



# Introduzione a Windows

## Windows teoria

### Parte 2

Ruggero Donida Labati

**Laboratorio di Sistemi Operativi**  
Università degli Studi di Milano  
Dipartimento di Informatica  
A.A. 2024/2025

# Panoramica della lezione

- Verrà presentata la gestione dei file system nel sistema operativo Windows 10
- Saranno descritte le caratteristiche del sistema di gestione della rete in Windows 10
- Verrà introdotta la programmer interface di Windows 10

# Sommario (1/3)

## 1. File system

- Il file system di Windows 10
- Struttura interna
- Recovery
- Sicurezza
- Gestione dei volumi e fault tolerance
- Compressione
- Reparse point



# Sommario (2/3)

## 2. Networking

- Gestione della rete in Windows 10
- Protocolli
- Meccanismi di calcolo distribuito
- Redirector e server
- Accesso ai file remoti
- Domini
- Risoluzione dei nomi in reti TCP/IP



# Sommario (3/3)

## 3. Programmer interface

- Accesso agli oggetti del kernel
- Gestione dei processi
- Scheduling in modalità utente
- Comunicazione tra processi
- Gestione della memoria



# 1. File System

- Il file system di Windows 10
- Struttura interna
- Recovery
- Sicurezza
- Gestione dei volumi e fault tolerance
- Compressione
- Reparse point

# Il file system di Windows 10 (1/2)

- La struttura fondamentale del file system di Windows 10 (NTFS) è il volume
  - Creato dall'utilità di amministrazione del disco di Windows 10
  - Basato su una partizione logica del disco
  - Può occupare parti di un disco, un intero disco o estendersi su più dischi

# Il file system di Windows 10 (2/2)

- Tutti i metadati, come le informazioni sul volume, vengono archiviati in un file normale
- NTFS utilizza i cluster come unità sottostante di allocazione del disco
  - Un cluster è un numero di settori del disco (potenza di due)
  - Poiché la dimensione del cluster è inferiore a quella del file system FAT a 16 bit, la quantità di frammentazione interna viene ridotta

# Struttura interna (1/2)

- NTFS utilizza i numeri di cluster logici (LCN) come indirizzi del disco
- Un file in NTFS non è un semplice flusso di byte, come in MS-DOS o UNIX, ma è un oggetto strutturato e costituito da attributi
- Ogni file in NTFS è descritto da uno o più record in un array memorizzato in un file speciale chiamato Master File Table (MFT)

# Struttura interna (2/2)

- Ogni file su un volume NTFS ha un ID univoco, chiamato riferimento al file
  - Stringa di 64 bit che consiste in un numero di file a 48 bit e un numero di sequenza a 16 bit
  - Può essere utilizzato per eseguire controlli di coerenza interni
- Lo spazio dei nomi NTFS è organizzato da una gerarchia di directory
  - La radice dell'indice contiene il livello superiore dell'albero B+ tree

# Recovery (1/2)

- Funzionamento
  - Tutti gli aggiornamenti della struttura dei dati del file system vengono eseguiti all'interno delle transazioni registrate
  - Prima che una struttura dati venga modificata, la transazione scrive un record di log che contiene informazioni di ripristino e annullamento
  - Dopo che la struttura dei dati è stata modificata, un record di commit viene scritto nel log per indicare che la transazione è riuscita
  - Dopo un arresto anomalo, le strutture dei dati del file system possono essere ripristinate a uno stato coerente elaborando i record di registro

## Recovery (2/2)

- Lo schema non garantisce che tutti i dati del file vengano ripristinati dopo un arresto anomalo, ma solo che le strutture dati del file system (i file di metadati) non siano danneggiate e riflettano uno stato coerente prima dell'arresto anomalo
- Il registro viene archiviato nel terzo file di metadati all'inizio del volume
- La funzionalità di recovery è fornita dal log file service di Windows 7

# Sicurezza

- La sicurezza di un volume NTFS deriva dal modello ad oggetti di Windows 7
- Ogni oggetto file ha un attributo descrittore di sicurezza memorizzato nel record MFT
- Questo attributo contiene il token di accesso del proprietario del file e un elenco di controllo degli accessi che indica i privilegi di accesso concessi a ciascun utente che ha accesso al file

