

**“UNIVERSIDAD CATOLICA NUESTRA SEÑORA DE
LA ASUNCIÓN”**

TEORÍA Y APLICACIÓN DE LA INFORMÁTICA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“Multiplexed Optical Data Storage”
MODS**

MIGUEL GARCÍA URUNAGA

AÑO 2006

INDICE

Introducción	3
Antecedentes y Causas	4
Datos del Proyecto	5
Características de la Tecnología	6
Técnica	7
Investigaciones Actuales	
Ruidos y Errores	8
Interleaving	9
Comparación con otras tecnologías	10
Ventajas, desventajas y diferencias	11
Experimentos	11
Perspectivas	12
Conclusión	13
Bibliografía	14

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos tradicionales de almacenamiento óptico de datos trabajan llenando el disco con información binaria. En este caso, la capacidad del disco depende de la iluminación de la longitud de onda, la apertura numérica de los lentes enfocando la luz, los códigos de corrección de errores empleados y la calidad del disco mismo. La siguiente generación de estos dispositivos –llamados BluRay (BD) pueden almacenar 25 GB. de datos en una capa. Esto fue logrado incrementando la apertura numérica de los lentes a 0.85 y bajando la longitud de onda a 405 nm.

La nueva generación de estos dispositivos de este tipo (ya la que debe seguir a los Blu-Ray) estaba siendo buscada en tecnologías complejas como Solid Immersion Lens (SIL) o basados en principios holográficos. Esto es debido a que no es posible disminuir la longitud de onda de la iluminación o incrementar la apertura numérica más allá de 0.85 sin usar estas otras técnicas mencionadas.

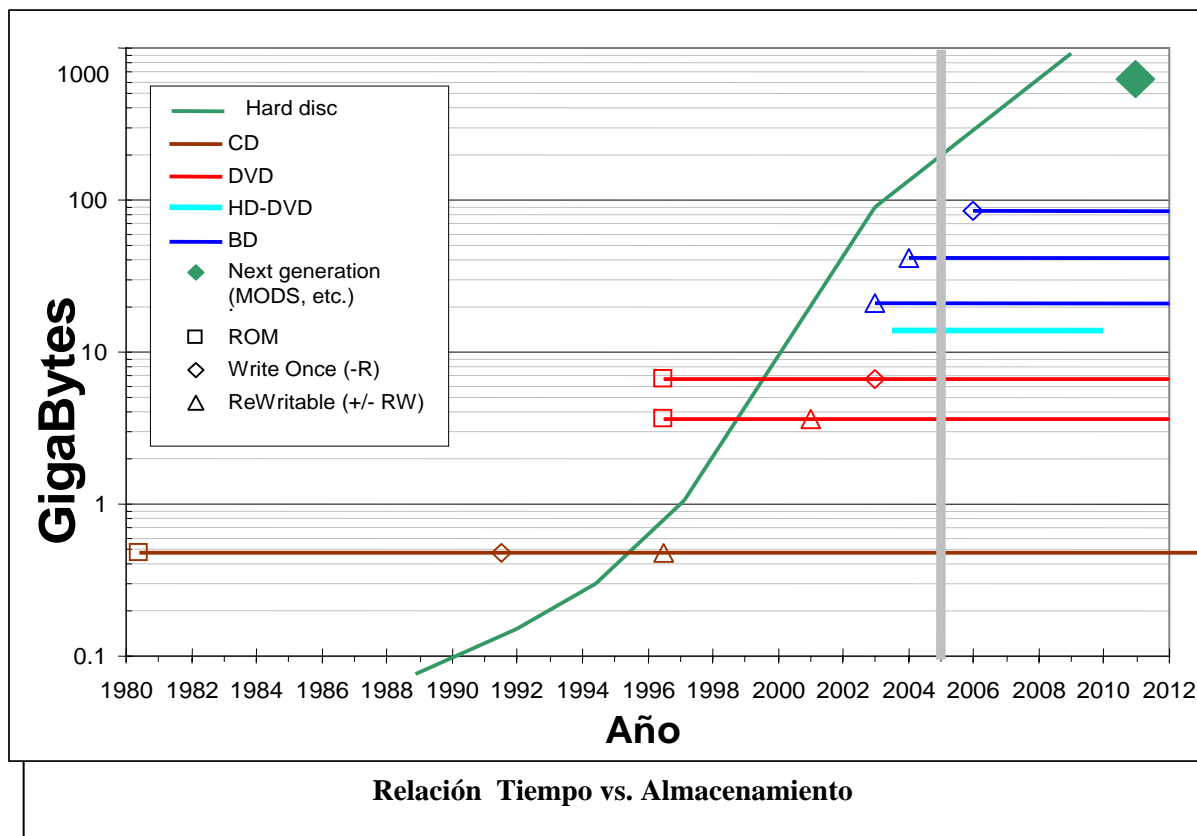
La solución propuesta por un grupo de investigadores del Imperial College de Londres, trabajando de forma estrecha con colegas en el Instituto de Microtecnología, Universidad de Neuchâtel, Suiza, y en el Departamento de Ingeniería de computadoras y eléctricas, Aristotle Universidad de Thessaloniki, Grecia, es poner más de un simple bit un un simple pit (foso en la superficie del disco). Este método es llamado “Multiplexing” y de ahí que el nombre de la tecnología, objeto de nuestro estudio, es MODS (Multiplexed Optical Data Storage). Esto se logra produciendo un pit asimétrico, y midiendo el algulo del pit con alta precisión.

