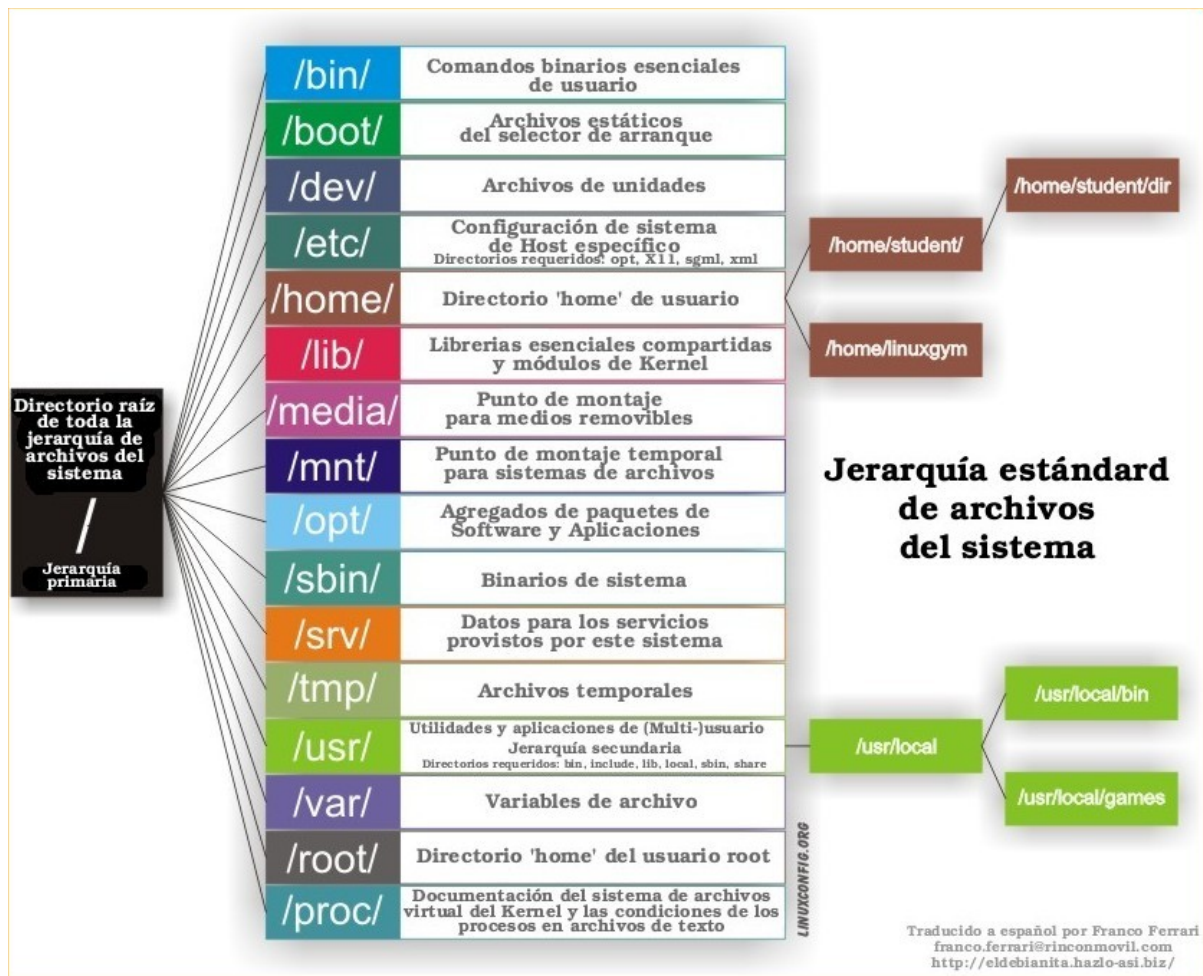


“Sistema de archivos”



Integrante: Wasinger Mariano

Año: 2015

Curso: Administración GNU/Linux

Laboratorio Gugler

Copyright (C) 2015 Mariano Wasinger.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

Indice de contenidos

Indice.....	3
Sistema de archivos.....	4
Configurar particiones.....	5
Tipos de sistemas de archivos.....	8
Características de cada uno.....	9
Journaling.....	12
Windows y GNU/linux.....	12
Estructura de directorios en GNU/Linux.....	15
Conclusión.....	17
Bibliografía.....	17
GNU Free Documentation License.....	18

Sistema de archivos

El sistema de archivos o sistema de ficheros (en inglés: "*filesystem*") es el componente del sistema operativo encargado de administrar y facilitar el uso de las memorias periféricas, ya sean secundarias o terciarias.

