La salida de la res es un vector g 2D con los dos ángulos de la mirada *yaw y Pitch*. Como función de error se usa la sumatoria de los errores individuales en la medida de la distancias entre la predicción de g y el vector de ángulos actuales g.



(a) Max Pooling



(b) LeNet



(c) Tipica CNN

Figura 3.5: Pooling & LeNet

3.3.4. Amplificación

Una vez que las CNN nos entrega el vector con los ángulos de la mirara, estos son convertidos a una coordenada aproximada en el sistema de de la pantalla en cuestión, una vez hecho ese paso, lo único que resta es llamar a la API de maginificación de Microsoft Windows y pasar como parámetros la coordenada (X, Y) estimada del vector 2D g. El resultado es una ventana que muestra la sección de la pantalla

3.4. Pruebas

Las pruebas realizadas hasta el momento aun no se aplican al sistema completo, en el estado actual de desarrollo solo se han hecho pruebas unitarias para cada uno de los módulos, de acuerdo a la metodología, cada uno de ellos fue agregado al sistema solo cuando su comportamiento cumplió las especificaciones iniciales.

Una vez terminada de construir e implementar la rede neuronal con el resto de los componentes se incluirán los resultados de las pruebas de rendimiento.

3.5. Conclusiones

Divertido e interesante, si tuviera que definir lo que este proyecto ha sido para mi, esas serian las palabras que elegiría. Obviamente hay muchas cosas más que me ha dejado, la cantidad de aprendizaje ha sido monumental, comenzado por la que es quizá la lección más importante, me ha quedado claro que no debo subestimar la complejidad de un problema solo por que en la teoría y en la definición de los objetivos, suene y parezca algo fácil, mi asesor de `CICATA` me contó una historia al inicio de la estadía que mas o menos va así:

En alguna universidad por los 50's, un alumno y un profesor platicando sobre el tema de visión artificial, salio pues el tema de como hacer posible que las máquinas puedan ver el mundo, el alumno subestimando el problema dijo al profesor que esperara, que el construiría esa máquina, a día de hoy es algo que aun no logra hacer, las dificultades encontradas son grandes, pese a la simplicidad aparente de la tarea.

Creo que con algo de pena debo decir que he cometido el mismo error de ese estudiante, subestime el problema al inicio, al final me di cuenta que de haber abordado el problema con la responsabilidad que lo hago ahora, hubiese logrado resultados mucho más allá de los planteados.

Por otro lado, es muy interesante ver como el modelo de aproximación que se implemento, es parte de una de las ramas de la tecnología que presenta actualmente un panorama muy prometedor en la industria de la información, las capacidades de calculo actuales

son por primera vez, aptas para llevar la potencia de calculo de los métodos aplicados, al usuario común. El panorama que se ha abierto ante mi es alentador, me descubro a mi mismo, este será el camino que seguiré en mi linea de especialización.

Como último debo agradecer al Dr. Joaquín, mi asesor interno por parte de CICATA, pues de alguna forma despertó en mi el interés por seguir preparándome, y quien sabe, es posible que el próximo semestre este aquí comenzando la maestría.

Apéndice A

3.6. Redes Neuronales

Las Redes Neuronales son un campo muy importante dentro de la Inteligencia Artificial. Inspirándose en el comportamiento conocido del cerebro humano (principalmente el referido a las neuronas y sus conexiones), trata de crear modelos artificiales que solucionen problemas difíciles de resolver mediante técnicas algorítmicas convencionales.

En esta página web trataremos de acercar al visitante a este tema, mostrando las bases neurológicas y matemáticas, los principales modelos vigentes y ejemplos interactivos que solucionan algunos problemas de forma eficaz.

3.6.1. Historia

Desde la década de los 40, en la que nació y comenzó a desarrollarse la informática, el modelo neuronal la ha acompañado. De hecho, la aparición de los computadores digitales y el desarrollo de las teorías modernas acerca del aprendizaje y del procesamiento neuronal se produjeron aproximadamente al mismo tiempo, a finales de los años cuarenta.

