

**Análisis de Software y Hardware de la
computadora OLPC
Informe Marzo 2007
Proyecto OLPC**

Lic.Martín Degrati, Ing.Alejandro Furfaro, Dr.Hugo D.Scolnik

Departamento de Computación

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Buenos Aires

12 de Marzo de 2007

Tabla de Contenidos

Introducción.....	4
Descripción del Dispositivo	4
Dimensiones Físicas	4
Electrónica	4
Pantalla	4
Periféricos Integrados.....	4
Conectores Externos.....	5
Batería.....	5
BIOS	5
Software.....	5
Sistema Operativo	7
Análisis de la distribución Fedora Core	7
Locales y capacidades de castellanización.....	7
Capacidad de almacenamiento.....	8
Software de Administración	8
Administración de Red.....	8
Administración de Software.....	9
Seguridad de la Información.....	11
Usuarios.....	12
Actualizaciones de seguridad	13
Protección de la información almacenada.....	13
Herramientas de protección anti-virus.	13
Reglas para filtrado de paquetes, correos electrónicos, etc.....	14
Posibilidad de limitar la navegación en Internet	14
Disponibilidad de Software.....	14
Interfaz gráfica.....	15
Herramientas educativas	16
Herramientas de oficina	17
Compiladores y Lenguajes de programación	17
Software de impresión: CUPS o equivalente.	17
Juegos.....	17
Hardware	17
Para el análisis del hardware utilizado por los prototipos BTest 1 de las laptops OLPC, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:	17
Arquitectura	18
Procesador	18
Memoria RAM	19
Buses internos.....	19
Interfaces USB.....	19
Audio	19
Dispositivos base	19
Hardware de Conectividad Internet	19
Almacenamiento	20
Performance	21
Objetivo	21
Material y Métodos	21
Ejecución del test.....	22
Resultados	25
Conclusiones.....	28
Consumo	29
Tiempo de recuperación de carga	29

<i>Tiempo de autonomía</i>	29
<i>Valores de consumo promedio</i>	29
<i>Condiciones de diseño para economización de energía</i>	29
Ergonomía.....	30
<i>Hardware de interfaz de usuario</i>	30
<i>Teclado</i>	30
<i>Mouse</i>	30
<i>Display</i>	30
<i>Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)</i>	30
Conectividad a Internet.....	31
Misceláneos	33
Accesorios.....	33
Vida útil de los dispositivos de almacenamiento	33
Extensiones de almacenamiento	35
Referencias.....	36

Introducción

El objetivo de este documento es presentar un informe detallado sobre los dispositivos tipo laptop que se producirán como parte del proyecto OLPC, centralizando el análisis en las herramientas de software disponibles, y las prestaciones del hardware correspondiente.

Descripción del Dispositivo

Para el desarrollo del informe se utilizaron los prototipos Beta Test 1 (BTest1) de las laptops, ejecutando la distribución oficial del software, desarrollado en forma conjunta por la organización OLPC, la empresa Redhat y la comunidad de Software Libre.

Los prototipos BTest 1 de las laptops OLPC cuentan con las siguientes especificaciones de hardware:

Dimensiones Físicas

- Dimensiones: 193mm×229mm×64mm (as of 3/27/06—subject to change)
- Peso: Menos de 1.5 KG
- Configuración: Laptop convertible, con pantalla reversible y pivotante.

Electrónica

- AMD Geode LX-500@0.8W
- Velocidad de reloj de la CPU: 433 Mhz
- Compatibilidad: X86/X87
- Chipset: AMD CS5536 South Bridge
- Controladora Gráfica: Integrada en la CPU Geode; arquitectura de memoria unificada.
- Memoria RAM: 256 MB DDR266 133 Mhz
- Open Firmware bootloader; 1024KB SPI-interface flash ROM
- Almacenamiento Masivo: 1024 MiB SLC NAND flash, high speed flash controller
- Discos: No posee discos rígidos, unidad de CD's ni disqueteras.

Pantalla

- Cristal líquido con display TFT de 7.5" Dual-mode
- Área de visualización: 152.4 mm × 114.3 mm
- Resolución: 1200 (H) × 900 (V) (200 DPI)
- Display Monocromático: Modo monocromático reflectivo de alta resolución.
- Display Color.
- Posee un chip especial "DCON", que permite que el display siga vivo con el procesador suspendido.

Periféricos Integrados

- Teclado de 70 teclas, con membrana plástica cobertora resistente al agua.
 - Disposición de las teclas en español.
- Touchpad: Dual capacitance/resistive touchpad
- Audio: Analog Devices AD1888, coded de audio compatible AC97; stereo. Micrófono y dos parlantes internos ubicados en la pantalla del dispositivo.

- Red Inalámbrica: Marvell Libertas 88W8388+88W8015, 802.11b/g compatible; Antenas coaxiales rotativas.
- Indicadores de estado: Corriente, batería, WiFi
- Cámara de video incorporada con una resolución de 640×480, y 30FPS, ubicada en la pantalla del dispositivo.

Conectores Externos

- Conector de corriente: 2-pin DC-input, 10 to 25 V, -23 to -10 V
- Entrada y salida de audio.
- Expansión: 3 puertos USB 2.0 Tipo-A. SD Card slot

Batería

- Batería tipo NiMH (or LiFeP) removible de 4 o 5 Celdas, 6V
- Capacidad: 22.8 Watts-hora
- Sensor térmico integrado
- Soporta al menos 2,000 ciclos de carga/descarga

BIOS

- Open Firmware, 1024KB SPI-interface flash ROM

Figura 1:



Software

Para el análisis del software se utilizaron las imágenes disponibles para descarga desde el sitio oficial de RedHat-OLPC (<http://olpc.download.redhat.com/olpc/streams/development>). El repositorio oficial de software se encuentra en una etapa de evolución activa, produciendo nuevas

imágenes con periodicidad prácticamente semanal, e inclusive en muchas ocasiones más de una por semana. Para la confección de este documento se utilizó la imagen mas reciente al momento de elaboración, correspondiente al día 12 de Marzo de 2007 (olpc-redhat-stream-development-build-303-20070312_1800-jffs2.img).

Existen dos alternativas para utilizar las imágenes descargadas sobre las laptops BTest1. La primera alternativa, similar a lo que se hacía con prototipos anteriores, consiste en realizar una copia binaria de la imagen sobre un disco USB de al menos 512 MB de capacidad de almacenamiento. Al encender la laptop con el disco USB conectado, se iniciara desde la imagen del sistema operativo contenida en su interior, sin utilizar la distribución almacenada en la memoria flash interna. Esta tarea se realiza ejecutando el siguiente comando:

```
# dd if=<imagen> of=/dev/<unidad_correspondiente_al_dispositivo_USB>
```

La segunda alternativa consiste en actualizar el software almacenado en la memoria flash del dispositivo. El procedimiento para esta alternativa requiere el uso de un disco USB con al menos 220 MB de espacio libre sobre la partición primaria. Se extrae sobre este disco el contenido de un archivo comprimido que se descarga directamente desde el sitio antes mencionado, y se enciende la laptop con este disco conectado al puerto USB. La laptop detecta la imagen contenida en el disco y comienza automáticamente el proceso de actualización de la BIOS y de la imagen del sistema operativo almacenada en la memoria flash interna.

NOTA: Este procedimiento sobrescribe todo el software disponible previamente en la memoria flash interna del dispositivo.

La distribución oficial de software esta basada principalmente en software libre. Se propusieron los siguientes objetivos para lograr el nivel de libertad deseada con el software:

- debe incluir el código fuente y permitir la modificación por los desarrolladores, el gobierno y los usuarios finales
- debe permitir la distribución de copias modificadas del software bajo la misma licencia
- debe permitir la redistribución sin necesidad de solicitar permiso
- no debe requerir el pago de royalties o cualquier otro importe en concepto de redistribución y/o modificación
- no debe imponer restricciones sobre software que puede ser distribuido como parte del mismo conjunto
- debe permitir el traspaso de estos derechos junto con el software
- debe soportar y promover formatos abiertos y sin cargas de patentes para archivos e intercambio de datos

Lógicamente, la decisión de adoptar software libre como plataforma de base para el proyecto OLPC contribuye a la reducción de costos del proyecto en su totalidad.

El sitio oficial de OLPC fomenta la colaboración de los países interesados en adherir al proyecto en el desarrollo de software y particularmente de contenido educativo. De hecho, ya hay varias distribuciones locales de software (todas ellas basadas en el sistema operativo Linux) corriendo exitosamente sobre el hardware de las laptops OLPC.

Sistema Operativo

La distribución oficial del software para el proyecto OLPC correrá una versión (certificada) del sistema operativo Linux, la cual estará basada en la distribución Fedora Core 6, cuyo desarrollo y soporte se encuentra a cargo de la empresa Red Hat.

Si bien la versión certificada del software de las máquinas correrá sobre un núcleo adaptado de la distribución Fedora Core de Linux, la apertura del diseño hará posible la elección entre diferentes distribuciones de Linux, e inclusive quizás de otros sistemas operativos popularmente conocidos (Ej: Windows, MAC OS X, etc.). De hecho, como se enunció en la sección anterior, existen en la actualidad varias distribuciones de Linux desarrolladas en forma local que ya han sido adaptadas para su correcta ejecución sobre las laptops OLPC.

(Distribuciones locales: Ututo y Lihuen de la Universidad de La Plata).

Análisis de la distribución Fedora Core

Fedora se compone de un conjunto de proyectos que cuentan con el patrocinio de la empresa RedHat, desarrollados por una gran comunidad de gente que se esfuerza por proveer y mantener software de código abierto y estándares.

El principal proyecto del grupo se denomina Fedora Core, y consiste en un sistema operativo de distribución libre basado en Linux. Este sistema operativo es justamente la base del software escogido para los dispositivos OLPC.

Existen diferencias significativas entre la versión original de Fedora Core y la versión OLPC: en primer lugar, el núcleo del sistema operativo fue levemente modificado para aprovechar mejor los recursos de hardware de los dispositivos OLPC, y lograr una mejor performance considerando fundamentalmente que los recursos de las máquinas son bastante limitados. En segundo lugar, los componentes de software incorporados en las imágenes disponibles para los dispositivos OLPC contienen sólo un pequeño conjunto de los componentes disponibles para Fedora Core. El objetivo de incorporar solo las herramientas mínimas e indispensables deriva de la capacidad limitada de almacenamiento, dado que las primeras máquinas serán distribuidas con una unidad Flash USB de 512 MB, y deberá quedar gran parte de este espacio disponible para el almacenamiento de información de los usuarios.