ANTECEDENTES Y CAUSAS

Los dispositivos de almacenamiento secundarios que nos invaden hoy en día son cada vez más numerosos. Espacio para almacenar sonidos, gráficos, videos, imágenes de todo tipo, desde las más simples fotografías hasta complejos diseños generados con herramientas CAD; sumado a esto el intenso auge del entretenimiento digital, colecciones enteras de nuestra música favorita, videos caseros en formato digital, ediciones de todo tipo de datos multimedia, y hasta inclusive grandes cantidades de datos de empresas, sus bases de datos, etc. son las circunstancias actuales que nos exhortan a buscar dispositivos con cada vez más capacidad de almacenamiento.

Esta necesidad se volvió tan crítica que surgen soluciones con capacidades tan grandes, que tan solo unos pocos años atrás hubiesen parecido impensables, absurdas y hasta exageradas. En aquellos días (que se pueden considerar hasta muy recientes, pero que en términos de informática son tiempos prehistóricos) las necesidades se satisfacían en general con algunos dispositivos de baja capacidad, pero de manejo flexible para el usuario común (unidades de disquete), y otros de alta capacidad (por ejemplo cintas magnéticas), de acceso lento y no tan flexibles a la hora del acceso a un dato de ese medio.

Es ahí en donde surgen las alternativas de almacenamiento óptico que fueron evolucionando en principio de manera un poco lenta con la aparición del CD (Compact Disc) que en principio y durante algún buen tiempo se utilizó únicamente para distribuir Audio Digital. Pero a partir de su evolución a CD-ROM que permitía distribuir todo tipo de datos, con la asombrosa capacidad (para ese entonces) de 650 MB., los adelantos en ésta área se aceleraron y las investigaciones avanzaban a pasos agigantados. Es así como surgió el DVD, dispositivo que, al igual y haciendo analogía con su predecesor, en principio se utilizó únicamente para distribuir películas completas en formato digital. Rápidamente el mercado y la industria visualizaron un enorme potencial para en la distribución de otros tipos de datos a través de este medio, debido a su gran capacidad de almacenamiento para la época, que iba desde los 4 GB. en los DVDs de una cara y una capa, hasta los 17 GB. en los de doble cara y doble capa por cara.



Con el auge de Internet y de las grandes redes, en donde las conexiones por banda ancha son cada vez más frecuentes, pronto los DVDs quedaron cortos también ante la incesante demanda de almacenamiento masivo.

Aunque aparecieron tecnologías que están resolviendo de algún modo en forma temporal el problema (Blu Ray, etc.); no es tan grande el aporte o diferencia que han brindado con respecto al DVD.