Desde entonces hasta nuestros días, la investigación neurofisiológica y el estudio de sistemas neuronales artificiales (ANS, Artificial Neural Systems) han ido de la mano. Sin embargo, los modelos de ANS no se centran en la investigación neurológica, si no que toma conceptos e ideas del campo de las ciencias naturales para aplicarlos a la resolución de problemas pertenecientes a otras ramas de las ciencias y la ingeniería.

Podemos decir que la tecnología ANS incluye modelos inspirados por nuestra comprensión del cerebro, pero que no tienen por qué ajustarse exactamente a los modelos derivados de dicho entendimiento.

Los primeros ejemplos de estos sistemas aparecen al final de la década de los cincuenta. La referencia histórica más corriente es la que alude al trabajo realizado por Frank Rosenblatt en un dispositivo denominado perceptrón. Hay otros ejemplos, tales como el desarrollo del Adaline por el profesor Bernard Widrow.

Durante todos estos años, la tecnología ANS no siempre ha tenido la misma consideración en las ramas de la ingeniería y las ciencias de la computación, más ansiosas de resultados que las ciencias neuronales. A partir de 1969, el pesimismo debido a las

limitadas capacidades del perceptrón hizo languidecer este tipo de investigación.

A principios de los 80, por un lado Hopfield y sus conferencias acerca de la memoria autoasociativa y por otro lado la aparición del libro Parallel Distributed Processing (PDP), escrito por Rumelhart y McClelland reactivaron la investigación en el campo de las redes neuronales. Hubo grandes avances que propiciaron el uso comercial en campos tan variados como el diagnóstico de enfermedades, la aproximación de funciones o el reconocimiento de imágenes.

3.6.2. Modelo de neurona biológica

Fue Ramón y Cajal (1888) quién descubrió la estructura celular (neurona) del sistema nervioso 3.6(b). Defendió la teoría de que las neuronas se interconectaban entre sí de forma paralela, y no formando un circuito cerrado como el sistema sanguíneo. Una neurona consta de un cuerpo celular (soma) de entre 10 y 80 mm, del que surge un denso árbol de ramificaciones (dendritas) y una fibra tubular (axón) de entre 100 mm y un metro. De alguna forma, una neurona es un procesador de información muy simple:

- **Canal de entrada:** dendritas.
- **Procesador:** soma.
- **Canal de salida:** axón.

Una neurona cerebral puede recibir unas 10.000 entradas y enviar a su vez su salida a varios cientos de neuronas. La conexión entre neuronas se llama sinapsis. No es una conexión física, si no que hay unos 2 mm de separación. Son conexiones unidireccionales, en la que la transmisión de la información se hace de forma eléctrica en el interior de la neurona y de forma química entre neuronas; gracias a unas sustancias específicas llamadas neurotransmisores.

3.6.3. Modelo de neurona artificial

El modelo de Rumelhart y McClelland (1986) define un elemento de proceso (EP), o neurona artificial 3.6(a) , como un dispositivo que a partir de un conjunto de entradas,

$xi(i = 1...n)$ o vector x, genera una única salida y. Esta neurona artificial consta de los siguientes elementos:

- Conjunto de pesos sinápticos wij. Representan la interacción entre la neurona presináptica j y la postsináptica i.
- Función de activación $ai(t) = f(ai(t-1), hi(t))$: proporciona el estado de activación de la neurona en función del estado anterior y el valor postsináptico
- Regla de propagación $d(wij, xj(t))$: proporciona el potencial postsináptico, $hi(t)$.
- Función de salida $Fi(t)$: proporciona la salida $yi(t)$, en función del estado de activación.