Sus principales funciones son la asignación de espacio a los archivos, la administración del espacio libre y del acceso a los datos resguardados. Estructuran la información guardada en un dispositivo de almacenamiento de datos o unidad de almacenamiento (normalmente un disco duro de una computadora), que luego será representada ya sea textual o gráficamente utilizando un gestor de archivos.

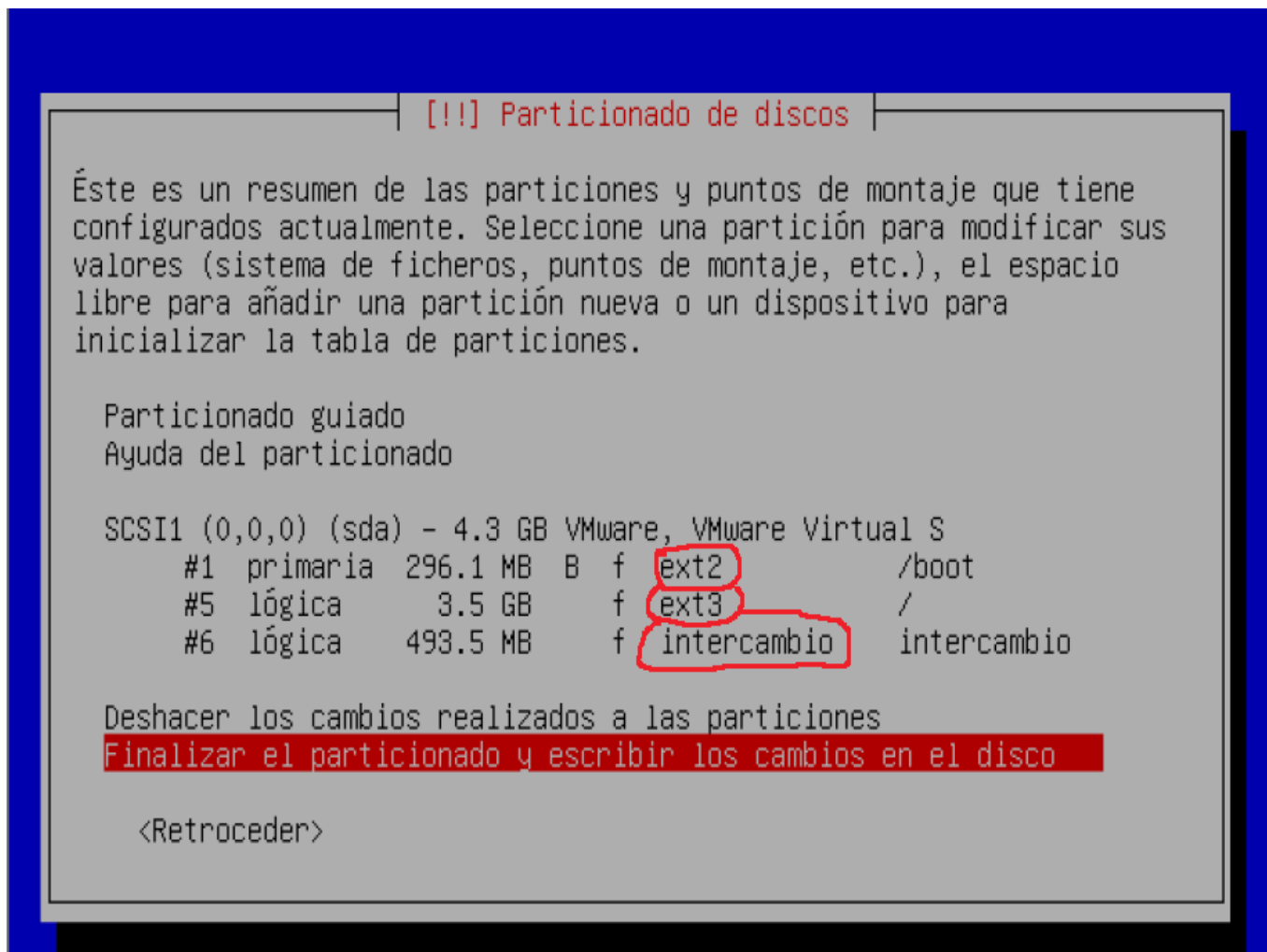
La mayoría de los sistemas operativos manejan su propio sistema de archivos.