Locales y capacidades de castellanización

En software, un “Locale” especifica la elección de un lenguaje, un país y la forma específica de representar tipos comunes de información en cada cultura. Específicamente, cada locale define, además del lenguaje, la forma de representar:

- La hora. Por ejemplo: 14:00 vs. 2:00 PM
- Fechas. Por ejemplo: 03/10/2006 vs. 2006-3-2
- Números. Por ejemplo: 1.000.000,1 vs. 1,000,000.1
- La moneda: Por ejemplo \$100 vs. USD100
- Conjuntos de caracteres y codificación: ASCII extendido vs. Unicode UTF-8
- Medidas. Por ejemplo: SM (sistema métrico) vs. US

Las primeras imágenes del software descargadas no contaban con la posibilidad de castellanización, situación que ha sido resuelta en las versiones mas recientes. En particular, la imagen probada

cuenta con los paquetes y archivos necesarios para castellanizar el sistema operativo.

Cada aplicación que corra sobre el sistema operativo necesita a su vez ofrecer la posibilidad de ser castellanizado. Consultando la documentación del proyecto, se observa que se dedica especial interés a fomentar que en cada nación que adhiera al proyecto se formen grupos locales de personas para colaborar con las adaptaciones necesarias que faciliten utilizar en lenguaje local todas las componentes de software que componen la distribución oficial.

Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de las laptops OLPC será inicialmente de 512 MB, de los cuales se estima que se destinarán aproximadamente 100 MB para el sistema operativo y aplicaciones necesarias (en formato comprimido), quedando aproximadamente 400 MB disponibles para el usuario.

En la actualidad, las imágenes recientemente publicadas ocupan algo más de 200 MB para el sistema operativo, dejando solo alrededor de 300 MB de capacidad de almacenamiento disponible para el usuario.

Software de Administración

En esta sección se pretende analizar el software disponible para la administración del hardware y periféricos conectados o a conectar a los dispositivos OLPC, y la facilidad de operatoria del mismo.

La interfaz gráfica ofrecida por las versiones más recientes del software oficial no posee aún elementos para invocar un centro de control, o herramienta similar que permita configurar, agregar y/o quitar periféricos o componentes de hardware adicionales a las laptops OLPC (Ej: impresoras, disqueteras USB, etc.).

Cabe mencionar que la interfaz gráfica aún sigue siendo uno de los elementos en desarrollo más activo y en constante evolución, y es posible que la herramienta mencionada se encuentre disponible en alguna actualización futura.

Administración de Red

Cada laptop OLPC tiene incorporado un adaptador de red inalámbrico. Estos adaptadores son compatibles con el estándar WLAN IEEE 802.11, y con el agregado de que pueden formar parte de una red en malla (Mesh-Wireless), en la que cada nodo puede estar conectado con varios nodos vecinos ofreciendo la posibilidad de redireccionar los paquetes de vecinos ampliando de esta manera el alcance de la red.

Los prototipos BTest 1, que se utilizaron para el presente informe, aún no cuentan con la posibilidad de configurar la red en malla (mesh). Las pruebas de laboratorio realizadas sobre las placas inalámbricas de las laptops se limitaron a probar y medir alcance, estabilidad y ancho de banda en la transferencia de datos sobre una red wireless estándar.

Los tiempos y anchos de banda obtenidos durante la transferencia de datos fueron aceptables, y propios del tipo de placa de red disponible. A continuación se presenta una tabla con algunos ejemplos de los resultados obtenidos copiando archivos con la herramienta Secure Copy (SCP) desde una PC hacia la laptop OLPC:

<i>Tamaño del Archivo</i>	<i>Tiempo de Transferencia</i>	<i>Ancho de Banda Promedio</i>
1 Mb	2 s	512 Kb/s
10 Mb	17 s	602.4 Kb/s
50 Mb	1 m 37 s	527.8 Kb/s

Configuración de los adaptadores de red

La interfaz gráfica de las laptops posee un icono en el rincón superior derecho de la pantalla, que se utiliza para detectar las redes inalámbricas en alcance, y permite conectarse a cualquiera de éstas.

Si la red inalámbrica a la que se desea conectar es una red protegida por un protocolo de encriptación (WEP o WPA), la herramienta solicita al usuario el ingreso de la contraseña necesaria para poder establecer la conexión. El software no contempla, por el momento, mecanismos de autenticación y/o encriptación más avanzados para redes wireless (por ejemplo, el uso de certificados digitales).

La aplicación de conexión a redes inalámbricas demostró, por el momento, comportarse de manera bastante inestable y errática. Por momentos la aplicación funcionó correctamente, y por momentos no se logró ninguna respuesta al presionar sobre el icono mencionado para tratar de conectarse a una red inalámbrica.

Lógicamente también existe la alternativa, utilizada sobre prototipos anteriores, de configurar los adaptadores de red inalámbricos desde la línea de comandos del sistema operativo.

Configuración de Internet

En el escenario del laboratorio sobre el que se realizaron las pruebas, la conexión a Internet fue compartida por un switch D-Link con una extensión inalámbrica estándar y una conexión ADSL a Internet. Éste switch se comportó como gateway por defecto, aplicando enmascaramiento (NAT) para la navegación en Internet.

La velocidad de navegación fue normal, y la limitación de ancho de banda para la descarga de archivos fue propia del límite establecido por la conexión de tipo ADSL.

Configuración de recursos compartidos

La imagen que se utilizó para las pruebas aún no tiene resuelto el problema de compartición de recursos. Se estima que este problema estará resuelto en versiones posteriores del software oficial.

Administración de Software

Dado que los dispositivos OLPC fueron diseñados para chicos, y no para administradores o programadores, se espera que se les permita jugar (y aprender) tanto con el sistema operativo base como con los programas instalados sobre éste. Al mismo tiempo, sin embargo, debe ser factible y fácil reparar cualquier daño provocado por los chicos.

Para lograr este objetivo, se debe poder reemplazar en cualquier momento, y por personal no necesariamente experto, la imagen del sistema operativo dentro de la unidad flash USB. Esto último, sin embargo, debe poder llevarse a cabo de forma tal que el procedimiento preserve la información (documentos y/o programas instalados por los chicos) que pueda haber estado almacenada dentro del dispositivo.

Por el momento, el único procedimiento disponible para descargar una imagen del sistema operativo en la memoria flash interna de las laptops es el descrito en la sección “Software”, e implica la sobreescritura completa de los datos almacenados previamente, no permitiendo conservar los datos que pudiera tener almacenados el alumno.

No obstante, se halló documentación que explica la forma la forma en que se pretende lograr esta funcionalidad. La idea consiste en mantener dos particiones dentro de la memoria flash interna. Una para el sistema operativo y aplicaciones de base, y otra para los datos manipulados por los chicos usuarios de las laptops. De esta forma, de producirse un error fatal que requiera la reinstalación de la imagen del sistema operativo, sólo se modificará el contenido de la primera partición, quedando la segunda intacta sin que se vea afectada la información almacenada en ésta.

Instalación de nuevo software

La interfaz gráfica no ofrece elementos para acceder a una herramienta de administración de software. Consultando la documentación de OLPC respecto a este tema, se encontró la siguiente explicación:

Debido al tamaño reducido de la plataforma, y considerando que no se trata de una distribución clásica de Linux, sino de una distribución acotada en la cual se conoce cada uno de los componentes disponibles, no se ofrecerá, como es común en las diversas distribuciones de Linux, un administrador de paquetes (package manager) de software como parte de la distribución oficial. En su lugar, se pondrá el foco en la forma de habilitar a la gente para producir software que ejecute sobre esta plataforma.

Cada aplicación podrá asumir cuales son las componentes disponibles sin necesidad de preguntar por todo lo que necesita.

Lo anterior tiene como consecuencia que las aplicaciones deberán ser auto-instalables de forma sencilla, sin necesidad de interacción con el usuario para resolver cuestiones que puedan llegar a exceder los conocimientos de los mismos.

Eliminación de software existente

Al no disponer de un administrador de paquetes, cada componente de software deberá ofrecer la opción de desinstalación.

Actualización de componentes de software

La actualización del sistema operativo se prevé lo suficientemente sencilla como para poder ser realizada fácilmente por personal no técnico. Sin embargo, el gran número de máquinas que se recibirán no permite que se reemplacen las imágenes a todos los chicos cada vez que se distribuya una nueva versión del software.

El estado actual de las imágenes mas recientes del software, refleja que aún no ha sido abordada la problemática de actualizar (de forma automática o manual) a través de la red, en forma on-line, tanto aplicaciones como el sistema operativo. Existe, sin embargo, documentación en la Wiki OLPC que indica que la actualización de software a través de la red será una alternativa con la que se podrá contar en un futuro cercano.

Contar con capacidades de actualización automática es una característica necesaria del proyecto OLPC, dado que permitirá evitar que potenciales vulnerabilidades de seguridad detectadas sobre el

software de los dispositivos OLPC puedan ser utilizadas para la expansión de virus, gusanos o cualquier otro tipo de software malicioso.

Seguridad de la Información

Considerando que las laptops serán utilizadas por niños pequeños, y que resultaría muy difícil impedir la ejecución (posiblemente no intencional, producto de alguna vulnerabilidad en las aplicaciones) de comandos potencialmente peligrosos, y dado que la portabilidad de los dispositivos facilita la posibilidad de extravío o robo de los mismos, se hace necesario analizar las características y capacidades de las laptops respecto de la seguridad y disponibilidad de la información.

Como se mencionó previamente, las máquinas están pensadas para chicos, con el objetivo de darles libertad de acción de manera que puedan jugar tanto con el S.O. como con el software instalado sobre éste. Si bien por un lado esto último resulta una característica positiva para el aprendizaje, tiene como efecto negativo la posibilidad de que los chicos ejecuten comandos potencialmente dañinos, haciendo peligrar la información almacenada y la disponibilidad de la red en malla de la que forman parte.

La imagen actual no ofrece mecanismos especiales para evitar la ejecución de troyanos, virus u otro tipo de programas potencialmente dañinos sobre las laptops, ni medidas de seguridad especiales para evitar el uso de un dispositivo robado. Existe, sin embargo, una plataforma de seguridad denominada "Bitfrost", que intentará agregar las características de seguridad necesarias a las laptops OLPC.

A continuación se presenta una descripción de esta plataforma, obtenida de la OLPC Wiki:

Bitfrost es la plataforma de seguridad de la OLPC. La mayoría de las ideas y tecnologías que conforman la plataforma Bitfrost no son el resultado de nuevas investigaciones: han sido conocidas en la literatura pertinente durante años, algunas han sido probadas en situaciones reales, y otras en laboratorios. Lo que se destaca en la XO de la OLPC, es que representa la primera vez que estas medidas de seguridad han sido cuidadosamente ensambladas en un sistema a ser distribuido a decenas o centenas de millones de usuarios. Las laptops son probablemente la primera vez que un producto de computación masiva ha decidido romper con su legado con tal de mejorar la seguridad. Por ejemplo, notarán que la discusión sobre anti-virus y anti-spyware no figura en la especificación de Bitfrost, principalmente porque la plataforma de seguridad torna dicho tema en algo irrelevante.