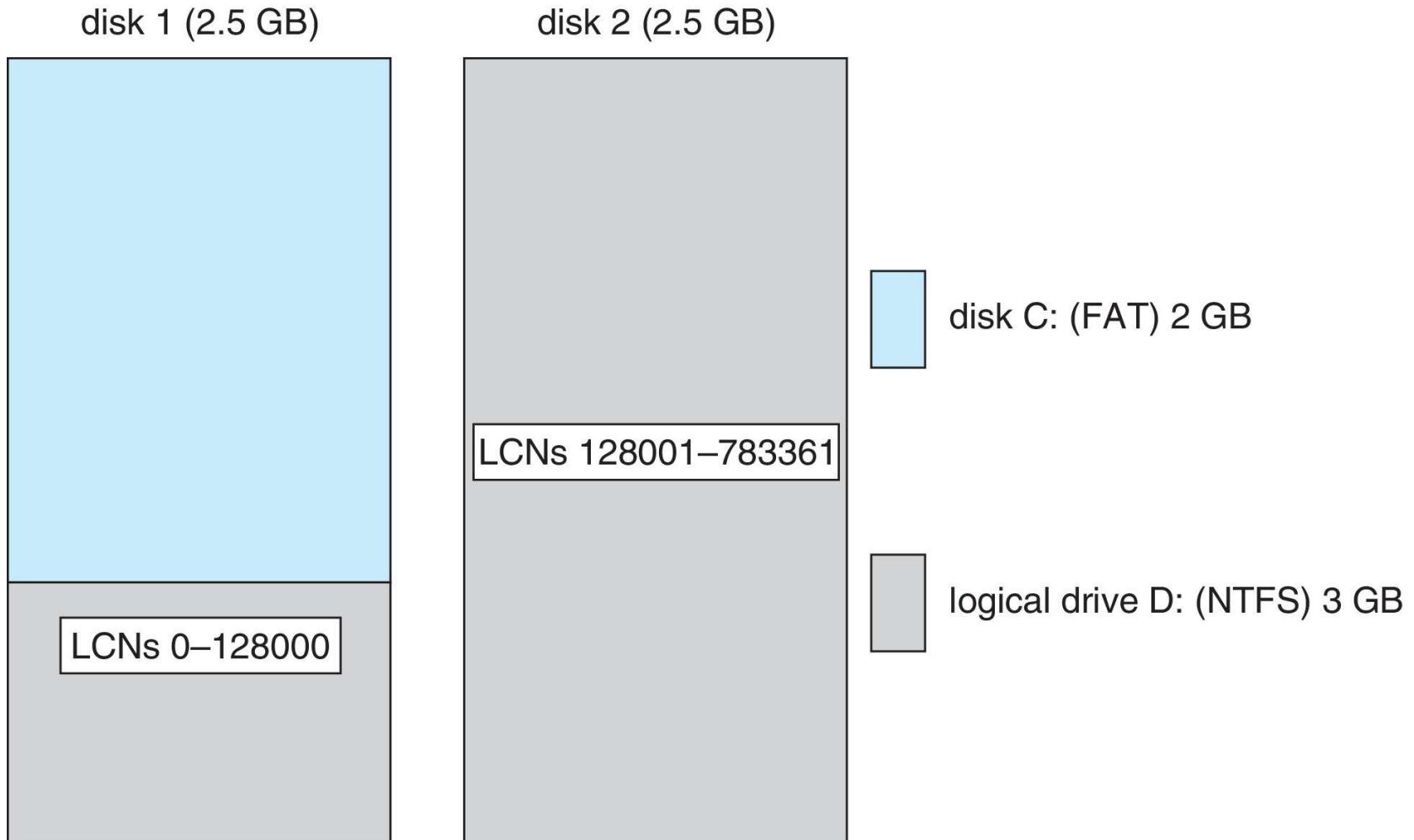
# Gestione dei volumi e fault tolerance (1/2)

- FtDisk è il driver del disco a tolleranza di errore per Windows 7, che offre diversi modi per combinare più unità disco SCSI in un volume logico
- Concatena logicamente più dischi per formare un grande volume logico, ottenendo un insieme di volumi
- Aggrega più partizioni fisiche in modalità round-robin per formare un set di striping (chiamato anche RAID livello 0 o "striping del disco")
  - Variante: stripe impostato con parità o RAID di livello 5