Lo habitual es utilizar dispositivos de almacenamiento de datos que permiten el acceso a los datos como una cadena de bloques de un mismo tamaño, a veces llamados sectores, usualmente de 512 bytes de longitud (también denominados clústers). El software del sistema de archivos es responsable de la organización de estos sectores en archivos y directorios y mantiene un registro de qué sectores pertenecen a qué archivos y cuáles no han sido utilizados. En la práctica, un sistema de archivos también puede ser utilizado para acceder a datos generados dinámicamente, como los recibidos a través de una conexión de red de computadoras (sin la intervención de un dispositivo de almacenamiento).

Los sistemas de archivos tradicionales proveen métodos para crear, mover, renombrar y eliminar tanto archivos como directorios, pero carecen de métodos para crear, por ejemplo, enlaces adicionales a un directorio o archivo (enlace duro en Unix) o renombrar enlaces padres (".." en Unix).

A la hora de **particionar** el disco podemos ver que cada partición individual se puede configurar mediante uno de los muchos sistemas de archivos disponibles.

Cada uno tiene sus propias ventajas, desventajas e idiosincrasias únicas.



En este caso vemos que se utiliza **ext2** para la partición que posee /boot, **ext3** para la partición en la que se encuentra la / , y finalmente se utiliza área de **intercambio** (o también llamada swap).

Particionar un disco es como dividirlo en discos más pequeños contenidos dentro de la misma carcasa.

Las particiones pueden ser de dos tipos: primarias ó lógicas, las particiones lógicas se crean dentro de una partición primaria especial llamada extendida.

Como mínimo en un disco debe haber una partición primaria y como máximo puede haber cuatro particiones primarias ó tres primarias y una extendida, no puede haber más de una partición extendida en un mismo disco duro.

Dentro de una partición extendida puede haber todas las particiones lógicas que queramos.

Cada partición puede contener un sistema de archivos diferentes.

Un sistema de archivos establece los mecanismos para acceder a los datos que contiene y permite o no el acceso a dichos datos en determinadas circunstancias y en caso de alguna inconsistencia posibilita medios para su restauración.

A la acción de crear un sistema de ficheros dentro de una partición se le llama también formatear la partición.

La nomenclatura para identificar las particiones es diferente en Windows y en Linux. En **Windows** las unidades se identifican con letras, por ejemplo:

Primer disco duro (IDE, SCSI ó SATA)

C: (primera partición del primer disco duro IDE)

D: (segunda partición del primer disco duro IDE)

Segundo disco duro (IDE ó SCSI ó SATA)

E: (primera partición del segundo disco duro IDE)

F: (segunda partición del segundo disco duro IDE)

En **Linux** se representan de la siguiente manera:

hda (primer disco duro IDE).

hda1 (primera partición del primer disco duro IDE).

hda2 (segunda partición del primer disco duro IDE).

hda5 (primera partición lógica de una partición extendida del primer disco duro)

IDE)

hdb (segundo disco duro IDE).

hdb1 (primera partición del segundo disco duro IDE).

hdb2 (segunda partición del segundo disco duro IDE).

hdb5 (primera partición lógica de una partición extendida del segundo disco duro IDE)

Discos SCSI ó SATA.

sda (primer disco duro SCSI)

sda1 (primera partición del primer disco SCSI).

sda2 (segunda partición del primer disco SCSI).

sda5 (primera partición lógica del primer disco duro SCSI)

sdb (segundo disco duro SCSI)

Una vez que tenemos creadas nuestras particiones en nuestro disco y formateadas con el sistema de archivos que van a utilizar, para poder utilizar dichas particiones en Linux, tenemos que hacer un paso más, que es crear como mínimo el punto de montaje para el directorio raíz (/). Linux utiliza una estructura de directorios jerarquizada en forma de árbol invertido en donde todo es tratado como si fuera un archivo y para poder acceder a él debe estar acoplado (montado) dentro de esa estructura de directorios encabezada por el directorio raíz.

La interfaz gráfica de instalación de cualquier “distro” de linux nos permite montar el directorio raíz del sistema donde se instalarán los archivos más importantes del sistema operativo, pero también podemos crear otros puntos de montaje como /home (que es como la carpeta Mis documentos de Windows pero mucho más potente) en otra partición diferente, de esta manera si formateamos la partición donde está el sistema operativo, mis documentos (tú /home) quedará a salvo y tus datos no se perderán.

