Architettura di NTFS – 1

- **NT 5.x** supporta l'intera gamma dei FS Windows e **anche** `ext2fs` di GNU/Linux
  - **FAT-16**
    - Limite **logico** all'ampiezza di partizione ≤ 2^{16} **blocchi** di ampiezza massima 32 kB → 2 GB
  - **FAT-32**
    - Limite **fisico** all'ampiezza di partizione
    - ≤ 2^{32} **settori** da 512 B → 2 TB
    - Limite logico : 2^{28} blocchi da 4 – 8 kB → ≤ 2 TB
  - **NTFS** :
    - **Nuova concezione** con indirizzi su disco espressi su 64 *bit*

Architettura di NTFS – 2

- Nome di *file* fino a 255 caratteri in codifica **Unicode** (2 B/carattere)
  - Un nome espresso come **cammino** (relativo o assoluto) non può eccedere (32k – 1) caratteri
  - Distinzione tra maiuscolo e minuscolo, ma senza effetto per buona parte di **`Win32 API`** (*backward compatibility*)
- *File* come aggregato di attributi rappresentati come sequenza di caratteri (*byte stream*)

Architettura di NTFS – 3

- FS ad **architettura gerarchica** (come **`ext2`**)
  - \ invece di / come separatore nelle espressioni di cammino
  - Supporto per *directory* corrente (**`wd`**)
  - Supporto per entrambe le varietà di **`link`**
- Servizi di FS resi tramite procedure di libreria **`Win32 API`**
  - Funzionalmente simili a GNU/Linux ma di concezione assai più bizantina

Architettura di NTFS – 4

- NTFS è una collezione di **volumi logici**
  - Un volume logico può mappare su ≥ 1 partizione
    - Anche su ≥ 1 dischi
  - Volume visto come sequenza lineare di blocchi (*cluster*) di ampiezza fissa
    - Volumi **diversi** possono avere dimensione di blocco **diversa** (tra 512 B a 64 kB)
      - Blocco piccolo → bassa frammentazione interna
      - Blocco grande → meno accessi a disco ma più frammentazione
- Una **MFT** (**`Master File Table`**) per volume
  - **Fisicamente** realizzata come un *file*
    - Perciò può essere salvata **ovunque** nel volume e non necessariamente in posizione fissa (che può essere difettosa)
  - **Logicamente** strutturata come una **sequenza lineare** di ≤ 2^{48} *record* di ampiezza 1 kB (ciascuno descrive 1 *file*)

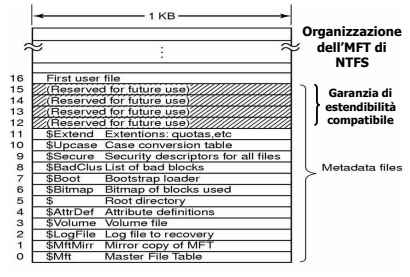
Architettura di NTFS – 5

- Ciascun *record* contiene un numero **variabile** di coppie **`<descrittore di attributo, valore>`**
  - Il 1° campo specifica la **struttura** dell'attributo
    - Esistono 13 attributi **di base** con struttura prefissata
    - Possono esistere altri attributi **aggiuntivi** a struttura libera
  - Il 2° campo denota il **valore** dell'attributo
    - Se possibile il valore è rappresentato interamente nel *record*
      - Attributo **residente**
    - Altrimenti rappresentato da un puntatore al suo *record* remoto
      - Attributo **non residente**
  - Il valore dell'attributo **dati** rappresenta il contenuto reale del *file*

Architettura di NTFS – 6

- I primi 16 *record* dell'MFT sono riservati per "*file* **trascendenti**" di sistema (***metadata***)
  - Questi *record* descrivono l'organizzazione dell'intero volume
- Il 1° *record* (0) descrive l'MFT stesso
- Il 2° (1) replica i primi 16 *record* in modo **non residente**, ponendone il contenuto in fondo al volume (***mirror file***)
  - Facilita il ripristino del volume in caso di corruzione dell'MFT
- Il 4° (3) caratterizza il volume (nome logico, versione di FS, data di creazione, etc.)
- Il 5° (4) descrive gli attributi usati nel volume
  - Attributi non residenti designati da un puntatore di 48 *bit* a un *record* remoto e un codice di controllo di 16 *bit* che deve coincidere con quello del *record* di base in MFT (**64 *bit* in tutto**)
- Inoltre: puntatore alla radice del FS; *bitmap* dei blocchi liberi; copia del codice di *boot* di volume o suo puntatore; etc.