Nos hemos puesto como objetivo crear un sistema que sea drásticamente más seguro y usable que cualquier otro sistema masivo actualmente en el mercado. Un resultado de la dedicación a la usabilidad es que sólo existe una protección provista por Bitfrost que requiere una respuesta del usuario, y aún entonces, es una sencilla pregunta por 'si o no' comprensible aún por un chico pequeño. El resto de la seguridad es provista tras bambalinas. El llevar al límite los aspectos de usabilidad y seguridad no es fácil, y es importante destacar que no hemos intentado crear, y no creemos que lo hayamos hecho, un sistema "perfectamente seguro". La idea de seguridad perfecta en el mundo real es vana, y negamos todo tipo de insinuación que lo hayamos logrado.

Principios

- *Diseño abierto: La seguridad de la laptop no puede depender de algún diseño secreto implantado en el hardware o software*
- *Sin bloqueos: A raíz de los parámetros por defecto, el sistema de seguridad de la laptop puede imponer varias prohibiciones a las acciones del usuario. Debe existir la manera por la cual estos sistemas de seguridad puedan ser deshabilitados. En dicho caso, la máquina le permitirá al usuario un control absoluto.*

- *Sin lecturas requeridas: La seguridad no puede depender de la habilidad del usuario de leer un mensaje de la computadora y actuar de manera informada y razonable. Si bien el deshabilitar un mecanismo particular puede requerir una lectura, la máquina debe ser segura desde la fábrica si es entregada a algún usuario que todavía no sabe leer.*
- *Seguridad que no obstruya: Siempre que sea posible, la seguridad en las máquinas debe realizarse tras bambalinas, haciéndose notar solamente por medio de sutiles indicadores visuales o audio, y nunca interponiéndose en el camino del usuario. De existir un conflicto leve frente a la comodidad del usuario, la seguridad máxima toma precedencia, aunque cuidados extremos deben llevarse a cabo con el fin de asegurarse que dichos permisos no reduzcan seriamente o solapadamente la usabilidad de las máquinas. Por ejemplo, si un programa es descubierto en el intento de violar una medida de seguridad, no se le preguntará al usuario para permitir dicha acción; que será simplemente negada. Si el usuario desea otorgar dicho permiso, ello puede ser hecho en la interfaz gráfica del centro de seguridad.*

Objetivos

- *Sin claves de usuario: Con usuarios jóvenes (a partir de los cinco años), la seguridad de la laptop no puede depender de la habilidad del usuario de recordar una clave. No se puede suponer que los usuarios elijan una clave cuando las reciban por primera vez.*
- *Sin autenticación no-encryptada: La autenticación de las laptops o sus usuarios no dependerá de identificadores transmitidos sin encriptar en la red. Esto quiere decir que claves visibles de ningún tipo pueden ser usadas en los protocolos OLPC y que el MAC de Ethernet jamás será usado como autenticación.*
- *Seguridad desde la caja: La laptop deberá ser usable y segura desde la caja, sin necesidad de realizar o descargar actualizaciones de seguridad en la medida de lo posible.*
- *Uso limitado de PKI institucional: La laptop estará provista con llaves públicas de la OLPC y la autoridad del país o región (ej: ministerio o departamento de educación), pero estas llaves no serán usadas para validar la identidad de los usuarios. El único propósito de estas llaves es verificar la integridad del software y contenido incluido en la laptop. Los usuarios serán identificados por medio de un sistema orgánico PKI sin una cadena de confianza certificada—en otras palabras, nuestro enfoque a PKI es KCM (Key-Continuity Management).*
- *Sin pérdida permanente de datos: La información en la laptop será replicada sobre algún almacenamiento centralizado de modo tal que el estudiante pueda recuperarla en el caso que la laptop se pierda, sea robada o destruida.*

Usuarios

Usuario Administrador “root”

El proyecto fue pensado de manera que cada chico sea el administrador de su propia laptop. De esta manera, si bien aún no se evidencia este comportamiento en las imágenes mas recientes, cada niño tendrá la posibilidad de obtener privilegios administrativos (equivalentes a los del usuario “root” de Linux) en su propia máquina.

Privilegios del usuario del alumno

Las imágenes que se pueden descargar en la actualidad, y sobre las cuales se realizaron las pruebas, poseen un usuario con nombre “olpc”, que se utiliza para ejecutar la interfaz gráfica “Sugar” disponible actualmente. Este usuario es un usuario común sin privilegios especiales dentro del sistema operativo.

Creación, Modificación y eliminación de usuarios

Actualmente no se dispone de una herramienta gráfica específica para la incorporación, modificación y/o eliminación de usuarios del sistema operativo. Las únicas herramientas disponibles son los comandos clásicos de cualquier sistema operativo Unix: “useradd”, “usermod” y “userdel”, que deben ser ejecutadas desde la línea de comandos del sistema operativo. Debido a que no se ofrece la posibilidad de abrir una ventana de terminal desde la interfaz gráfica actual, para poder ejecutar cualquiera de estos comandos es necesario que el usuario pase a una pantalla en modo texto, cosa que puede lograr con la combinación de teclas CTRL + ALT + F1 (en el teclado de la laptop F1 es la tercer tecla de izquierda a derecha de la primera línea del teclado).

Actualizaciones de seguridad

Actualmente no se dispone de la posibilidad de instalar ni actualizar el software (aplicaciones y/o sistema operativo) en forma on-line. La actualización del sistema operativo, como se describió previamente, implica bajar el software desde el sitio oficial, y utilizar un disco USB para descargarlo en la memoria interna del dispositivo.

Protección de la información almacenada

La distribución Fedora Core ofrece una implementación de control de acceso mandatorio denominada “SE-Linux” que puede ser utilizada para proteger la confidencialidad de la información almacenada en los sistemas de archivos, especialmente para limitar el daño ante la ejecución de troyanos, y demás software potencialmente malicioso (producto, quizás, de la explotación de alguna vulnerabilidad de seguridad en algún servicio de red ofrecido por el dispositivo).

Las imágenes de software disponibles actualmente para los dispositivos OLPC, aunque se basan en la distribución Fedora Core de Linux, no incluyen esta funcionalidad como parte del núcleo del sistema operativo. De todos modos, no es extraño que así sea, dado que por la naturaleza de los dispositivos y el tipo de información que se espera pueda ser almacenada en los mismos no requieren condiciones excepcionales de confidencialidad. En este caso resulta más importante proteger la disponibilidad y la integridad de la información almacenada.

Herramientas de protección anti-virus.

Las imágenes distribuidas actualmente no disponen de ningún tipo de software antivirus.

Si bien es cierto que el sistema operativo Linux, utilizado como software de base para los dispositivos OLPC, no está tan expuesto a la contaminación y/o diseminación de virus, gusanos, troyanos, etc. como otras plataformas más masivamente utilizadas en la actualidad, ya se conocen casos particulares de aparición de virus para esta plataforma (ninguno de los cuales por el momento provocó consecuencias drásticas). Más aún, existe una clara tendencia internacional, en muchos países impulsada por los gobiernos de turno, de reemplazar la utilización de software propietario

por software libre, siendo Linux el sistema operativo mas ampliamente escogido. Es de esperar que en el corto y mediano plazo, exista un interés especial de parte de los desarrolladores de virus en esta plataforma. Por este motivo, los dispositivos OLPC deberán incorporar algún tipo de protección antivirus.

Reglas para filtrado de paquetes, correos electrónicos, etc.

Las imágenes distribuidas actualmente no disponen aún de una herramienta de correo electrónico, ni ofrecen herramientas para filtrado de paquetes.

Posibilidad de limitar la navegación en Internet

Considerando que las laptops serán utilizadas por niños pequeños, es natural pensar en algún tipo de filtrado de contenidos en la navegación por Internet. Particularmente, se busca evitar la navegación por páginas de contenido adulto, armamentos y otro tipo de información que pueda tener una influencia negativa sobre los niños.

Las imágenes del software OLPC disponen de un navegador web basado en “Mozilla”, pero no se hallaron herramientas que permitan limitar o restringir las posibilidades de navegación en las laptops.

De todos modos, considerando que siempre que las máquinas tengan acceso a Internet será a través de un equipo “gateway” específico para ese fin, los controles y/o restricciones de navegación se podrán imponer en ese mismo equipo, evitando de esta forma la necesidad de configurar software de filtrado en cada dispositivo OLPC, siendo que los chicos van a tener los privilegios suficientes como para deshabilitarlos en caso de que aprendan a hacerlo.

Disponibilidad de Software

El objetivo del proyecto es poder dar a los dispositivos OLPC un uso educativo. Para ello, se deberá contar con software que satisfaga este propósito específico. A continuación se presenta un resumen de las herramientas de software disponibles actualmente y de las herramientas confirmadas para futuras versiones del software OLPC.

Se sabe que cada dispositivo OLPC correrá una variante del sistema operativo Linux, basado en la distribución Fedora, y sobre éste correrá un servidor de X-Windows con una interfaz gráfica denominada Sugar.

Las imágenes mas recientes ofrecen una variedad de software muy acotada. Las componentes de software disponibles en la imagen sobre la que se basó el presente informe son las siguientes:

- Un navegador web construido sobre Xulrunner, un paquete desarrollado por Mozilla que permite a un desarrollador implementar fácilmente una aplicación con capacidades similares a las del navegador Mozilla Firefox, o el cliente de correo Thunderbird.
- Un visualizador de documentos muy sencillo basado en evince .
- Una aplicación musical llamada TamTam.
- Un juego de memoria musical, con capacidad para funcionar en red.
- El software eToys:
- La aplicación PenguinTV RSS reader

- El procesador de texto Abiword
- Una aplicación que muestra en la pantalla las imágenes capturadas en tiempo real por la cámara incorporada en la pantalla, y permite tomar fotografías.
- Un journal
- Un juego similar al Tetris con capacidad de jugar en red.
- Una herramienta de chat que no necesita de un servidor.

Las componentes de software confirmadas para futuras versiones de la distribución oficial son las siguientes:

- Un wiki con capacidad de edición, usando Crossmark como markup language.
- OpenDocument Viewer para leer documentos en formato OpenDocument.
- El editor de texto VIM.
- Un entorno multimedia open-source llamado Helix.
- Herramientas de video, tales como una video wiki.
- OLPCities, **a virtual world programming environment**
- FACIL, un editor de paginas web
- Musical Editor, un kit de composición musical
- Drawing Workshop, un espacio para compartir gráficos.
- Tux Paint, una herramienta similar al conocido Paint de Windows.
- Una aplicación de Voz Sobre IP.
- Cliente de correo.
- Herramienta de Terminal.
- Develop, un editor de actividad

El entorno de programación estará cubierto por las siguientes herramientas:

- Python versión 2.5.
- Javascript.
- Csound.
- Squeak / Etoys.

La memoria flash interna cuenta con un espacio de almacenamiento de 512 MB de los cuales se estima que aproximadamente 400 MB deberán quedar disponibles para el alumno. La interfaz gráfica deberá ofrecer la flexibilidad para cambiar las componentes de software en la medida que los alumnos lo vayan necesitando, sin quedar atado a un conjunto de software o contenido específico en todo momento.