Para la instalación de Linux, ya sea de la distribución que sea, se necesita como mínimo dos particiones: la principal, donde se instalará el sistema operativo, formateada con el sistema de archivos que permita la distribución que vayamos a instalar y otra partición llamada swap (intercambio de memoria virtual), esta partición es utilizada como memoria RAM virtual cuando tenemos muchas aplicaciones abiertas y la memoria RAM de nuestro ordenador es insuficiente, de tamaño del swap se suele poner el doble de la memoria RAM, es decir, si tenemos 250 Mb de memoria RAM el tamaño del swap debería de ser aproximadamente de 500 MB, pero estas cifras están pensadas para equipos con poca memoria. Por ejemplo, si te has comprado un equipo nuevo con 4GB de memoria RAM, no es obligatorio que ponga 8GB para el swap. También hay que considerar que si instalas Linux en un equipo con poca memoria y haces mucho uso del swap, tu ordenador se volverá más lento ya que se tarda más tiempo en leer y escribir del disco duro que de la memoria física RAM, en este caso deberías reconsiderar el ampliar la memoria RAM de tu ordenador.

Tipos de sistemas de archivos

Sistemas de archivos de disco

Un sistema de archivo de disco está diseñado para el almacenamiento de archivos en una unidad de disco, que puede estar conectada directa o indirectamente a la computadora.

Sistemas de archivos de red

Un sistema de archivos de red es el que accede a sus archivos a través de una red de computadoras.

Dentro de esta clasificación encontramos dos tipos de sistemas de archivos:

1. los sistemas de archivos distribuidos (no proporcionan E/S en paralelo);
2. los sistemas de archivos paralelos (proporcionan una E/S de datos en paralelo).

Sistemas de archivos de propósito especial

Los sistemas de archivos de propósito especial (special purpose file system) son aquellos tipos de sistemas de archivos que no son ni sistemas de archivos de disco, ni sistemas de archivos de red.

Ejemplos: acme (Plan 9), archfs, cdfs, cfs, devfs, udev, ftpfs, Infs, nntpfs, plumber (Plan 9), procfs, ROMFS, swap, sysfs, TMPFS, wikifs, LUFs, etcétera.

Los sistemas de archivos son:

- **Btrfs** - También conocido como «Better FS», es un nuevo sistema de archivos con potentes funciones, similares al excelente ZFS de Sun/Oracle. Estas incluyen la creación de instantáneas, striping y mirroring multi-disco (RAID software sin mdadm), sumas de comprobación, copias de seguridad incrementales, y compresión sobre la marcha integrada, que pueden dar un significativo aumento de las prestaciones, así como ahorrar espacio. A partir de enero de 2011, Btrfs es considerado inestable a pesar de que se ha estado insertando en el kernel principal con un estado experimental. Btrfs parece ser el futuro de los sistemas de archivos de GNU/Linux y se ofrece como una opción para el sistema de archivos de root en todas las instalaciones de las distribuciones más importantes.
- **exFAT** - Sistema de archivos de Microsoft optimizado para unidades flash. A diferencia de NTFS, exFAT no puede preasignar espacio en disco para un archivo con solo marcar el espacio arbitrariamente en el disco como «asignado». Al igual que en FAT, cuando se crea un archivo de longitud conocida, exFAT debe llevar a cabo una completa escritura física del mismo tamaño del archivo.
- **ext2** - Second Extended Filesystem es un consolidado y maduro sistema de archivos para GNU/Linux muy estable. Uno de sus inconvenientes es que no tiene apoyo para el registro (journaling) (véase más abajo) o las barreras. La falta de *registro por diario* («journaling») puede traducirse en la pérdida de datos en caso de un corte de corriente o fallo del sistema. También puede no ser conveniente para las particiones root (/) y /home, porque las comprobaciones del sistema de archivos pueden tomar mucho tiempo. Un sistema de archivos ext2 puede ser convertido a ext3.
- **ext3** - Third Extended Filesystem es, esencialmente, el sistema de archivos

ext2 pero con el apoyo de journaling y la escritura de barreras. Es compatible con ext2, bien probado, y extremadamente estable.