Y aquí es donde surge ésta novísima tecnología llamada MODS (“Multiplexed Optical Data Storage”) cuyos detalles, (principales ventajas, limitaciones o factores que retrasan su salida, entre otros datos interesantes, fecha estimada de lanzamiento, tecnología involucrada, etc.) son objeto de estudio en este trabajo.

Datos del Proyecto

Dado que la tecnología MODS es sumamente nueva, los pormenores y detalles de toda la técnica y los estudios realizados todavía están en una fase de prueba y con acceso restringido a los datos.

Ni siquiera se han publicado aún ningún tipo de especificación teórica formal, solo detalles aislados que por lo pronto imposibilita un seguimiento total y ordenado del proyecto.

Pero lo que en concreto alienta la continuidad en las investigaciones son los éxitos obtenidos en las primeras pruebas genéricas en los laboratorios del Imperial College.

Peter Török, encargado del proyecto.

Estudió en Budapest – Hungría, y en la Universidad de Oxford. Realizó sus estudios de doctorado en la Universidad de Cambridge.

Luego fue designado Profesor de Fónica del Imperial College de Londres. Sus principales investigaciones incluyen la teoría de problemas electromagnéticos, difracción, etc.

CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA

Cien veces mayor que el DVD

La nueva tecnología se destaca principalmente por su asombrosa capacidad de almacenamiento.

El doctor Peter Torok dio a conocer la técnica MODS, en la Conferencia sobre Almacenamiento de Información de Taiwan 2004.

Él mismo, junto con otros investigadores del *Imperial College* de Londres, Gran Bretaña, están desarrollando esta nueva forma de almacenar datos que en teoría podría llegar a la creación de discos capaces de retener 1.000 *gigabytes* (GB).

De concretarse éste proyecto se podría condensar todos los episodios de la serie de Los Simpson en un disco del tamaño del DVD que conocemos.

472 horas de película

La mayoría de los DVDs actuales tienen dos capas y pueden almacenar hasta 8,5 GB de información.

La técnica desarrollada por el *Imperial College* de Londres podría ofrecer mucho más en un solo disco.

Los investigadores creen que su método



podrá ser utilizado para crear un disco óptico de cuatro capas, cada una de ellas con espacio para 250 GBs, es decir, una capacidad equivalente a 118 horas de video por capa.

El disco de 1TB sería de doble cara y doble capa, pero incluso con una sola cara y mono capa, el disco MODS podría contener la trilogía del Señor de los Anillos más de trece veces.

Se estima que los discos MODS costarán aproximadamente lo mismo que la fabricación de un DVD ordinario y que cualquier sistema reproduciéndolos serán compatibles con formatos ópticos existentes—significando que CDs y DVDs podrían ser reproducidos con un sistema MODS

TÉCNICA

La técnica MODS (*Multiplexed Optical Data Storage*) está basada en la tecnología láser, ya existente en los DVDs y CDs actuales.

Un disco está formado por pequeñísimos surcos llenos de muescas que reflejan el láser como series de unos y ceros.

El resultado final sería un nuevo modo de codificar y detectar información, que obtendría de un pit una cantidad de información 10 veces mayor.

Según el doctor Torok, ya se tuvo la idea de un disco de este tipo hace unos años", pero no se tenían los medios para probar que funcionaba.

Para hacerlo se desarrolló un método preciso para calcular las propiedades de la luz reflejada, en parte debido a las contribuciones de Peter Munro, un estudiante de doctorado que trabajaba en el proyecto.

Para el desarrollo se están usando una mezcla de técnicas analíticas y numéricas que permiten tratar rigurosamente la dispersión de la luz desde la superficie del disco, en lugar de tener que hacer aproximaciones.

La manera en que los investigadores del Imperial College, con Peter Török a la cabeza, pudieron agrupar más datos en un disco óptico del tamaño de un CD se debió gracias a la capacidad de poder agrupar más de un bit por pit. Los pits son los fosos que se crean en la superficie del disco. La ausencia de un pit es un llano.