Interfaz gráfica

La interfaz gráfica que ofrecerán los dispositivos OLPC consiste en un desarrollo nuevo diseñado específicamente para este proyecto. La misma se denomina “Sugar”, y se desarrolló en el lenguaje de programación “Python”.

Los fundamentos de diseño planteados para el desarrollo de Sugar fueron los siguientes:

Usuarios sin experiencia

Muchos de los chicos que recibirán las laptops tienen poco o nada de acceso a la tecnología, y por ende no estarán familiarizados con los dispositivos ni con la forma de interactuar con

ellos. Esto sin duda constituye un aspecto importante a considerar durante el desarrollo de las actividades. Por un lado significa que los desarrolladores deben dedicar especial energía a construir interfaces completamente intuitivas. Por otro lado, como muchos de los chicos tendrán por primera vez una computadora, los desarrolladores pueden tener la libertad de innovar para escoger la mejor forma de presentar o desarrollar las actividades, sin necesidad de tomar como parámetro de referencia la forma en la que los usuarios están acostumbrados a realizar tales actividades con las herramientas de software disponibles actualmente.

Usuarios jóvenes

Las laptops fueron diseñadas para niños pequeños (en edad de escolaridad primaria). Generalmente los niños a esta edad demuestran un deseo impresionantemente fuerte de explorar y aprender, y las máquinas serán herramientas para ser utilizadas en ese sentido.

Internacional

El proyecto OLPC, por su naturaleza, es de alcance internacional. Los desarrolladores deberán tener en mente la necesidad de abarcar una amplia gama de culturas y lenguajes para ser incorporados en la laptops.

La interacción con la interfaz gráfica es absolutamente distinta a lo que un usuario normal de PC se encuentra acostumbrado. Se aplicaron conceptos innovadores con el afán de que resulte mas amigable e intuitiva, sin embargo esto no es así para una persona acostumbrada a operar una computadora con alguna de las interfaces más popularmente conocidas en la actualidad (Windows, KDE, Gnome, etc.). En las versiones más recientes se agregó una descripción textual a los íconos de aplicaciones para facilitar el uso de la interfaz.

Se realizó la prueba de hacer operar la computadora a niños de alrededor de 10 años (quienes tenían alguna experiencia previa en el uso de PC's), y el resultado fue desalentador, dado que al no hallar la forma de hacer lo que estaban pensando, la frustración provocó que dejaran de utilizar la computadora rápidamente.

Para una descripción detallada de los principios, objetivos y operación de la interfaz de usuario Sugar, se puede consultar el sitio http://wiki.laptop.org/go/OLPC_Human_Interface_Guidelines/lang-es, disponible en idioma español.

Herramientas educativas

Se puede observar que existe un trabajo intensivo de parte de diversos grupos de desarrolladores de software para crear y/o adaptar herramientas de software educativo ya existente para que pueda correr sobre los dispositivos OLPC. Es de esperar que la oferta de software educativo se incremente considerablemente en el corto y mediano plazo.

Se ha conformado un grupo de trabajo, integrado por Walter Bender, David Cavallo, Seymour Papert, Brian Smith, Alan Kay, Mitchel Resnick y Roseli de Deus Lopes, que tiene como objetivo seleccionar las herramientas de software educativo apropiadas (teniendo en cuenta el consumo de recursos de hardware de cada herramienta) para incorporar a los dispositivos OLPC.

De momento, el único software educativo ya confirmado, y de hecho ya forma parte de la distribución oficial de software, es Squeak / Etoys. Este software tiene la desventaja de que requiere importantes recursos de hardware y resulta, en determinadas ocasiones, demasiado pobre la performance ofrecida por los dispositivos OLPC. Queda claro que con determinadas operaciones el dispositivo excede los recursos de hardware disponibles, evidenciándose una lentitud considerable.

Herramientas de oficina

Las únicas herramienta de oficina incorporadas por el momento en la distribución oficial de software son el editor de textos Abiword y el visualizador de documentos basado en Evince. No se ofrece, por el momento, ninguna herramienta que provea planillas de cálculo o visualización de presentaciones.

Compiladores y Lenguajes de programación

El lenguaje de programación oficialmente adoptado para los dispositivos OLPC es Python. Cada laptop tendrá incorporado este lenguaje además de un shell interactivo para Python.

La incorporación de otros lenguajes es aún un tema en debate. Por el momento las imágenes disponibles no ofrecen ningún otro lenguaje de programación.

Software de impresión: CUPS o equivalente.

Las imágenes mas recientes aún no incorporan herramientas de software de impresión.

Juegos

Actualmente de dispone de un único juego. Se trata de un juego de memoria musical, con capacidad para funcionar en red. Se prevé para futuras versiones del software la incorporación de un juego similar al Tetris, con capacidad de jugar en red.

Hardware

Para el análisis del hardware utilizado por los prototipos BTest 1 de las laptops OLPC, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Arquitectura

Se analizó el microprocesador, el bus y las unidades de almacenamiento disponibles en el dispositivo.

Performance

Se utilizó el software de benchmarking de código abierto: freebench. Este benchmark se compone de siete módulos: cuatro programas de cálculo con enteros, y 3 de cálculo con números de punto flotante.

Consumo

En este aspecto hemos hecho hincapié en tres características que nos parecen centrales a la hora de evaluar:

Autonomía: Entendiéndose por tal a la cantidad de tiempo que puede estar operativo el equipo sin necesidad de cargar su batería.

Recuperación: Una vez descargada por completo, la batería deberá ser recargada. El tiempo que demande llevar su nivel nuevamente al 100% se conoce como tiempo de recuperación.

Consumo: Es el valor de Kilo Watts que consume en una hora un dispositivo. Es una medida de la capacidad de la batería que se necesita para mantener un nivel determinado de autonomía.

Ergonomía

Se trata de evaluar la relación hombre – máquina. Hemos evaluado para ello, los medios de ingreso de información disponibles en cada sistema, los dispositivos de salida de información (típicamente displays), y los recursos de software que los hacen interactuar. Todo este conjunto hace a la amigabilidad o no de un sistema con respecto a sus usuarios.

Arquitectura

Procesador

La plataforma de hardware de OLPC utiliza el microprocesador AMD Geode LX-500. El AMD Geode, es un procesador embedded cuyo core de procesamiento es compatible con la arquitectura IA-32 , estándar de la industria con más de 20 años de madurez. En cuanto a sus prestaciones y al set de instrucciones que ofrece, es comparable a un procesador Pentium MMX, cuya arquitectura fue definida hace ya más de 13 años.

El procesador Geode tiene especificado un consumo máximo de 1,1 W lo que hace suponer no presentará compromisos importantes para la fuente alternativa de generación de energía. Sin embargo este aspecto deberá ser contrastado con la fuente alternativa de generación de energía que se instale finalmente en el equipo.

¿Cual será el reemplazo del Geode cuando éste no tenga más capacidad de procesamiento para soportar las aplicaciones que demanden los usuarios para entonces (un momento por cierto más cercano en el tiempo que para otro tipo de procesadores)?

La respuesta es: no parece haber un procesador que pueda reemplazarlo, ya que los Duron Athlon y otros modelos, si bien son IA-32 compatibles, no tienen el resto de la lógica de Entrada Salida integrada en un Geode.

Memoria caché.

El procesador **Geode** posee 32 Kbytes Level 1. No posee cache level 2, con lo cual el segundo nivel jerárquico de memoria es la DRAM del sistema. Esto implica un costo en performance importante cada vez que no encuentre datos o instrucciones en el L1. De acuerdo al tamaño no puede esperarse un rendimiento (hit rate) del sistema caché de más de 60%. Este efecto será más notorio a medida que se ejecuten más aplicaciones en forma simultánea.

Capacidades de cálculo

- i. Punto flotante simple y doble precisión.
El procesador **Geode** posee una unidad de cálculo de punto flotante independiente y un set de instrucciones de punto flotante compatible con x87. Los formatos de datos de punto flotante se corresponden al estándar IEEE 574.
- ii. Multimedia.
El procesador **Geode** cubre el set de instrucciones MMX de los procesadores Intel y 3D Now! de AMD, sobre el mismo set de registros de 64 bits. No soporta operaciones SIMD con datos de punto flotante empaquetados ni registros de 128 de las extensiones SSE2 de la arquitectura IA-32. De esto se puede deducir que sus capacidades de cálculo multimedia son adecuadas para aplicaciones de audio, y telefonía sobre Internet, y más limitadas en lo que a procesamiento de imágenes en movimiento se refiere: video chat, gaming, etc.

Capacidades Gráficas

El equipo OLPC trabaja con un controlador gráfico incluido en el procesador Geode. Posee un controlador de display, con memoria de video y con módulo VGA separado para conectar un display convencional, y un procesador de video. Su display de Cristal Líquido de 7.5" Dual-mode TFT, tiene un área de visualización de 152.4 mm × 114.3 mm, y una resolución de 1200 (H) × 900 (V) que equivale a 200 dpi (dot per inch = puntos por pulgada), posee un modo muy novedoso que en la documentación se denomina High-resolution, reflective monochrome mode, y que consiste en pasar a un modo anti reflectivo en escala de grises cuando se lo trabaja a la luz del sol, que permite a los usuarios trabajar al aire libre sin problemas de reflexión ni bajo rendimiento lumínico del display.

Memoria RAM

El prototipo BTest 1 de las laptops OLPC cuenta con 256 Mb de memoria RAM. Esta cantidad representa el doble de la cantidad prevista inicialmente para el dispositivo, y fue necesaria para poder ejecutar correctamente el navegador web. Se estima que para el próximo prototipo, a saber BTest 2, la cantidad de memoria volverá a ser de 128 Mb.

Buses internos

Comparables con los estándares de cualquier PC de escritorio.

Interfaces USB

OLPC Cuenta con 3 interfaces USB 1.1 (12 Mbps) o 2.0 (480Mbps). Con un USB 2.0 puede accederse sin problemas de velocidad a un pen drive, que constituirá el medio de almacenamiento por excelencia, o a una web cam, interfaz de video de uso habitual en chats, incluso si hay más dispositivos en el bus.

Soporta la función remote wakeup de USB, lo cual permite iniciar el funcionamiento del dispositivo conectado al bus desde el propio dispositivo. OLPC no soporta dispositivos bus powered, de modo que debe evaluarse el desempeño de los dispositivos conectables al USB de la OLPC que no posean su propia fuente de alimentación.

Audio

Las capacidades de audio están cubiertas en OLPC a través del codec de audio AC97.

Dispositivos base

Real Time Clock, Timers, Puertos serie, Controlador de interrupciones, etc. son suficientes en todos los equipos.

Hardware de Conectividad Internet

La OLPC trae un chip para conexión a través de WiFi 802.11, soldado en la placa del mainboard, el cual le permite establecer una conexión full mesh con otros dispositivos similares.