- **ext4** - Fourth Extended Filesystem es un sistema de archivos nuevo que también es compatible con ext2 y ext3. Proporciona apoyo para volúmenes con tamaños de hasta 1 exabyte (es decir, 1.048.576 terabytes) y archivos con tamaños de hasta 16 terabytes. Aumenta el límite de los 32.000 subdirectorios de ext3 a 64.000. También ofrece la capacidad de desfragmentación en línea.
- **F2FS** - Flash-Friendly File System es un sistema de archivos flash creado por Kim Jaegeuk (Hangul: 김재극) de Samsung para el kernel del sistema operativo Linux. La motivación para F2FS era construir un sistema de archivos que desde el principio tuviese en cuenta las características de los dispositivos de almacenamiento basados en memoria flash NAND (como los discos de estado sólido, eMMC, y tarjetas SD), que han sido ampliamente utilizados en el en sistemas informáticos que van desde dispositivos móviles a servidores.
- **JFS** - El Journaled File System de IBM fue el primer sistema de archivos en ofrecer journaling, y ha sido empleado durante muchos años en el sistema operativo IBM AIX® antes de ser portado a GNU/Linux. JFS demanda menos recursos de la CPU que cualquier otro disponible para los sistemas GNU/Linux. Es muy rápido en el formato, montaje y comprobación del sistema de archivos (fsck). JFS ofrece óptimas prestaciones en general, especialmente en conjunción con el planificador de I/O. No es tan ampliamente soportado como los sistemas de archivos ext o ReiserFS, pero, sin embargo, muy maduro y estable.
- **NILFS2** - New Implementation of a Log-structured File System fue desarrollado por NTT. Registra todos los datos en un formato continuo, a modo de un archivo de registro, que experimenta solo añadidos y nunca se sobrescribe. Está diseñado para reducir los tiempos de búsqueda y minimizar el tipo de pérdida de datos que se produce después de un accidente con los convencionales sistemas de archivos de Linux.
- **NTFS** - Sistema de archivos utilizado por Windows. NTFS contiene algunas mejoras técnicas respecto a FAT y HPFS (High Performance File System), como el soporte mejorado para los metadatos y el uso de estructuras de datos avanzadas para mejorar el rendimiento, la confiabilidad y la utilización del espacio en disco, además de extensiones adicionales, como las listas de control de acceso de seguridad (ACL) y journaling del sistema de archivos.
- **Reiser4** - Sucesor del sistema de archivos ReiserFS, desarrollado desde

ceros por Namesys y patrocinado por DARPA y Linspire, utiliza B*-trees junto con el enfoque del equilibrado del árbol de directorios, en el que los nodos poco poblados no se fusionarán hasta que no se efectúe un nivelado del disco, o cuando la memoria esté baja o se completa una operación. Este sistema también permite a Reiser4 crear archivos y directorios sin tener que perder el tiempo y el espacio a través de bloques fijos.

- **ReiserFS** - Sistema de archivos con journaling y altas prestaciones de Hans Reiser (V3) que utiliza un método muy interesante de transferencia de datos basado en un algoritmo creativo e innovador. ReiserFS es anunciado como muy rápido, especialmente cuando se trata de muchos archivos pequeños. ReiserFS - es rápido en dar formato, sin embargo, comparativamente lento en el montaje. Muy maduro y estable. ReiserFS (V3) no está siendo activamente desarrollado en este momento. Generalmente considerado como una buena opción para /var.
- **Swap** - es el sistema de archivos utilizado para particiones de intercambio.
- **VFAT** - tual File Allocation Table es técnicamente sencillo y con el apoyo de prácticamente todos los sistemas operativos existentes. Esto hace que sea un formato útil para las tarjetas de memoria de estado sólido y una manera práctica para compartir datos entre sistemas operativos. VFAT soporta nombres largos de archivos.
- **XFS** - Primeros sistemas de archivos con journaling desarrollado originalmente por Silicon Graphics para el sistema operativo IRIX y portado después a GNU/Linux. Proporciona un rendimiento muy rápido en los archivos y sistemas de archivos grandes y es muy rápido en el formato y montaje. Pruebas de benchmark comparativa han demostrado que es más lento cuando trata con muchos archivos pequeños. XFS es muy maduro y ofrece capacidad de desfragmentación en línea.
- **ZFS** - Combinación de sistema de archivos y gestor de volumen lógicos diseñado por Sun Microsystems. Las características de ZFS incluyen la protección contra la corrupción de datos, soporte para grandes capacidades de almacenamiento, la integración de los conceptos de sistema de archivos y la gestión de volúmenes, instantáneas y clones copy-on-write, la comprobación continua de la integridad y reparación automática de los archivos, RAID-Z y NFSv4 ACL nativos.

Journaling

Todos los sistemas de archivos antes vistos, con la excepción de ext2, FAT16/32, usan journaling. Journaling proporciona la rehabilitación de los fallos al registrar los cambios antes de que comprometan al sistema de archivos. En caso de un fallo del sistema o un corte de energía, este procedimiento es más rápido para informar en línea al sistema y es menos probable de que se dañe. El registro se lleva a cabo en un área específica del sistema de archivos.