Se produjeron pits asimétricos que se veían de forma diferente dependiendo de su orientación como un cráter torcido.

Haciendo brillar la luz del láser en el pit desde ángulos diferentes, se producen diferentes reflejos y así se pueden registrar bits adicionales.

Debido a la capacidad de poder aprovechar esta propiedad, el grupo investigador reportó que podía distinguir los diferentes reflejos de estos pits con simples asimetrías, y estimaron que la información agregada podría ser suficiente para almacenar un terabyte en un disco del tamaño de un DVD, con cuatro capas.

A diferencia de los discos ópticos existentes, los discos MODS poseen fosos asimétricos, cada uno conteniendo un 'paso' hundido con uno de los 332 diferentes ángulos, que codifican la información. Los investigadores de Imperial desarrollaron un método que puede ser utilizado para realizar una medida precisa de la orientación del foso reflejando la luz trasera. Un fenómeno físico diferente es utilizado para lograr una ganancia adicional.

Bajo inflamación la superficie de CDs y DVDs aparece como diminutas ranuras rellenas con regiones de tierra (llanos) y fosos. Estos fosos y regiones de tierras representan información codificada en un formato digital como series de unos y ceros. Cuando reproduce, CDs y DVDs realizan un bit por foso, pero los investigadores de Imperial han encontrado una forma de codificar y recuperar hasta diez veces la cantidad de información de un foso.

INVESTIGACIONES ACTUALES

Ruidos y Errores en la tecnología MODS

Uno de los objetivos del proyecto es estudiar el efecto de los ruidos en los MODS. A medida que la tecnología óptica de almacenamiento de datos ha avanzado, el ruido se vuelto un tema incrementalmente importante, particularmente el ruido del medio (errores de masterizado e imperfecciones del disco).

Pequeñas investigaciones se han hecho sobre los efectos del ruido del medio, primordialmente porque no está preparado para ser modelado en forma analítica. En adición a la falta de literatura, el sistema MODS es de una naturaleza enteramente diferente, y debido a eso, se espera que la naturaleza del medio también sea diferente a lo que normalmente acostumbramos con las tecnologías anteriores.

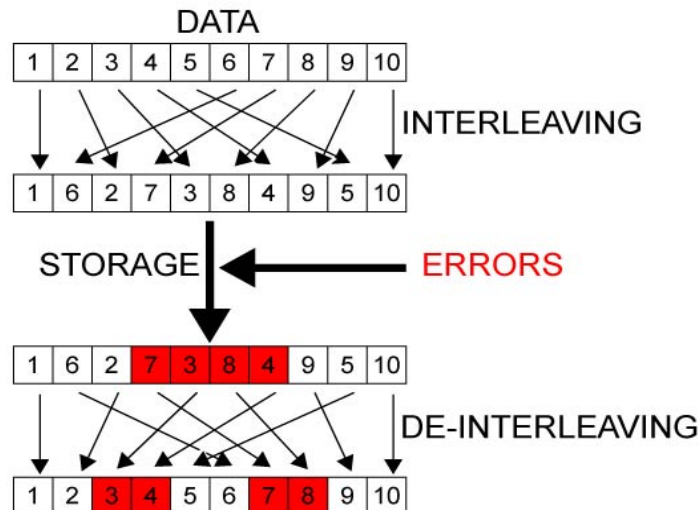
Habiendo determinado las características del sistema MODS, el trabajo actualmente en estudio, es hacer un diseño adecuado de corrección de errores. Es inevitable que ocurran errores de lectura en cualquier sistema de almacenamiento óptico de datos.

Un típico sistema puede producir 100 errores cada segundo; esta tasa es típicamente reducida a 1 error en 3-5 años usando los códigos de corrección de errores. Además se agrega estructuras de redundancia a los datos. Si parte de los datos están corrompidos después de una lectura, entonces la redundancia puede ser usada para reconstruir los datos perdidos. Así es como se pretende controlar estos inconvenientes en la tecnología MODS.