Architettura di NTFS – 7



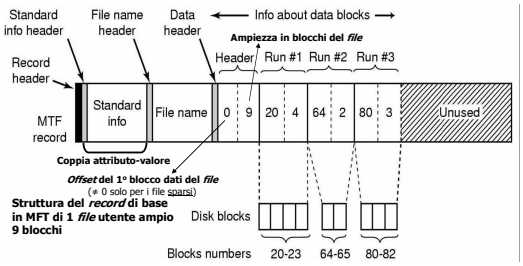
Architettura di NTFS – 8

- Il campo **`<descrittore di attributo>`** per attributi **residenti** ha ampiezza 24 B
  - Quello per attributi **non residenti** è più ampio
- Non tutti i 13 attributi di sistema applicano a tutti i *file*
  - Gli attributi previsti per i *file* corrispondono a quelli che GNU/Linux pone negli *i-node*, con l'aggiunta dell'identificatore dell' oggetto corrispondente
    - 64 *bit* per identificatore **unico per volume**
  - Il contenuto dati di *file* di ampiezza < 1 kB viene memorizzato **interamente** entro un *record* di MFT
    - ***Immediate file*** (rari)
  - Per *file* più grandi il valore dell'attributo dati diventa la lista ordinata dei corrispondenti blocchi su disco

Architettura di NTFS – 9

- Il valore di attributi **non residenti** è allocato su sequenze non necessariamente adiacenti di blocchi contigui
  - NTFS cerca di assegnare allo stesso *file* sequenze di blocchi contigui piuttosto che singoli blocchi isolati
    - Strategia analoga a quella di **`ext2fs`**
    - Nel caso peggiore i dati di un *file* possono trovarsi su sequenze di blocchi singoli non adiacenti
- Esiste 1 *record* base in MFT ∀ *file* sequenziale presente nel volume
  - La struttura interna del *record* dipende dalla dimensione del *file* e dalla contiguità dei suoi blocchi
  - *File* con zone interne non utilizzate (e.g. poste a 0 e riservate per uso futuro) sono chiamati *file* **sparsi** e sono gestiti diversamente

Record base senza estensioni – 1



Record base senza estensioni – 2

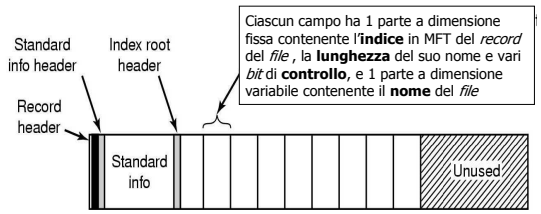
- Nella figura <u>un singolo</u> descrittore basta a contenere l'intera lista di sequenze (***run***) di blocchi contigui di dati del *file*
  - 9 blocchi dati in totale suddivisi in 3 sequenze ciascuna descritta come
    - Indirizzo su disco del 1° blocco della sequenza
    - Ampiezza in blocchi della sequenza
  - L'intestazione dell'attributo dati specifica il # di sequenze presenti nel descrittore (3 in questo caso)
  - La prima coppia di attributi dati specifica l'*offset* entro il *file* del 1° blocco coperto dal descrittore e l'*offset* del 1° blocco non coperto (= ampiezza)

Record base senza estensioni – 3

- La strategia NTFS consente di rappresentare *file* di ampiezza virtualmente **illimitata**
- Il numero di *record* necessari per i dati di 1 singolo *file* dipende dalla **contiguità** dei suoi blocchi piuttosto che dalla sua ampiezza
  - 1 *file* da 20 GB costituito da 20 sequenze di 1 M blocchi da 1 kB ciascuno richiede 20+1 coppie di valori espressi su 64 *bit* ovvero $21 \times 2 \times 8$ B = 336 B
    - Ampiamente contenuto in 1 singolo *record* MFT
  - 1 *file* da 64k B costituito da 64 sequenze di 1 blocco ciascuna richiede $(64+1) \times 2 \times 8$ B = 1040 B
    - Maggiore della capacità dell'attributo dati su 1 singolo *record*