No todas las técnicas de journaling son iguales. Solo ext3 y ext4 proporcionan la función *data-mode* («modalidad de datos») de journaling, que registra los datos y los meta-datos. La «modalidad de datos» de journaling conlleva una pérdida de velocidad y no está habilitada de forma predeterminada. Los otros sistemas de archivos ofrecen una «modalidad de clasificación» (*ordered-mode*) de journaling, que solo registra los meta-datos. Mientras el resto de los journaling restaurarán un sistema de archivos a un estado válido después de un accidente, la «modalidad de datos» de journaling ofrece la mayor protección contra la corrupción y pérdida de datos. Sin embargo, este último compromete el rendimiento del sistema, porque la modalidad de datos journaling hace dos operaciones de escritura: primero al registro y luego al disco. El equilibrio entre la velocidad del sistema y la seguridad de los datos debe tenerse presente a la hora de elegir entre uno u otro tipo de sistemas de archivos.

Windows y GNU/Linux (sistemas de archivos utilizados)

A lo largo de la historia, cada uno de los sistemas operativos que conocemos, ha tenido su propio “Sistemas de archivos”. Así, podemos encontrar que Microsoft trabaja con dos tipos de sistemas de archivos bien identificados: FAT (que tenía varias versiones, y que era utilizado para Microsoft Windows 95, Windows 98, y Windows XP) y NTFS (propio de Microsoft Windows NT, Windows XP, Windows Vista o el actual Windows 7). Son muchas las diferencias entre FAT y NTFS, pero las más importantes están orientadas a la posibilidad de contar con dispositivos de almacenamiento más grandes (FAT estaba limitado en tamaño de particiones) y más seguridad en el acceso a los ficheros del sistema.

Por el contrario, GNU/Linux comenzó su andadura con su sistema de archivos “Ext2”, pero éste fue sustituido por nuevas versiones que si tenían la capacidad de trabajar con grandes volúmenes de información (Terabytes) y de poder restituir rápidamente (gracias al “Journaling”) el sistema ante un fallo importante en el sistema de archivos. Posteriormente aparecieron otros sistemas de archivos nuevos y mejoras sobre el modelo existente.

GNU/Linux soporta, además de sus sistemas de archivos nativos (tales como minix, ext, xiafs, etc), varios tipos de sistemas de archivos ajenos para facilitar el intercambio de datos con otros sistemas operativos.

- **minix:** el sistema de archivos más antiguo y, supuestamente, el más fiable pero muy limitado en características (marcas de tiempo perdidas, 30 caracteres de longitud máxima para los nombres de archivo, etc) y restringido en capacidad (como máximo, 64mb de tamaño de sistema de archivos).
- **ext:** primer sucesor de minix, aunque actualmente está en desuso ya que no es compatible con sistemas operativos actuales.
- **ext2:** el sistema de archivos ext2 mejoró la primera versión del ext, con múltiples características. Está diseñado para ser compatible con futuros sistemas.
- **ext3:** sistema de ficheros que ha usado Debian y derivados por defecto durante muchos años. Entre las mejoras añadidas sobre el ext2, es el journaling (se reduce el tiempo de recuperación tras un apagado inesperado).
- **ext4:** nueva versión mejorada del ext3, con mejoras como menor consumo de CPU y mayor velocidad de acceso a datos.
- **xiafs:** una versión modificada del sistema de archivos minix. Eleva los límites de nombres de archivos y tamaño del sistema de archivos, pero por otro lado no introduce características nuevas. Aún sin gozar de popularidad, se ha demostrado que funciona muy bien.
- **reiserfs:** un sistema de archivos más robusto. Se utiliza una bitácora que provoca que la pérdida de datos sea menos frecuente. La bitácora es un mecanismo que lleva un registro por cada transacción que se va a realizar, o que ha sido realizada. Esto permite al sistema de archivos reconstruirse por sí sólo fácilmente tras un daño ocasionado, por ejemplo, por cierres del

sistema inadecuados.

- **btrfs**: sistema de copia por escritura desarrollado para sustituir al tradicional ext.