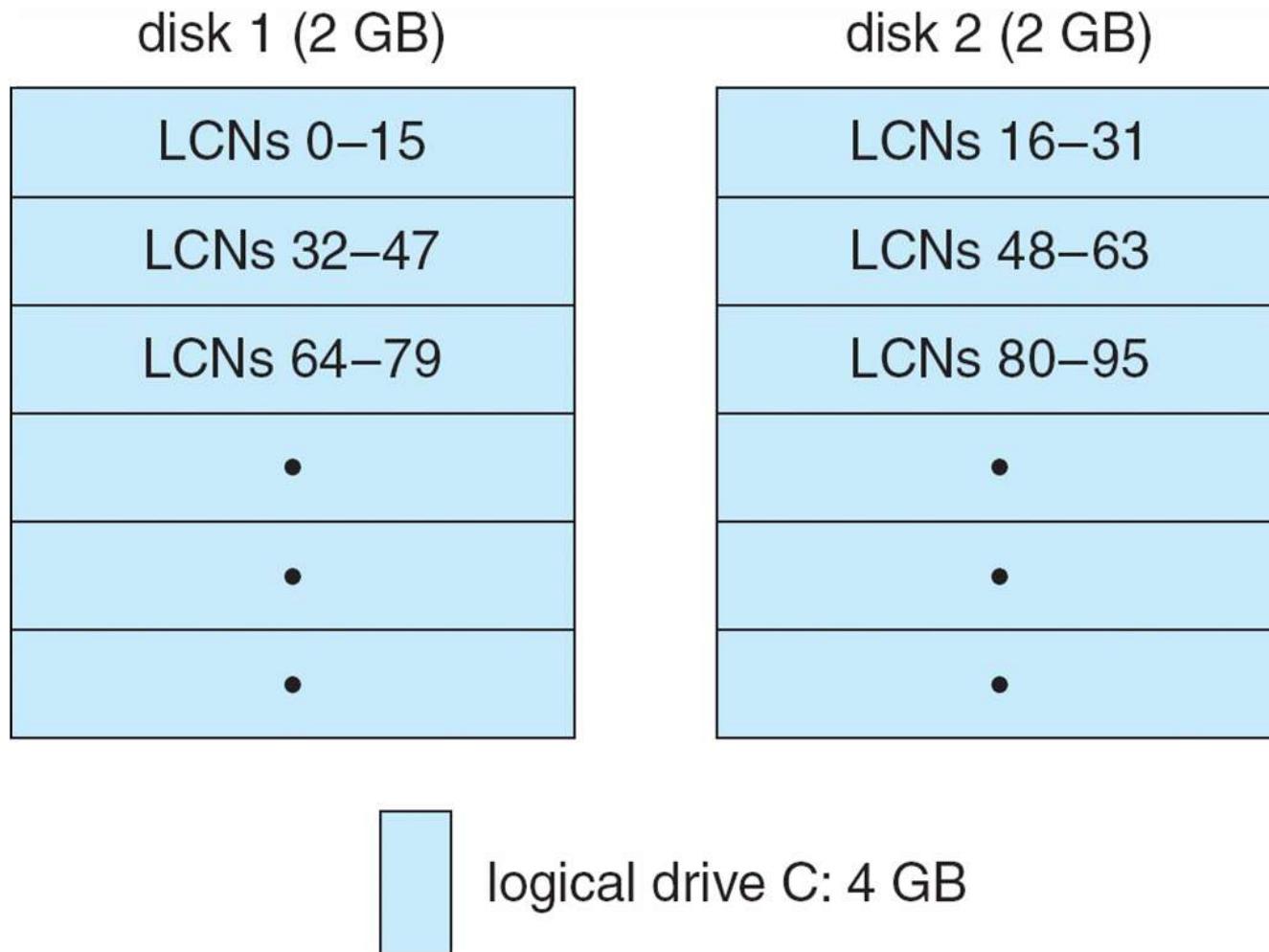
# Gestione dei volumi e fault tolerance (2/2)

- Il mirroring del disco, o RAID livello 1, è uno schema affidabile che utilizza un set di mirror: due partizioni di uguali dimensioni su dischi di traino con contenuti di dati identici
- Per gestire i settori del disco che si guastano, FtDisk utilizza una tecnica hardware chiamata sector sparing e NTFS utilizza una tecnica software chiamata cluster remapping