Almacenamiento

Los dispositivos de almacenamiento utilizados por las laptops OLPC no incluyen discos magnéticos, ni unidades de CD o DVD. Todos los dispositivos utilizados son de estado sólido (pen drives), accesibles mediante su bus por excelencia: USB. Las laptops BTest 1 cuentan con 3 puertos USB 2.0 Tipo-A.

Performance

Objetivo

Medir la performance de los equipos bajo test respecto de otros equipos con configuraciones, procesador, y demás componentes conocidos, con el objeto de establecer una comparación que permita situar a los equipos bajo test dentro de un rango de parámetros conocidos.

Material y Métodos

Freebench, según se puede ver en la documentación disponible, normaliza los resultados calculándolos en forma relativa a una Sun Ultra10, con procesador UltraSPARCIII de 333MHz. Y 2MB de cache Level 2. Este equipo recibiría un score de 1.0. El resto de los equipos tendrán valores derivados del cociente entre sus propios valores y los de este equipo de referencia.

El compilador utilizado en este equipo de referencia fue el Sun Workshop 6 utilizando solamente el flag “-fast” en la compilación. En esta máquina cada uno de los programas que componen el test insumió para su ejecución entre 5 y 10 minutos.

El tiempo computado incluye la inicialización de cada módulo más el acceso a disco para escribir diversos archivos de control. Esto significa que el disco duro aporta su componente al resultado. Si bien esta componente no es significativa respecto del total, hemos trabajado siempre en la medida de lo posible con discos locales en lugar de discos de red para el acceso de modo de minimizar la incidencia en el resultado general.

Freebench, como se mencionó previamente, incluye los siguientes siete módulos:

Programas de cálculo con Enteros:

- **Analyzer:**

Escrito íntegramente en lenguaje C, es una herramienta que analiza los rastros de accesos a memoria para dependencias de datos.

Puede verse limitado principalmente por el rendimiento de la memoria del sistema.

Los accesos a memoria son bastante dispersos y a pesar que los procesadores con capacidades de ejecución fuera de orden, pueden disimular la latencia en el acceso a memoria resultante de este tipo de accesos, no siempre lo consiguen ya que depende fundamentalmente de la estructura de los programas que se estén ejecutando. Los caches de más de 512 kB, también parecen ser de ayuda, pero tampoco lo logran **completamente**.

- **FourInARow:**

Este programa desarrollado en lenguaje C juega contra si mismo el juego cuatro en línea. Utiliza enteros pero no es limitado por la memoria del sistema. Parte del cálculo utiliza aritmética de 64 bits. La mayor parte del tiempo de ejecución se consume en pequeños ciclos de recursividad. Muy buena parte de su ejecución se puede acomodar dentro de los caches de instrucciones de los procesadores. Favorece al rendimiento de los procesadores superescalares.

- ***Mason***

Este programa desarrollado en lenguaje C resuelve un rompecabezas, utilizando aritmética entera, trabajando sobre un set de datos pequeño. Está limitado puramente por la frecuencia de clock y por el Paralelismo a Nivel de Instrucción del procesador.

- ***pCompress***

Se trata de un programa desarrollado en lenguaje C que implementa un compresor de archivos mediante un approach de tres etapas: Burrows Wheeler blocksorting, run length encoding, y Arithmetic coding. Si bien no logra una excelente tasa de compresión, es un programa que utiliza intensivamente la memoria del sistema.

Programas de Cálculo en Punto Flotante:

- ***PiFFT***

Es un programa escrito en lenguaje C que emplea un algoritmo de FFT (Fast Fourier Transform) enorme para calcular el valor de PI (3.1415...), con gran cantidad de decimales. Este programa estresa las unidades de cálculo de punto flotante del procesador y hace uso intensivo de la memoria del sistema.

- ***DistRay***

Se trata de un programa escrito en lenguaje C que implementa un trazador de rayos utilizando distribución aleatoria de rayos que permita lograr anti aliasing y sombreados suaves.

Este programa estresa muy fuertemente las unidades de punto flotante del procesador sin demasiada huella en memoria. La mayoría del tiempo ejecuta ciclos de recursión en los que ejecuta gran cantidad de productos y sumas en punto flotante. Se puede aprovechar muy bien las virtudes de Paralelismo a Nivel de Instrucción del procesador.

- ***NeuralNet***

Se trata de una red neuronal de reconocimiento de caracteres programada íntegramente en lenguaje C, que intenta encontrar la forma de almacenar (y por lo tanto poder identificar) un número de caracteres escritos en gráficos ASCII.

Este programa utiliza un set de datos muy extenso, y utiliza intensivamente la memoria. Es clave para su buen rendimiento poseer un banco de memoria rápida instalado en el sistema.

Ejecución del test

El concepto del benchmark es analizar las características y particularidades de cada sistema. Por tal motivo freebench debe ser compilado en cada una de las plataformas en las que se ejecute.

Para ello se utiliza el software de desarrollo Standard de Linux: gmake para construir el ejecutable a partir de los diferentes módulos que lo componen, gcc para compilar, y el linker ld. Todas estas herramientas de software vienen en las diferentes distribuciones de Linux, aunque no forman parte de la distribución estándar de software para OLPC. Por este motivo, la compilación se realizó en una PC con la misma arquitectura, y se pasaron los programas ya compilados a la laptop OLPC para la ejecución del test.

Para explotar al máximo las capacidades del procesador, se utilizó en todos los casos la opción -O3

del compilador gcc de modo de ordenarle a este que genere el código mas óptimo en función de las características del procesador que detecte.

Hardware

Equipo 1: Notebook ACER con procesador Pentium II.
Sistema Operativo Linux Fedora Core 3.

Equipo 2: Desktop PC Pentium 4:
Sistema Operativo Linux Fedora Core 4

Equipo 3: OLPC
Sistema Operativo Linux Red Hat OLPC

Equipo 4: Classmate
Sistema Operativo Microsoft Windows XP Professional 5.1.2600

La Tabla 1 muestra la comparación de CPU entre OLPC, Pentium 4 y Pentium II proveniente de ejecutar en cada uno el comando `cat /proc/cpuinfo`, y de ejecutar la aplicación AIDA32 v3.93, en el equipo 4 por estar trabajando bajo Windows XP¹.

Los campos indicados tienen el siguiente significado

Processor: Número de Procesador físico instalado en el sistema

vendor_id: Código de Descripción puesto por el Fabricante

cpu family: Familia de CPU dentro de esta línea

model: Modelo de procesador dentro de la familia

model name: Nombre del Modelo

stepping: Revisión del Micro código por parte del fabricante

cpu MHz: Frecuencia de reloj

cache size: Tamaño de la memoria cache L1 y L2

fpu: Posee Unidad de Punto Flotante

fpu_exception: Maneja la excepción de la Unidad de Punto Flotante

cpuid level: nivel de la instrucción CPUID

flags: Flags avanzados del procesador

bogomips: Estimación de la velocidad del procesador calculada por el kernel durante su inicialización

¹ En la Tabla 1 solo están los datos obtenidos con diferentes equipos. Muchas veces de acuerdo a la versión o tipo de sistema operativo cambia la información que se muestra.

	OLPC	Classmate	Pentium IV Desktop	Notebook Pentium II
processor	0	0	0	0
vendor_id	Geode by NSC	GenuineIntel	GenuineIntel	GenuineIntel
cpu_family	5	18	15	6
model	5	6	4	5
model name	Geode(TM) Integrated Processor by National Semi	Celeron M	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00GHz	Pentium II (Deschutes)
stepping	2	-	1	2
cpu MHz	365.241	900	2.993.091	266.648
cache size	32 KB	64* KB	1024 KB	512 KB
fdiv_bug	no	no	no	no
hlt_bug	no	no	no	no
f00f_bug	no	no	no	no
coma_bug	no	no	no	no
fpu	yes	yes	yes	yes
fpu_exception	yes	yes	yes	yes
cpuid level	1	2	5	2
wp	yes	yes	yes	yes
flags	fpu de pse tsc msr cx8 pge cmov mmx mmxext 3dnowext 3dnow	fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 mtrr pge mca cmov pat pse36 dts mmx fxsr sse sse2 tm pbe	fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe constant_tsc pni monitor ds_cpl cid xtpr	fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 mtrr pge mca cmov pat pse36 mmx fxsr
bogomips	731.84	-	5994.76	524.28

Tabla 1. Datos del /proc/cpuinfo en los equipos OLPC Pentium II y Pentium IV Desktop (todos bajo Linux), versus la información provista por AIDA32 v3.93 en la Classmate bajo Windows XP

Por su parte la Tabla 2 muestra otra comparación pero esta vez para la memoria. Los datos se obtuvieron del archivo /proc/meminfo²,

MemTotal: Total de memoria utilizable (es la instalada menos la que ocupa el kernel)

MemFree: Memoria libre (al momento de correr el comando meminfo) = LowFree + HighFree

Buffers: Memoria en el buffer cache. Actualmente se usa con fines de métrica solamente

Cached: Cantidad de memoria en el pagecache (diskcache) - Cantidad de memoria en SwapCache

SwapCached: Cantidad de Memoria que una vez intercambiada hacia la memoria virtual, se vuelve a intercambiar hacia la memoria física pero permanece en el swapfile (si se necesitara traer nuevamente esta memoria no es necesario intercambiarla nuevamente ya que está en el swapfile. esto economiza I/O)

Active: Memoria utilizada más recientemente y normalmente no será reclamada a menos que sea absolutamente necesario.

HighTotal: Es la cantidad total de memoria en la región alta (por encima de 860MB de RAM física aproximadamente. El Kernel usa trucos indirectos para acceder a esa región. Un Data cache puede ir en esta región de memoria.

LowTotal: MemTotal - High Total

LowFree: Cantidad de memoria libre en el área LowTotal. El Kernel puede acceder a esta memoria directamente. Todas las estructuras del Kernel están en esta área.

SwapTotal: Cantidad Total de memoria virtual o Swap

SwapFree: Cantidad de memoria libre en el área SwapTotal

Dirty: Dirty significa "necesita escribirse en disco cuando se desaloje a memoria virtual." Más trabajo para la función free. Ejemplos puede haber de archivos que no se hayan escrito aún a disco.

² En la Tabla 2 solo están los datos que arrojaron resultados con diferentes equipos. Muchas veces de acuerdo a la versión de sistema operativo cambia la información que se muestra

Por ejemplo, si estamos escribiendo un log, es conveniente completarlo en memoria antes de enviarlo a disco.

Committed_AS: Es una estimación de cuanta memoria RAM se necesitará para garantizar con un 99,99% que esta carga de trabajo nunca tendrá un OOM (out of memory). Normalmente el kernel hace un sobrecommit de la memoria, esto significa que si alguien hace un malloc de 1Gbyte, en realidad no sucede nada. Solo cuando se comience a utilizar malloc para alojar memoria tenemos la memoria real que necesitamos y la vamos incrementando a medida que se utiliza.