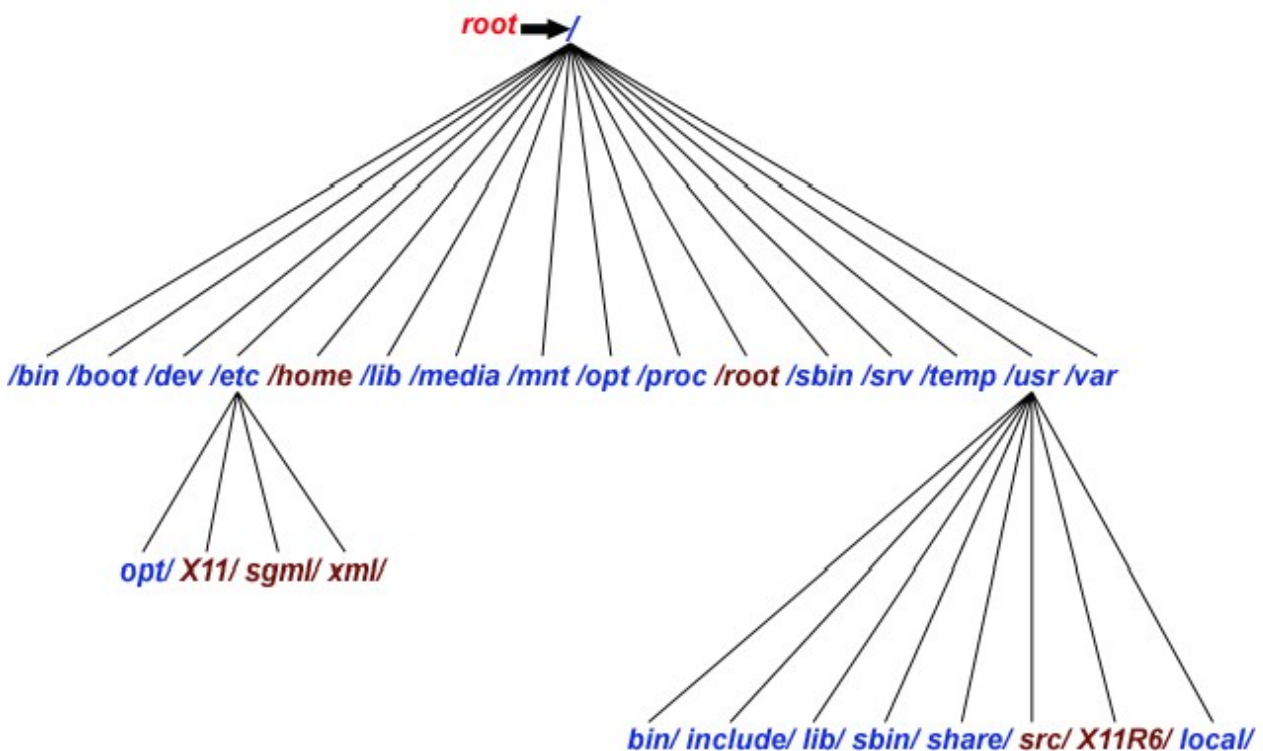
Adicionalmente, existe soporte para sistemas de archivos adicionales ajenos, para facilitar el intercambio de archivos con otros sistemas operativos. Estos sistemas de archivos ajenos funcionan exactamente como los propios, excepto que pueden carecer de características usuales UNIX , o tienen curiosas limitaciones, u otros inconvenientes.

- **msdos**: para la compatibilidad con el sistema de ficheros FAT del MS-DOS.
- **umsdos**: extiende el sistema de archivos msdos bajo GNU/Linux, de forma que desde este se puedan usar nombres de ficheros largos, propiedad, permisos, enlaces y ficheros de dispositivo. Esto permite que un sistema de ficheros msdos se use como si fuera un sistema de ficheros GNU/Linux, sin necesidad de hacer una nueva partición para GNU/Linux. Tiene como contrapartida un rendimiento inferior a los sistemas de archivos nativos.
- **vfat**: para compatibilidad con sistemas Windows 9x (fat32). Soporta nombres largos de ficheros.
- **ntfs**: acrónimo de New Techonology File System, sistema de ficheros de Windows 2000/XP en adelante.
- **iso9660**: tipo de sistema de ficheros de CDRom; está soportada de manera automática.
- **hpfs**: para la compatibilidad con el sistema de ficheros de OS/2.
- **nfs**: sistema de archivos de red que permite compartir sistema de archivos entre varios ordenadores.
- **sysv**: para compatibilidad con UNIX System V/386, Coherent y Xenix.

Estructura de Directorios en GNU/Linux

Pero no solo el sistema de archivos de nuestro sistema operativo Linux es importante para conocer aspectos que afectan al rendimiento de nuestro equipo, también es importante que conozcamos la forma en la que está estructurado el sistema de directorios.

El estándar utilizado por GNU/Linux para organizar la información se denomina **FHS** (Filesystem Hierarchy Standard), y éste sistema se encarga de organizar la información de forma jerárquica.