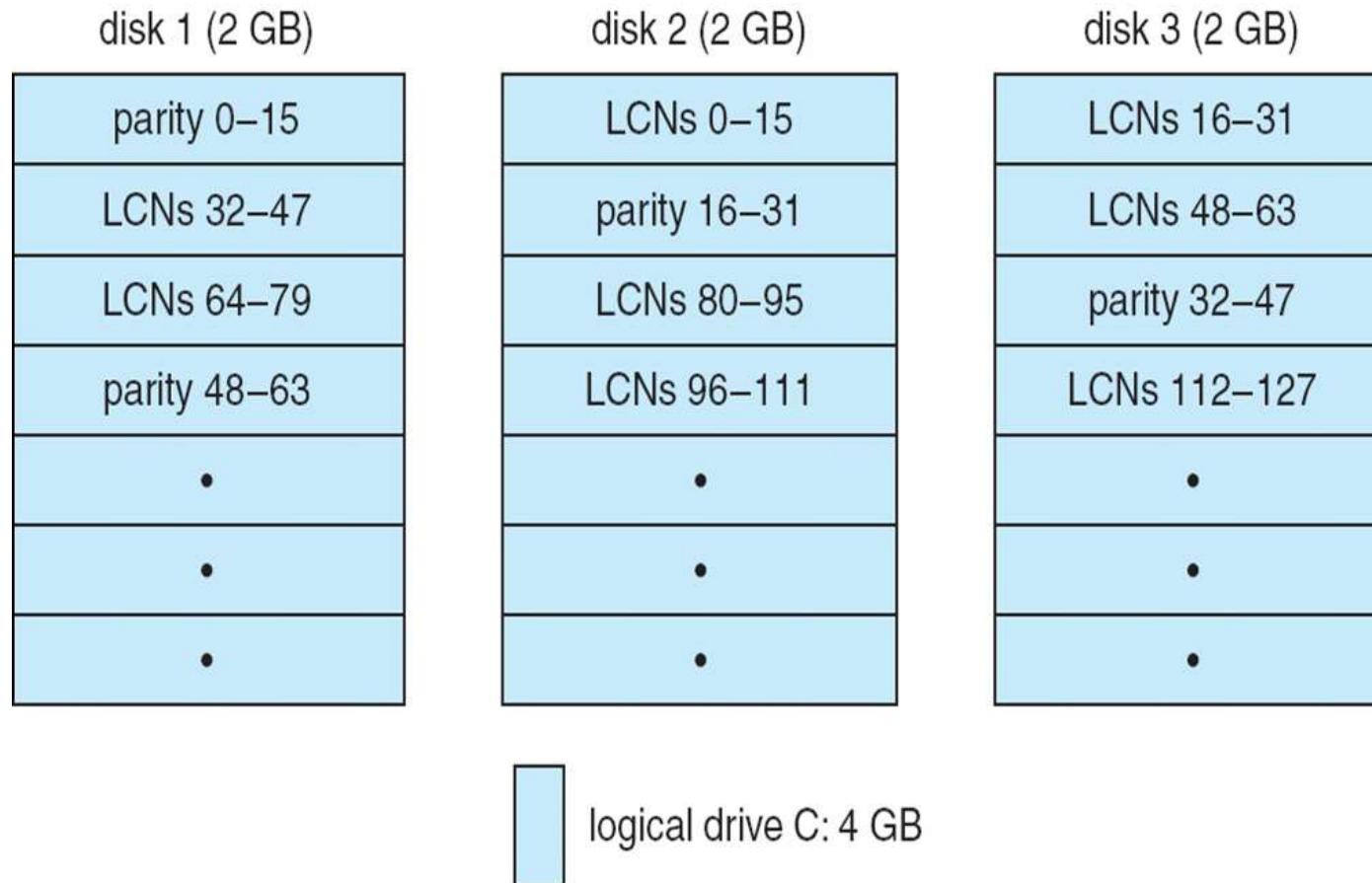
# Volume composto da 2 drive



# Striping in 2 drive



# Striping con parità in 3 drive



# Mirroring in 2 drive



# Compressione

- Per comprimere un file, NTFS divide i dati in unità di compressione, che sono blocchi di 16 cluster contigui
- Per i file sparsi, NTFS utilizza un'altra tecnica per risparmiare spazio
  - I cluster che contengono tutti zeri non vengono effettivamente allocati o archiviati su disco
  - Vengono lasciati degli spazi nella sequenza dei numeri dei cluster virtuali memorizzati nella voce MFT per il file
  - Durante la lettura di un file, se viene rilevata una lacuna nei numeri del cluster virtuale, NTFS riempie con valori zero quella parte del buffer del chiamante

# Reparse point

- Un reparse point restituisce un codice di errore quando si accede
- I dati di reparse indicano al gestore I/O cosa fare dopo
- I reparse point possono essere utilizzati per fornire la funzionalità dei montaggi UNIX
- I reparse point possono essere utilizzati anche per accedere ai file che sono stati spostati nell'archivio offline

## 2. Networking

- Gestione della rete in Windows 10
- Protocolli
- Meccanismi di calcolo distribuito
- Redirector e server
- Accesso ai file remoti
- Domini
- Risoluzione dei nomi in reti TCP/IP

# Gestione della rete in Windows 10 (1/2)

- Windows 10 supporta sia la rete peer-to-peer che quella client/server
- Windows 10 dispone anche di strutture per la gestione della rete