	OLPC	Classmate	Pentium IV Desktop	Notebook Pentium II
MemTotal	113868 kB	247000 kB	515888 kB	191364 kB
MemFree	56628 kB	37000 kB	53132 kB	28592 kB
Buffers	5276 kB	28996 kB	7320 kB	28996 kB
Cached	37948 kB	69392 kB	212724 kB	69392 kB
SwapCached	0 kB	0 kB	0 kB	0 kB
SwapTotal	0 kB	234000 kB	987988 kB	604792 kB
SwapFree	0 kB	42000 kB	987844 kB	604792 kB
Dirty	32 kB	0 kB	424 kB	0 kB

Tabla 2: Resultados de evaluar la memoria RAM para cada equipo

Resultados

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos al ejecutar freebench en los distintos equipos.

Por su parte en la Tabla 4 se muestran las relaciones de rendimiento de los equipos Pentium II Classmate y Pentium 4 respecto del equipo OLPC Geode bajo test.

	Score*						
	Analyzer	FourInARow	Mason	pCompress	PIFFT	DistRay	NeuralNet
OLPC	0,400860	0,295348	0,685143	0,704464	0,166600	0,225469	0,224523
Classmate	1,038224	2,198751	6,773418	1,386941	0,913945	1,263628	0,880477
Notebook Pentium II	0,350090	0,468206	0,723262	0,887004	0,443977	error	0,442717
Desktop Pentium 4	9,671327	3,675940	7,264951	4,712749	4,516841	4,893918	4,565280

Tabla 3: Resultados de ejecución de freebench en los equipos testeados

	Relaciones OLPC vs. Resto							
	Analyzer	FourInARow	Mason	pCompress	PIFFT	DistRay	NeuralNet	
Classmate	0,39	0,13	0,10	0,51	0,18	0,18	0,26	
Notebook Pentium II	1,15	0,63	0,95	0,79	0,38	N/A	0,51	
Desktop Pentium 4	0,04	0,08	0,09	0,15	0,04	0,05	0,05	

Tabla 4: Relaciones de rendimiento de la OLPC respecto del resto de los equipos³

Con respecto a las diferencias de rendimiento de los equipos bajo test se presentan en el Gráfico 1, mientras que el resto de los Gráficos se concentran en la comparación de los equipos de a pares

³ Obsérvese que OLPC solo supera a la Pentium II en el test Analyzer que como se dijo exige mucho de la memoria del sistema. En el resto de los tests su rendimiento es menor.

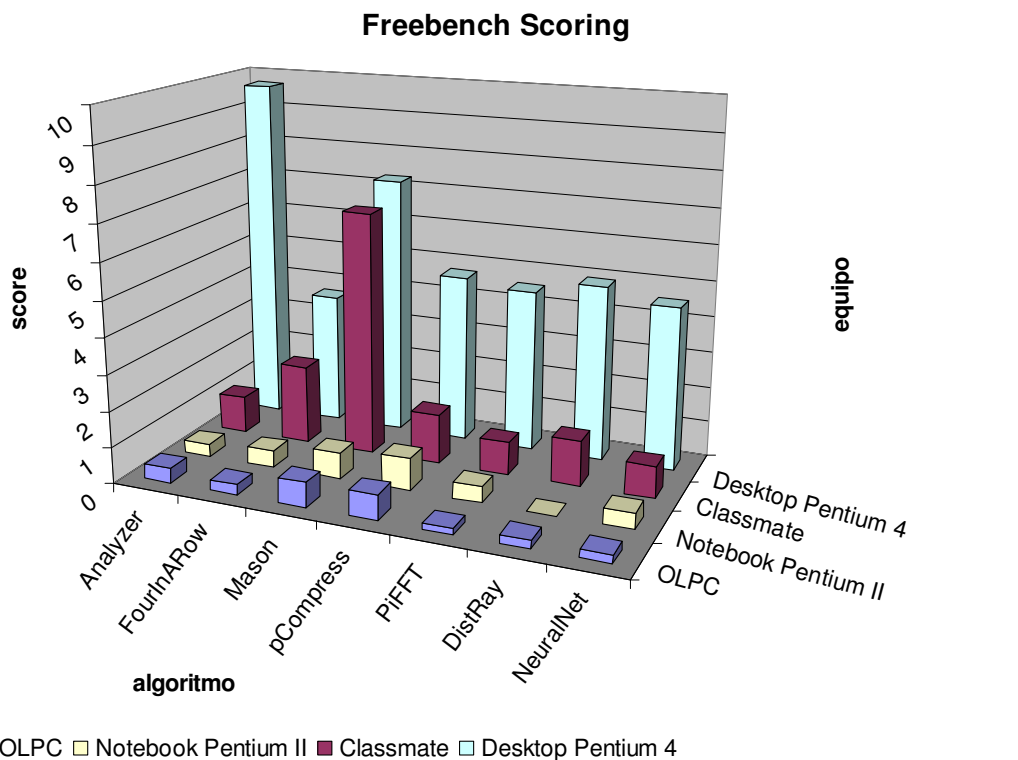


Gráfico I. Resultados del test con freebench para los tres equipos analizados

El único inconveniente que no ha podido salvarse es que en el equipo Pentium II no se pudo correr exitosamente el proceso Distray. El mismo sistemáticamente arrojó errores de operaciones inválidas por parte del procesador.

La única explicación lógica pasa por la compatibilidad del compilador con las opciones mencionadas y las características del Procesador Pentium II (Deschutes) en el que está basado el equipo ACER.

Sin embargo los resultados obtenidos en los seis tests restantes resultan suficientes como tendencia para poder establecer que el Procesador Geode del OLPC no alcanza muy especialmente en cálculo de Punto Flotante los niveles de rendimiento del Pentium II.

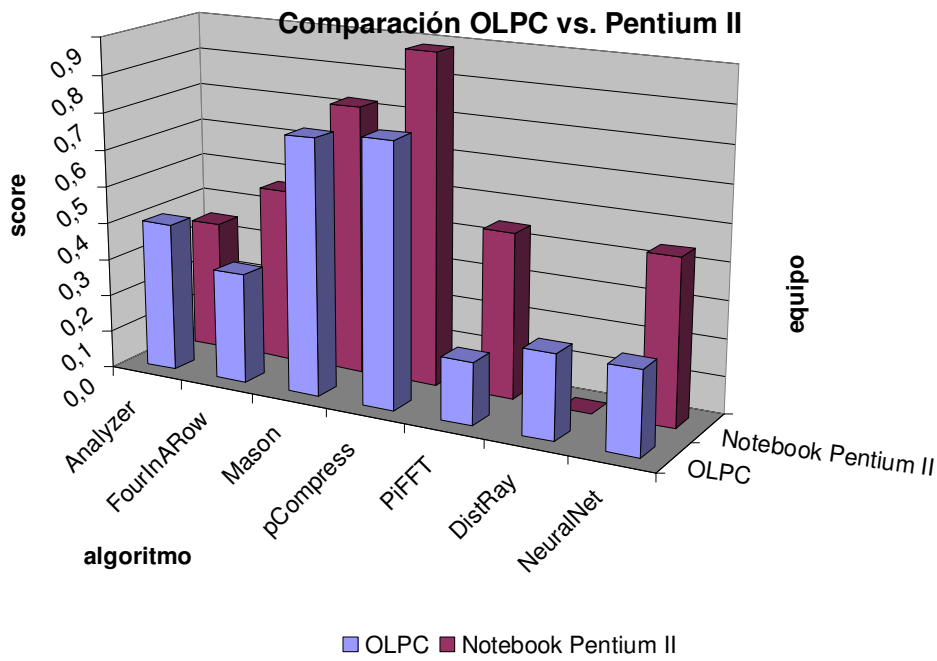


Gráfico 2. Diferencias entre los dos equipos más similares: Geode y Pentium II

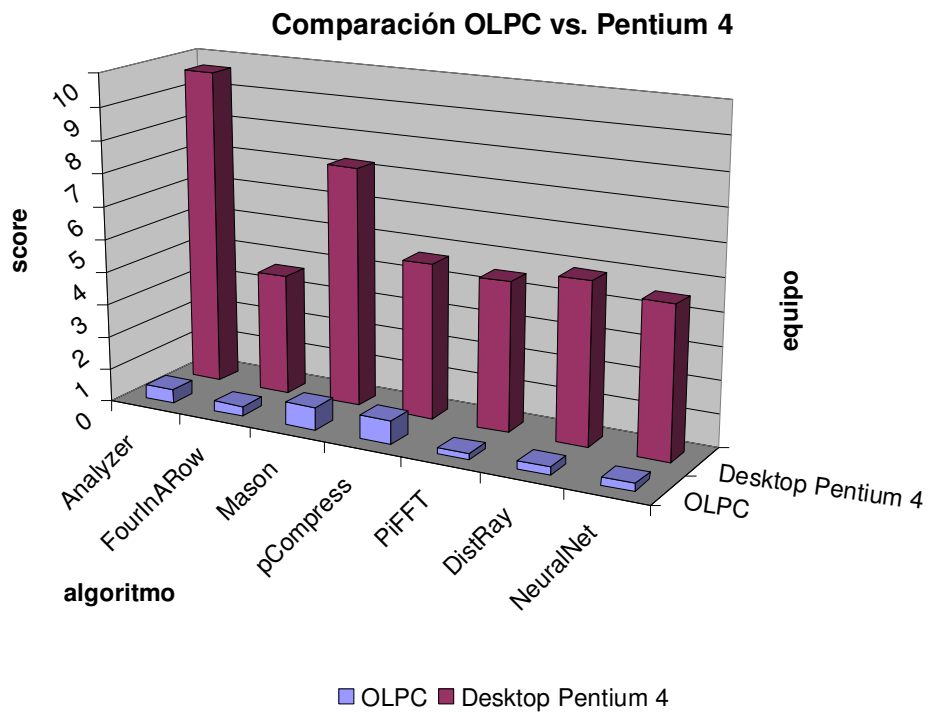


Gráfico 3. Comparación OLPC versus un equipo desktop estándar

Conclusiones

Los ordenes de rendimiento promedio que pueden calcularse a partir de la tabla 2 son de $1,57 \pm 0,23$ a favor del procesador Pentium II, y de $17,57 \pm 7,66$ a favor del procesador Pentium 4.

Comparar los resultados respecto de un equipo Pentium 4 indica claramente lo que puede y lo que no puede esperarse de los equipos bajo evaluación.

Es evidente que existe una distancia más que considerable respecto del rendimiento de los equipos de escritorio actuales.

Los valores de desvío estándar indican claramente las diferencias de diseño de los procesadores en cuanto a que operaciones realizan de manera más óptima.

En lo referente al acceso a memoria, los resultados de Analyzer y pCompress muestran a las claras el efecto del Cache L2 que no tienen el procesador Geode de la OLPC.

Si se observa el Gráfico 2, es clara la superioridad del procesador Pentium II en los cálculos de punto flotante. Excepto por el fallo en el proceso DistRay, queda claramente evidenciado que en ésta área del cálculo numérico este procesador aventaja al Geode en más de 2 veces, siendo más pareja la comparación cuando se procesan números enteros.