Partiendo de un “**raiz**” encontraremos los siguientes directorios:

- **/bin** almacena las aplicaciones (comandos) básicas del sistema.
- **/boot** aquí se encontrarán los archivos necesarios para el inicio del sistema, así como los correspondientes al cargador de arranque.
- **/dev** cada uno de los archivos representa a un dispositivo del sistema.
- **/etc** es el directorio donde se encontrarán la mayoría de los archivos de configuración del sistema y de otras aplicaciones importantes.
- **/home** donde se encontrarán los directorios personales de los usuarios del

sistema.

- **/lib** bibliotecas compartidas necesarias para la ejecución del sistema.
- **/mnt** se trata del directorio en el que se solían ‘montar’ los distintos dispositivos de almacenamiento (discos duros externos, pen-drive), pero que ahora ha quedado obsoleto porque se utiliza el nuevo directorio “/media” para dicha función.
- **/proc** mantiene ficheros que almacenan el estado (procesos, dispositivos) del sistema.
- **/root** es el directorio personal del administrador del sistema.
- **/sbin** comandos de administración del sistema.
- **/tmp** carpeta donde el sistema almacena información temporal.
- **/usr** ubicación que normalmente se dedica para instalar las aplicaciones de usuario.
- **/var** su contenido no se explica brevemente, ya que en él podremos encontrar los archivos de registro del sistema, archivos temporales del servicio de correo, o el directorio de trabajo del servidor de páginas web.

El estándar FHS posee más detalles relacionados con estos directorios, como por ejemplo:

Se recomienda que directorios como ‘/tmp’, ‘/var’ y ‘/home’ posean una partición propia, ya que si se produce un crecimiento desmesurado de los datos almacenados en ellas no afectarán al resto del sistema.

También se aconseja que el directorio ‘/home’ se encuentre en una partición aparte para que en el caso de una actualización del sistema, ésta pueda mantenerse inalterada.

Se considere al directorio ‘/etc’ como el más importante (junto con el directorio ‘/home’ porque almacena los datos de usuario), por lo que se aconsejan copias de seguridad del mismo.

Conclusión:

Es interesante conocer sobre sistemas de archivos para así saber a la hora de particionar un disco, las distintas opciones que tenemos y utilizando cuales de estos podríamos sacarle mas provecho a nuestra computadora ya sea personal o un servidor, dado que los sistemas de archivos son el componente del sistema operativo encargado de administrar y facilitar el uso de las memorias periféricas.

Bibliografía:

<https://ext4.wordpress.com/2010/11/14/estructura-basica-del-sistema-de-archivos-de-linux/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_archivos

https://wiki.archlinux.org/index.php/File_systems_%28Espa%C3%B1ol%29

<http://www.aquihayapuntes.com/particiones-y-sistemas-de-archivos-en-linux.html>

<http://sudosu.es/2014/01/sistema-de-archivos-en-linux/>

<http://www.digitallearning.es/blog/administracion-linux-sistemas-de-archivos/>

GNU Free Documentation License

Version 1.3, 3 November 2008

Copyright (C) 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc.

<<http://fsf.org/>>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that

contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words. A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material

this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

The "publisher" means any person or entity that distributes copies of the Document to the public.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough

number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition.

Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material.

If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure

that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.

B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.

C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.

D. Preserve all the copyright notices of the Document.

- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers

or the equivalent are not considered part of the section titles.

M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.

N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.

O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice.

These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or

imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers. The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work. In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a

translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense, or distribute it is void, and will automatically terminate your rights under this License.

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the

licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, receipt of a copy of some or all of the same material does not give you any rights to use it.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document specifies that a proxy can decide which future versions of this License can be used, that proxy's public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Document.

11. RELICENSING

"Massive Multiauthor Collaboration Site" (or "MMC Site") means any World Wide Web server that publishes copyrightable works and also provides prominent facilities for anybody to edit those works. A public wiki that anybody can edit is an example of such a server. A "Massive Multiauthor Collaboration" (or "MMC") contained in the site

means any set of copyrightable works thus published on the MMC site. "CC-BY-SA" means the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license published by Creative Commons Corporation, a not-for-profit corporation with a principal place of business in San Francisco, California, as well as future copyleft versions of that license published by that same organization.

"Incorporate" means to publish or republish a Document, in whole or in part, as part of another Document.

An MMC is "eligible for relicensing" if it is licensed under this License, and if all works that were first published under this License somewhere other than this MMC, and subsequently incorporated in whole or in part into the MMC, (1) had no cover texts or invariant sections, and (2) were thus incorporated prior to November 1, 2008.

The operator of an MMC Site may republish an MMC contained in the site under CC-BY-SA on the same site at any time before August 1, 2009, provided the MMC is eligible for relicensing.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts,

replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.