Las señales de entrada y salida pueden ser señales binarias (0,1 – neuronas de McCulloch y Pitts), bipolares (-1,1), números enteros o continuos, variables borrosas, etc. La regla de propagación suele ser una suma ponderada del producto escalar del vector de entrada y el vector de pesos:

$$h_i(t) = \Sigma w_{ij} w_j$$

También se usa a menudo la distancia euclídea entre ambos vectores:

$$h_i(t) = \Sigma (w_{ij} w_j)^2$$

Existen otro tipo de reglas menos conocidas como la distancia de Voronoi, de Mahalanobis, etc. La función de activación no suele tener en cuenta el estado anterior de la neurona, sino sólo el potencial hi(t). Suele ser una función determinista y, casi siempre, continua y monótona creciente. Las más comunes son la función signo (+1 si hi(t)>0, -1 en caso contrario), la función semilineal y las funciones sigmoides 3.6(c). La función de salida suele ser la identidad. En algunos casos es un valor umbral (la neurona no se activa hasta que su estado supera un determinado valor).

3.6.4. Red Neuronal Artificial

Una red neuronal artificial (RNA) se puede definir (Hecht – Nielssen 93) como un grafo dirigido con las siguientes restricciones:

- Los nodos se llaman elementos de proceso (EP).
- Los enlaces se llaman conexiones y funcionan como caminos unidireccionales instantáneos
- Cada EP puede tener cualquier número de conexiones.
- Todas las conexiones que salgan de un EP deben tener la misma señal.
- Los EP pueden tener memoria local.
- Cada EP posee una función de transferencia que, en función de las entradas y la memoria local produce una señal de salida y / o altera la memoria local.
- Las entradas a la RNA llegan del mundo exterior, mientras que sus salidas son conexiones que abandonan la RNA.

3.6.5. Tipos de arquitectura de las RNA

La arquitectura de una RNA es la estructura o patrón de conexiones de la red. Es conveniente recordar que las conexiones sinápticas son direccionales, es decir, la información sólo se transmite en un sentido.

En general, las neuronas suelen agruparse en unidades estructurales llamadas capas. Dentro de una capa, las neuronas suelen ser del mismo tipo. Se pueden distinguir tres tipos de capas:

- De entrada: reciben datos o señales procedentes del entorno.
- De salida: proporcionan la respuesta de la red a los estímulos de la entrada.
- Ocultas: no reciben ni suministran información al entorno (procesamiento interno de la red).

Generalmente las conexiones se realizan entre neuronas de distintas capas, pero puede haber conexiones intracapa o laterales y conexiones de realimentación que siguen un sentido contrario al de entrada-salida.

3.6.6. Aprendizaje de las RNA

Es el proceso por el que una RNA actualiza los pesos (y, en algunos casos, la arquitectura) con el propósito de que la red pueda llevar a cabo de forma efectiva una tarea determinada. Hay tres conceptos fundamentales en el aprendizaje:

- **Paradigma de aprendizaje:** información de la que dispone la red.
- **Regla de aprendizaje:** principios que gobiernan el aprendizaje.
- **Algoritmo de aprendizaje:** procedimiento numérico de ajuste de los pesos.

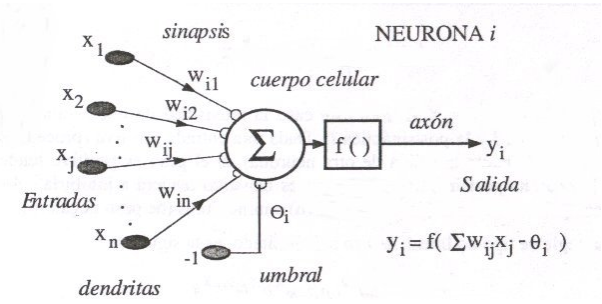
Existen dos paradigmas fundamentales de aprendizaje:

- **Supervisado:** la red trata de minimizar un error entre la salida que calcula y la salida deseada (conocida), de modo que la salida calculada termine siendo la deseada.
- **No supervisado o auto rganizado:** la red conoce un conjunto de patrones sin conocer la respuesta deseada. Debe extraer rasgos o agrupar patrones similares.