Se reitera que no disponiendo aún del display definitivo no se puede tener demasiada perspectiva acerca de la demanda de video que el dispositivo pueda generar. Pero en el caso del equipo basado en Pentium II las capacidades gráficas alcanzables con un rendimiento razonable son algo limitadas.

Referencias

Documentación consultada

1. IA-32 Intel[®] Architecture Optimization Reference Manual
2. IA-32 Intel[®] Architecture Software Developer's Manual Volume 1: Basic Architecture
3. IA-32 Intel[®] Architecture Software Developer's Manual Volume 2A: Instruction Set Reference, A-M
4. IA-32 Intel[®] Architecture Software Developer's Manual Volume 2B: Instruction Set Reference, N-Z
5. IA-32 Intel[®] Architecture Software Developer's Manual Volume 3A: System Programming Guide Part 1
6. IA-32 Intel[®] Architecture Software Developer's Manual Volume 3B: System Programming Guide Part 2
7. Intel[®] Celeron[®] M Processor Datasheet – June 2004.
8. Intel[®] Processor Identification and the CPUID Instruction, AP-485
9. AMD Geode[™] CS5536 Companion Device Data Book
10. AMD Geode[™] GX Processors Data Book
11. Analog Devices AC '97 SoundMAX[®] Codec AD1888
12. AMD Geode[™] GX and LX Processors Typical CPU Core Power Consumption Determination

Consumo

Tiempo de recuperación de carga

Partiendo de la condición de carga cero, se midió el tiempo que demandó llevar la batería al 100% de su carga. La laptop OLPC necesitó 2 horas para lograr una carga completa de la batería.

Tiempo de autonomía

Se procedió a cargar la batería hasta asegurarse mediante los respectivos indicadores de carga que la misma se encontraba al 100% de nivel de carga.

Luego se dejó la laptop encendida, con la interfaz WiFi trabajando permanentemente, y se midió el tiempo hasta que el equipo se apagó por descarga de la batería. El tiempo total de la laptop OLPC fue de 2 horas 20 minutos.

Para asegurar que la interfaz WiFi trabajaba de manera permanente se dejó corriendo un proceso ping hacia una máquina de la red. De este modo la transmisión y recepción de paquetes está asegurada durante todo el tiempo de operación.

En el mismo script por cada paquete ping se logueó la hora en un archivo. El valor que encuentra al reencender la máquina es el correspondiente a la hora un instante antes de caer el sistema por falta de alimentación. Además en otro archivo se logueó por separado la hora de inicio del script. Por diferencia se obtuvo el tiempo de operación en batería.

Valores de consumo promedio

La medición de consumo se efectuó empleando un equipo de medición cuya resolución mínima es de 0,010 KWH. La laptop OLPC reportó un consumo promedio de 0,020 KWH.

Condiciones de diseño para economización de energía

De acuerdo a lo explicado por Michalis Bletsas en el Congreso realizado en Niteroi en Febrero de 2007, todo el hardware se ha diseñado pensando en este aspecto para economizar la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento.

El procesador Geode, es un elemento al que nos hemos referido en

Para el análisis del hardware utilizado por los prototipos BTest 1 de las laptops OLPC, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Arquitectura.

El display TFT consume 1W contra los 7W que consumen típicamente el resto de los displays de notebooks comerciales.

La interfaz WiFi se implementa del siguiente modo:

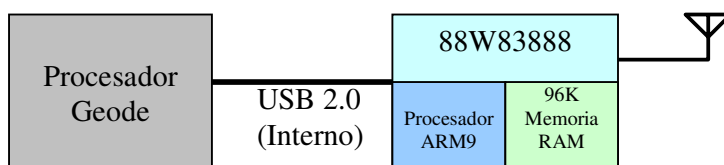


Figura 2. Diagrama esquemático de la interfaz WiFi de OLPC. Fue presentado por Michalis Bletsas

El chip 8388, ha sido diseñado por su fabricante (Marvell) pensando en incluirlo no en laptops sino en teléfonos celulares en donde el alcance y el bajo consumo son factores críticos para asegurar el funcionamiento esperado.

El stack software / hardware tiene en la capa física al chip 88W8388, en la capa 2 se ha desarrollado el driver para la WiFi, tratando de optimizar el consumo del dispositivo.

Ergonomía

Hardware de interfaz de usuario

La interfaz básica del usuario se compone de teclado, mouse, y display.

Teclado

En la OLPC es sin dudas uno de los puntos menos favorables, en virtud de:

- Es un teclado de membrana con una cubierta plástica de pieza única. Esta característica genera algunos inconvenientes:
 - Lo torna vulnerable. No debe perderse de vista que será utilizado por niños, que no serán tan cuidadosos como un adulto
 - Torna dificultoso el ingreso de información, ya que se pulsa en falso muy a menudo (se pulsa una tecla y el controlador de teclado no llega a detectar la pulsación)
- El layout es muy diferente de los teclados estándar con los que deberán trabajar los niños a posteriori.
 - La tecla CTRL, está fuera de su ubicación habitual,
 - Numerosas teclas que no existen en los teclados estándar

Mouse

El dispositivo touch pad de OLPC no es demasiado sensible. Cuesta mucho centrar el cursor en los íconos que provee la interfaz Sugar.

Display

OLPC está equipada con un display TFT de muy alta resolución que posee dos características que lo destacan sobremanera respecto de otros equipos:

- Consume 1W versus los 7 W aproximados de consumo de displays similares
- Funciona a la luz del sol de manera impecable, pasando a un modo de escalas de grises pero sin perder nitidez.

Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)

El software de OLPC, aunque está basado en el sistema operativo Linux, presenta una interfaz gráfica muy poco convencional que no tiene relación con las interfaces gráficas existentes en Linux como Gnome o KDE. Estas últimas son más similares a la interfaz de Windows, ya conocida por la gran mayoría de los usuarios de PC, cosa que sin duda suavizaría la curva de aprendizaje necesaria para la nueva plataforma.

De este modo el usuario que conoce estas interfaces debe re aprender nuevamente una interfaz completamente diferente para poder operar las laptops OLPC.

Por otra parte Sugar está escrita en Python. Este lenguaje es del tipo interpretado, es decir, requiere que esté ejecutándose un programa intérprete, que traducirá los comandos de Python en código para el procesador Geode en tiempo real. Es decir, que por cada acción que el usuario ejecuta en el escritorio de OLPC basado en Sugar, Geode deberá en primer lugar ejecutar el programa intérprete que le entregará las secuencias de instrucciones de procesador que debe ejecutar, y luego ejecutar a éstas. Para el resto de las interfaces estándar que están generalmente escritas en lenguaje C, cada acción del usuario en la desktop se corresponde directamente con una secuencia de instrucciones del procesador, ya que el C es un lenguaje compilado.

Considerando que el procesador Geode no ha mostrado una performance muy significativa, cargarlo con una interfaz que le haga trabajar el doble por cada comando de usuario no parece una buena política.

Sugar, además, no dispone de medios ágiles para conmutar entre los programas activos (como el ALT-Tab que a esta altura es casi un estándar), su cantidad de aplicaciones es muy pobre, y no existen medidores de nivel de batería que permitan determinar cuando es necesario cargarla.

No se conecta a un hot spot en forma automática. Debe completarse a mano su conexión.

No se dispone de herramientas de configuración de sistema. Se debe recurrir a una sesión de consola y comandos de shell avanzados para operaciones que deberían poder efectuarse desde la desktop.

Conectividad a Internet

Las laptops OLPC poseen una interfaz WiFi como única alternativa para poder acceder a una red y a través de ella salir a Internet, condición indispensable planteada en el proyecto como forma de integración de sus usuarios con la información global.

Esta interfaz, además de soportar el estándar IEEE 802.11 para redes wireless, plantea un protocolo diferente de conectividad denominado “mesh”, que responde a la especificación 802.11s, que se trabaja actualmente como propuesta en el comité técnico del IEEE, y cuyo estado actual es draft, con las reservas que esto implica si se decide, como es casi seguro, adoptar de todos modos mesh.

Este estándar plantea un entorno de redes colaborativas sin jerarquías, en la que cualquier máquina que pueda acceder a Internet se pueda establecer como router para las otras. Debido a que está pensado para usuarios móviles, ésta máquina que trabaja de router no siempre es la misma y por lo tanto la función de router default cambia dinámicamente de una máquina a otra en función de como se vayan alterando las características de cada una, de su uso, y de su movilidad espacial a través del mesh. De hecho, puede haber más de una máquina que logre acceso a Internet y se ofrezca como router al resto del mesh.

El funcionamiento se representa en la Figura 2.

La única alternativa visible a la configuración mesh es trabajar de manera convencional con redes de infraestructura pero no es el espíritu del proyecto OLPC, que establece como premisa trabajar de la manera más simple posible para minimizar los costos y poder así ser accesible aún para las poblaciones de más bajos recursos.

De todos modos no debe perderse de vista que el costo de un access point es de u\$s 100 aproximadamente. Su radio de cobertura depende mucho de las características geográficas y accidentes que la señal encuentre a su paso (por ejemplo cantidad de muros y espesor de los mismos), Se necesitarían entre uno y cuatro a lo sumo por escuela, en función del tamaño de esta y del espesor de sus muros y lozas, además de las dimensiones.

Por otra parte como se explicará en ítems posteriores, se ha diseñado la interfaz inalámbrica para tener un alcance mayor que el de una conexión WiFi estándar, de modo que un niño logre conectar al mesh tanto en su colegio como en su hogar.

Por lo tanto si se adoptan soluciones de red de infraestructura, se deberá colocar equipamiento adicional no solo en los colegios, sino también en los domicilios de los niños.

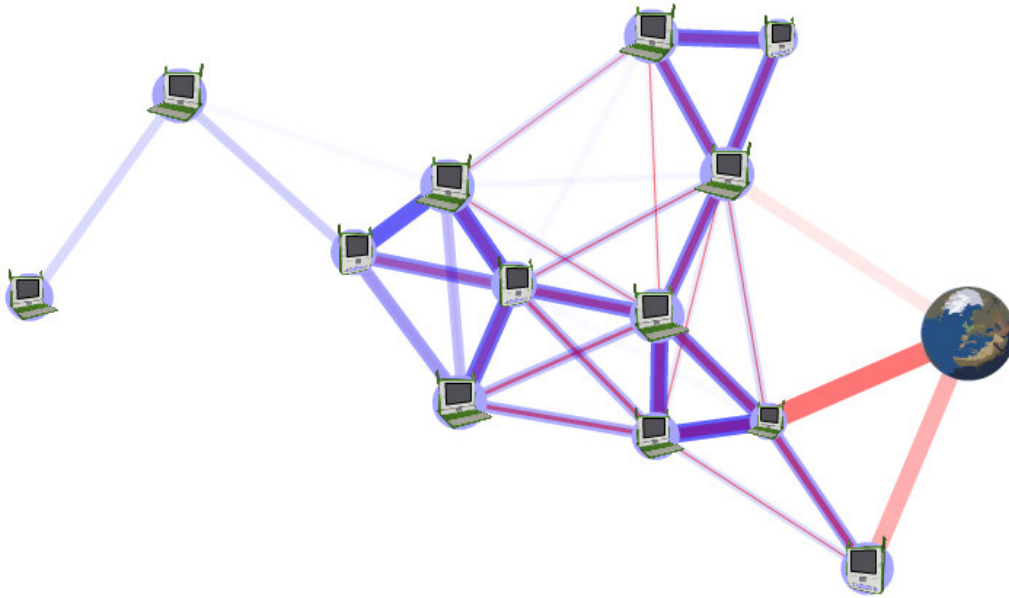


Figura 2. Representación del diagrama de Mesh. Vemos zonas de mayor y menor densidad de OLPC's. A mayor intensidad en el color de los enlaces mayor intensidad de la señal y viceversa. En lila el enlace entre laptops (el mesh) y en rosa el enlace con Internet

Respecto del tema de seguridad la primera impresión es que se trata de un esquema sumamente abierto. Se plantearon al momento algunas soluciones de autenticación como por ejemplo modificar el código de los drivers de los procesadores WiFi de las OLPC para que solo acepten paquetes que provengan de estas máquinas. Pero está solo a nivel de propuestas. No hay nada implementado.