Aunque los códigos de corrección de errores son complejos por si mismos, existen otras técnicas en estudio para incrementar la robustez del almacenamiento óptico de datos, esto es dejado a una simple explicación.

Interleaving

Por ejemplo, la figura demuestra el concepto de “interleaving”, el cual almacena datos en forma no-contigua; esto es, los bits consecutivos no son



almacenados en forma consecutiva en la superficie del disco.

Así, si ocurre una ráfaga de errores (varios bits erróneos consecutivos) – como se muestra por los bloques rojos – entonces cuando los datos son “de-interleaved” (ponerlos de vuelta en el orden apropiado), el error más largo es dividido en varios pequeños errores. Esto permite que un simple sistema de corrección de errores corrija errores grandes.

Sin embargo, esta ventaja es ganada al costo de la velocidad de codificación, como también al uso de los buffers para los procesos de “interleaving” y “de-interleaved”.

El diseño de los códigos de corrección de errores es fuertemente dependiente del sistema, por lo tanto, un completo entendimiento de la naturaleza del ruido es requerido.

De particular importancia es la necesidad de ser capaz de corregir grandes ráfagas de errores causados por rajaduras o suciedad en la superficie del disco. En adición a estos requerimientos, también es necesario ser capaces de decodificar el código de corrección de error a la velocidad suficientemente alta para que los consumidores no lo noten.

Un objetivo paralelo es usar algunas de las técnicas de la teoría de la información para ayudar en los refinamientos a análisis de los sistemas.

La teoría de la información utiliza rigurosas formulaciones matemáticas del concepto de información, los cuales pueden ser utilizados para deducir el flujo de información en un sistema, y como podría ser maximizado. Para la tecnología MODS, esta técnica también podría ser usada potencialmente para ayudar a los sistemas de códigos de corrección de errores y del diseño óptico.

COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS

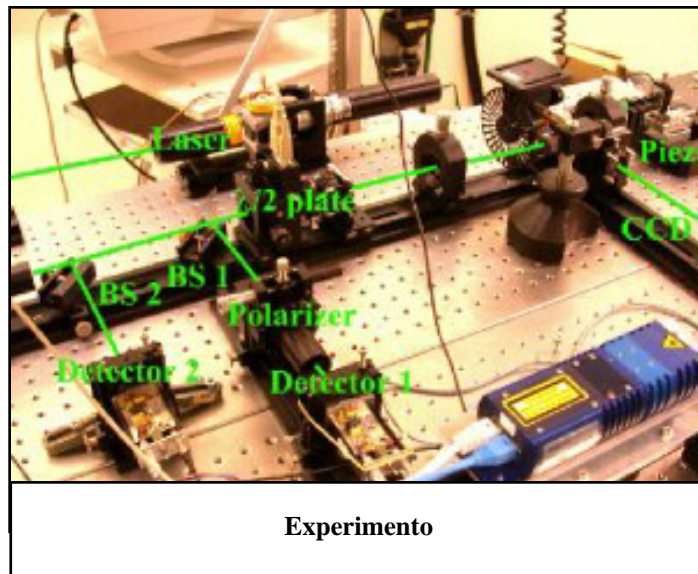
Diferencias principales entre las tecnologías de almacenamiento óptico ya disponibles

	Blu-ray	HD DVD	DVD
<i>Capacidad</i>	23.3/25/27 GB (Capa Simple) 46.6/50/54 GB (Capa Doble)	15 GB (Capa Simple) 30 GB (Capa Doble)	4.7 GB (Capa Simple) 8,5GB (Capa Doble)
<i>Longitud de Onda del Rayo Láser</i>	405 nm	405 nm	650 nm
<i>Tasa de Transferencia</i>	54,0 Mbps	36,55 Mbps	11,1 Mbps
<i>Formatos Soportados</i>	MPEG-2, MPEG-4 AVC, VC-1	MPEG-2, VC-1 (Basado en WMV), H.264/MPEG-4 AVC	
<i>Resistencia a rayas y suciedad</i>	Sí	No	No

Ventajas, desventajas y diferencias del MODS con éstas tecnologías.