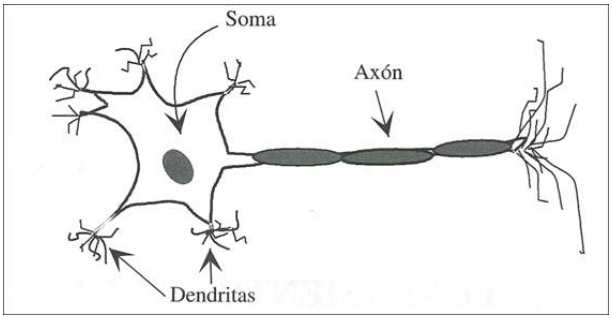
En cuanto a los algoritmos de aprendizaje, tenemos cuatro tipos:

- **Minimización del error:** reducción del gradiente, retropropagación, etc. La modificación de pesos está orientada a que el error cometido sea mínimo.
- **Hebb:** cuando el disparo de una célula activa otra, el peso de la conexión entre ambas tiende a reforzarse (Ley de Hebb).
- **Boltzmann:** para redes estocásticas, donde se contemplan parámetros aleatorios.
- **Competitivo:** sólo aprenden las neuronas que se acercan más a la salida deseada.

Los algoritmos, y en general el proceso de aprendizaje, son complejos y suelen llevar bastante tiempo computacionalmente hablando. Su ventaja es que una vez ha aprendido, la red puede congelar sus pesos y funcionar en modo recuerdo o ejecución.

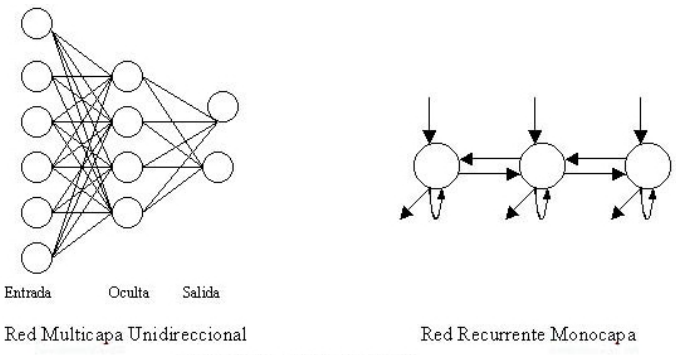


(a) Artificial



(b) Biológica

(c) Activacion



(d) Arquitectura

Figura 3.6: Modelos de neuronas

Glosario

Linux

GNU/Linux Sistema Operativo creado y distribuido por miles de personas alrededor del mundo 7

Mac

Sistema Operativo creado y distribuido por Apple 7

SO

Es el sistema o conjunto de aplicaciones que permiten que una computadora lleven a cabo sus funciones. 7

Windows

Sistema Operativo creado y distribuido por Microsoft. 7

Bibliografía

[1] **Ian Sommerville**, Ian Sommerville, María Isabel Alfonso Galipienso [*ingeniería del software, Séptima edición.*]. Pearson Educación.S.A., Madrid, 2005. ISBN: 84-7829-074-5

[2] **Beck** Kent Beck [.*Extreme Programming Explained: Embrace Change"*], Addison-Wesley Pub Co; ISBN: 0201616416, 1.ª Edición octubre 1999

[3] **Development Core Team (2008)**. R Foundation for Statistical Computing, [*R: A language and environment for statistical computing.*] Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, http://www.R-pro ject.org

[4] **Santana Sepúlveda, Julio Sergio**. Julio Sergio Santana Sepúlveda y Efraín Mateos Farfán. [*El arte de programa en R: un lenguaje para la estadística.*] México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, UNESCO, 2014. SBN: 978-607-9368-15-9

[5] **Y.Sugano** Y.Sugano, Y. Matsushita and Y. Sato. [*Learning-by-sythesis for appeareance-based 3d gaze estimation.*] In Proc. CVR, pages 1821-1828, 2014, 1,2,3,4,5,6,7,8.

[6] **Rául Gonzáles Duque**, Rául Gonzáles Duque [*Python para todos.*] Este libro se distribuye bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento 2.5 España

[7] **David** David E.Brumbaugh [*Object-Oriented Developement with C++*]. Edt.Wile, 1994.

[8] **Fowler** Martin Fowler [*Variations on a Theme of XP*], http://www.martinfowler.com/articles/xpVariation.html

[9] **Harrison** Peter Harrison [*Evolutionary Programming*], http://www.devcentre.org/research/evoprogramming.htm