Record base senza estensioni – 4

Il *record* base in MFT per una *directory* di piccole dimensioni

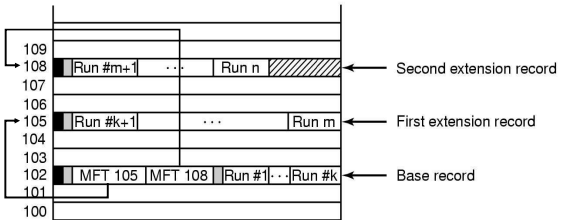


Record con estensioni – 1

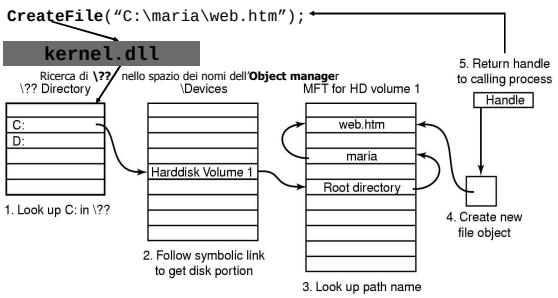
- La rappresentazione di *file* può richiedere ≥ 1 *record*
- NTFS usa per questo una tecnica a **continuazioni** analoga a quella usata dagli *i-node* di UNIX e GNU/Linux
  - Il *record* **base** in MFT contiene un puntatore a N ≥ 1 *record* **secondari** in MFT che descrivono la sequenza di blocchi del *file*
  - Lo spazio rimanente del *record* **base** può descrivere le prime sequenze di blocchi dati del *file*
- Se non vi fosse abbastanza spazio in MFT per i *record* secondari di un dato *file* la loro intera lista verrebbe trattata come un **attributo non residente** e posta in un *file* dedicato denotato da un *record* posto in MFT

Record con estensioni – 2

Un *file* composto da **n** sequenze di blocchi dati con descrizione specificata su 1 *record* base e 2 *record* di estensione in MFT

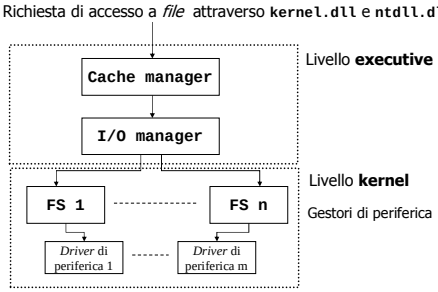


Creazione e localizzazione di *file*



Gestione della *cache* – 1

Richiesta di accesso a *file* attraverso `kernel.dll` e `ntdll.dll`



Gestione della *cache* – 2

- L'accesso a *file* avviene tramite **kernel.dll** e **ntdll.dll** e viene indirizzato al `Cache manager`
  - **Indipendentemente** dal tipo di FS
  - Il `Cache manager` tratta **blocchi virtuali** perché non conosce la struttura fisica dello specifico FS
    - Concetto analogo a quello del VFS di GNU/Linux
    - **Blocco virtuale** = (***stream***, ***offset***)
    - **Blocco fisico** = (**partizione, indice di blocco**)
- Ogni FS viene visto come **gestore di periferica logica** sotto il controllo dell'`I/O manager`

Gestione della *cache* – 3

- Per ogni *file* in uso il **`Cache manager`** alloca 256k B di spazio di indirizzamento virtuale di **`kernel`**
  - **Indipendentemente** dalla dimensione del *file*
  - Lo spazio complessivo a disposizione del **`Cache manager`** è parametro di configurazione
    - Se necessario rialloca spazio assegnata a *file* vecchi
- Le richieste di accesso a *file* vengono soddisfatte attingendo allo spazio di **`kernel`**
  - Per ogni dato non disponibile l'**`I/O manager`** tratta l'errore (*page fault*) **trasparentemente** al **`Cache manager`** caricando il blocco richiesto

Gestione della *cache* – 4

- Ogni accesso concorrente di più *thread* a uno stesso *file* mappato in memoria riferisce la **stessa** area di **`kernel`** assegnata dal **`Cache manager`** al *file*
  - Il *file* è mappato **una sola volta** nello spazio del **`kernel`** indipendentemente dal numero di utenti
  - Le scritture avvengono nello spazio di **`kernel`** le letture copiano dati nell'area dell'utente
    - Principio del *copy-on-write*
- Questo meccanismo garantisce la coerenza della condivisione di dati su *file*