- Capacidad: Como ya se mencionó, con la tecnología MODS se puede lograr obtener hasta 250 GB. por capa, sumando así un total de hasta 1 terabyte con dos capas por cara.
- Longitud de onda del rayo: el principal obstáculo de las tecnologías anteriores se debía a las limitaciones físicas para reducir la longitud de onda del láser. En efecto, no se puede reducir más allá de 405 nm., por esto la técnica del MODS se basó en la estrategia de utilizar un tipo similar de láser, pero codificar más bits por foso, llegando hasta 10 bits por pit.
- Formatos Soportados: En principio no se definieron aún formalmente, pero se espera poder soportar todos los tipos de datos actuales y los de un futuro cercano.

EXPERIMENTOS



Para probar que la tecnología podría ser prometedora, los físicos necesitaron encontrar la manera de leer sub-estructuras de pits angulares, para no comprometer la tasa de datos del dispositivo óptico. El equipo construyó un prototipo usando un láser de 405 nm. de longitud de onda, y todo los componentes adicionales necesarios para el sistema MODS.

Aunque inicialmente se basó en las características directas de los bordes, también se pudo hacer que funcione con otras geometrías de pit. No

necesariamente deben parecer formas como pasos continuos mientras tengan asimetrías adecuadas.

Las pruebas se hicieron entre ángulos de 0 a 180°, pero se pudieron resolver hasta 330 diferentes orientaciones en ese mismo rango de ángulos.

Se obtuvieron resultados alentadores con éstas pruebas, así se el equipo pudo publicar sus primeras informaciones sobre el funcionamiento general de la nueva invención.

PERSPECTIVAS

Una vista potencial del futuro del almacenamiento óptico se resume como sigue:

- **1-4 años** - HD-DVD – con 2/3 capas, 15GB/capa
- **1-3 años** - BD – con 1 capa, 35Gb/capa
- **3-5 años** - BD – hasta 2 capas, 70Gb/capa
- **5-7 años** - BD – hasta 4 capas, 140Gb/capa
- **5-15 años** - Holographic/MODS.

Un disco MODS de una sola capa podría almacenar 118 horas de filmación de alta calidad. Esto equivale a:

- Toda la serie Friends (238 capítulos de 25 minutos que equivale a 5950 minutos).
- Las tres temporadas de la serie 24, podrían almacenarse dos veces en el disco MODS.
- La trilogía del Señor de los Anillos podría ser almacenada unas 13 veces en un solo disco MODS.

Un disco de dos caras con una capacidad de 1 TB puede almacenar 472 horas o 28,320 minutos lo que equivale a:

- Almacenar toda la serie Star Trek, Next Generation (178 episodios de 1 hora de duración).
- La serie ER (todos los 231 episodios hasta ahora)

CONCLUSIÓN

Podría pasar tiempo antes de que la tecnología llegue a nuestros países. Según el Imperial College de Londres, contando con una demora de cinco años para perfeccionar la técnica, podría haber una versión comercial del producto disponible para el año 2010, dependiendo de los fondos.

Las estimaciones de la capacidad, que se hicieron a partir de cálculos teóricos y pruebas genéricas. Aún no se hicieron pruebas totales y dinámicas por falta de fondos, y tampoco se produjeron en la práctica discos MODS todavía.

Aunque mayormente todo lo relacionado a MODS se encuentra todavía en la teoría, los estudios demuestran que la mayor parte de las barreras de la inventiva en el desarrollo y el diseño fueron superadas o podrán vencerse en los siguientes años. El Dr. Török cree que los primeros discos podrían estar a la venta entre el 2010 y 2015 si su equipo es capaz de asegurar financiación para el posterior desarrollo; hecho muy probable debido al prometedor potencial de tan posible avance.

BIBLIOGRAFÍA

- Imperial College of London - <http://www.imperial.ac.uk>
- BBC Mundo - <http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science>
- UK Optical Storage Roadmap (Manchester) - <http://www.newscientistspace.com>
- Wikipedia - <http://es.wikipedia.org/wiki/>