De no adoptarse algún esquema de protección existe el riesgo de sufrir ataques, en particular el denominado mesh poisoning attacks (ataques que consisten en que un intruso ingrese a la red y pueda insertar paquetes falsos que confundan al sistema de enrutamiento del mesh, pudiendo llegar a poner a la mesh entera fuera de servicio)

Esta solución no está aun disponible y de desarrollarse deberá incluirse en el test, más allá de la solución de seguridad, ya que al modificar el código de los drivers de la interfaz WiFi, se deberán probar el resto de las funciones de la misma para asegurar que no se ha alterado su funcionamiento. Se adoptará el protocolo OLSR, debido a que tiene en cuenta los aspectos de mayor nivel de señal, mayor nivel de batería, y demás características para enrutar paquetes por los nodos que lo tratarán con mayor eficiencia, y que estén menos sobrecargados para no demorar la transferencia de paquetes a través de diversas redes.

Tanto OLSR, como PWRP, y AODV, si bien guardan ciertas diferencias relativas en sus respectivos grados de madurez tecnológica, son protocolos que trabajarán con la norma propuesta bajo la sigla 802.11s, que como ya hemos dicho, está en estado draft lo que significa que puede sufrir modificaciones en el futuro, las cuales podrían implicar cambios en el diseño de los sistemas que las hayan adoptado con antelación a su aprobación definitiva.

Por lo tanto los restantes protocolos que trabajarán sobre 802.11s, guardan el mismo estado y son susceptibles de los mismos cambios si la norma a futuro sufre modificaciones antes de ser aprobada.

Misceláneos

Accesorios

OLPC no incluye por el momento accesorios.

Vida útil de los dispositivos de almacenamiento

OLPC utiliza como unidad de almacenamiento una Flash memory de 512 Mbytes

Las memorias Flash que componen estos dispositivos de almacenamiento, se componen de celdas. Cada celda se compone de dos transistores separados por una fina capa de óxido. Uno de esos transistores se conoce como Puerta de Control y es el que se accede mediante la palabra de línea (Address) y el otro se conoce como Floating Gate y se accede mediante la línea de datos.

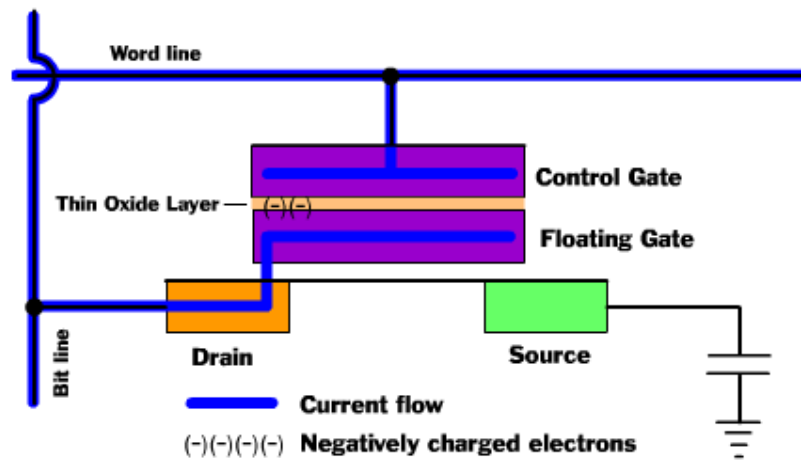


Figura 3.a. Transistor Floating Gate no conduce. La NAND Gate contiene un cero

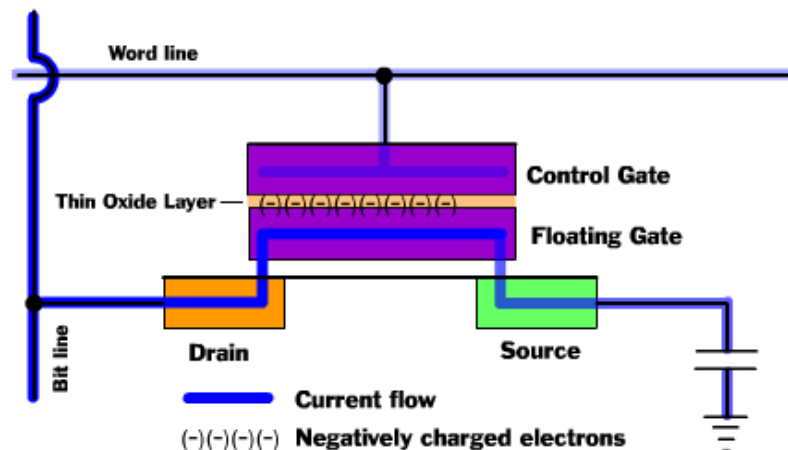


Figura 3.b. Transistor Floating Gate comienza a conducir a expensas del Transistor Control Gate. La NAND Gate comienza la transición de 0 a 1.

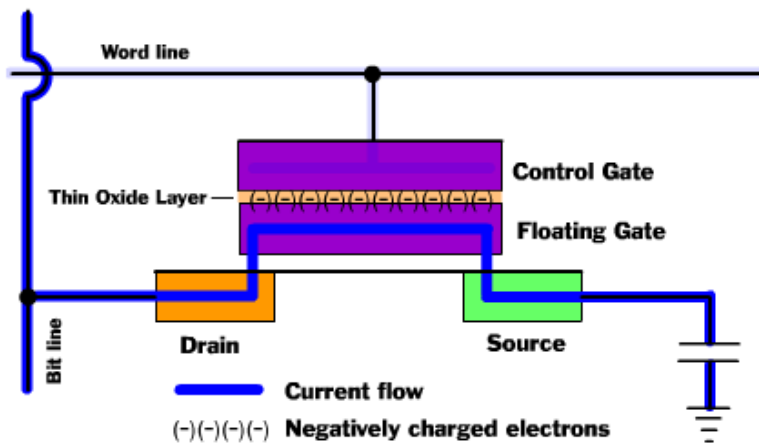


Fig3.c. Se cambió al estado 1 el Transistor Floating Gate conduce en estado de saturación.

Fig3. Proceso Fowler-Nordheim tunneling

Lo que produce el tunneling es que se aplique una tensión a través del **Bit Line** al Floating Gate de entre 10 y 13 Volts aproximadamente. Esto hace que el Floating Gate comience a generar un flujo de electrones a través de la capa de óxido y se cargue con potencial negativo, respecto del Control Gate. Esto generará una barrera de electrones entre el Floating Gate y el Control Gate que producirá una interrupción en la circulación de corriente por el transistor Control Gate y el paso a Saturación del Floating Gate.

Para borrarlo es necesario aplicar un campo eléctrico intenso entre Control y Floating Gate

Estos dispositivos lo hacen internamente y eso les permite borrar bloques completos (ponerlos a cero) para que luego se puedan regrabar (poner 1's o dejar los 0's), del modo que se ha explicado. Este proceso es un limitante en la vida útil de estos dispositivos ya que se puede realizar una cantidad limitada de veces a partir de la cual se perderán las propiedades de los materiales involucrados y el dispositivo dejará de funcionar apropiadamente.

De modo que la vida útil de estos dispositivos se reduce en la cantidad de operaciones borrado-escritura que soportan.

Al respecto los fabricantes coinciden en especificar 2.000.000 de estas operaciones aproximadamente como límite de vida útil. A partir de ese valor el dispositivo puede entrar en falla en cualquier momento.

Pero este millón de operaciones es por cada celda de memoria. Aquí es donde se aplican a nivel de firmware ciertas técnicas de distribución de la información que reciben el nombre de Wear Leveling. Consisten en ir variando la ubicación física de un archivo a medida que éste va siendo modificado, moviéndolo a las celdas con menor tasa de uso. De este modo se trata de mantener una tasa de uso uniforme para todas las celdas y extender así al máximo la vida útil del dispositivo.

De este modo podemos concluir en que la vida útil del dispositivo de almacenamiento es una función de la cantidad de accesos (a mayor frecuencia de accesos mas rápido se deteriorará el dispositivo), y de la capacidad del mismo (a mayor capacidad mejor se aprovechan los beneficios del Wear Leveling).

Las celdas de una Flash memory se agrupan en sectores. El tamaño del sector varía de un producto a otro. Los sectores se agrupan en forma lógica en zonas. Actualmente es normal manejar zonas de 4Mbytes. La técnica de Wear Leveling se lleva a cabo dentro de las zonas. Cada zona tiene un 3% de sectores de repuesto para utilizarse mas allá de ella y no afecta la capacidad que el host ve del disco. Este grupo de sectores se conoce como **Erase Pool**.

Cuando un sector alcanza el fin de su vida útil el controlador lo mapea dentro del *Erase Pool* y en su lugar utiliza un sector de repuesto.

En el paper citado se evalúan diferentes situaciones y en el peor escenario se tiene una vida útil en cuanto a escrituras se refiere de casi 80 años.

No obstante las flash memory suelen deteriorarse por otras condiciones razón por la cual es conveniente reservar un presupuesto anual para mantenimiento correctivo. Se puede considerar que un 5% del parque puede deteriorarse.

Extensiones de almacenamiento

Utilizando los puertos USB disponibles, es posible conectar discos USB de diversas capacidades para ampliar la capacidad de almacenamiento de estos equipos.

Las laptops OLPC disponen, además, de un conector para memorias NAND Flash del tipo SD o (Adaptador mediante) micro SD, como alternativa para extender aún mas la capacidad de almacenamiento.

En las Figuras 4 y 5 se pueden ver la ubicación y la vista detallada de estos conectores.





Fig.4. Conector de extensión para Memorias SD en el equipo OLPC.

Referencias

SanDisk flash memory cards Wear leveling - October 2003

<http://www.howstuffworks.com>