# Gestione della rete in Windows 10 (2/2)

- Interfacce di rete interne
  - NDIS (Network Device Interface Specification): separa gli adattatori di rete dai protocolli di trasporto in modo che uno possa essere modificato senza influire sull'altro
  - TDI (Transport Driver Interface): consente a qualsiasi componente del livello di sessione di utilizzare qualsiasi meccanismo di trasporto disponibile
- Windows 7 implementa i protocolli di trasporto come driver che possono essere caricati e scaricati dal sistema in modo dinamico

# Protocolli (1/3)

- Il protocollo SMB (Server Message Block) viene utilizzato per inviare richieste di I/O sulla rete
  - Ha quattro tipi di messaggi:
    1. Session control
    2. File
    3. Printer
    4. Message

# Protocolli (2/3)

- Il sistema di I/O di base della rete (**NetBIOS**) è un'interfaccia di astrazione hardware per le reti
  - Stabilisce i nomi logici sulla rete
  - Stabilisce connessioni logiche di sessioni tra due nomi logici sulla rete
  - Supporta il trasferimento di dati affidabile per una sessione tramite richieste NetBIOS o SMB

# Protocolli (3/3)

- Windows utilizza il protocollo Internet TCP/IP versione 4 e versione 6 per connettersi ad un'ampia varietà di sistemi operativi e piattaforme hardware
- PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) viene utilizzato per comunicare tra i moduli del server di accesso remoto in esecuzione su macchine Windows connesse a Internet
- Il protocollo Data Link Control (DLC) viene utilizzato per accedere ai mainframe IBM e alle stampanti HP che sono direttamente connesse alla rete (possibile solo in versioni a 32 bit con driver non firmati)

# Meccanismi di calcolo distribuito (1/3)

- Windows 10 supporta applicazioni distribuite tramite named NetBIOS, named pipe, named mailslot, Windows Sockets, RPC (Remote Procedure Calls) e NetDDE (Network Dynamic Data Exchange)
- Le applicazioni NetBIOS possono comunicare sulla rete utilizzando TCP/IP
- Le named pipe sono meccanismi di messaggistica orientati alla connessione che vengono denominati tramite la convenzione di denominazione uniforme (UNC)

# Meccanismi di calcolo distribuito (2/3)

- I mailslot sono un meccanismo di messaggistica senza connessione utilizzato per le applicazioni di trasmissione, ad esempio per trovare componenti sulla rete
- Winsock, l'API di Windows Sockets, è un'interfaccia a livello di sessione che fornisce un'interfaccia standardizzata a molti protocolli di trasporto che possono avere schemi di indirizzamento diversi

# Meccanismi di calcolo distribuito (3/3)

- Il meccanismo RPC di Windows 10 segue lo standard di Distributed Computing Environment ampiamente utilizzato per i messaggi RPC
  - Elevata portabilità
- I messaggi RPC vengono inviati utilizzando
  - NetBIOS o Winsock su reti TCP/IP
  - Named pipe su reti LAN Manager
- Windows 7 fornisce il linguaggio di definizione dell'interfaccia Microsoft per descrivere i nomi, gli argomenti e i risultati delle procedure remote

# Redirector e server

- In Windows 10, un'applicazione può utilizzare l'API di I/O per accedere ai file da un computer remoto come se fossero locali, a condizione che il computer remoto esegua un server MS-NET
- Un redirector è l'oggetto lato client che inoltra le richieste di I/O a file remoti, dove vengono soddisfatte da un server
- Per prestazioni e sicurezza, i redirector e i server vengono eseguiti in modalità kernel

# Accesso ai file remoti (1/3)

- L'applicazione chiama il gestore I/O per richiedere l'apertura di un file (assumiamo che il nome del file sia nel formato UNC standard)
- Il gestore I/O crea un pacchetto di richieste I/O
- Il gestore I/O riconosce che l'accesso è per un file remoto e chiama un driver chiamato Multiple Universal Naming Convention Provider (MUP)
- Il MUP invia il pacchetto di richiesta I / O in modo asincrono a tutti i redirector registrati

# Accesso ai file remoti (2/3)

- Un redirector in grado di soddisfare la richiesta risponde al MUP
  - Per evitare di porre la stessa domanda a tutti i redirector in futuro, il MUP utilizza una cache da ricordare con il redirector in grado di gestire questo file
- Il redirector invia la richiesta di rete al sistema remoto
- I driver di rete del sistema remoto ricevono la richiesta e la passano al driver del server

## Accesso ai file remoti (3/3)

- Il driver del server passa la richiesta al driver del file system locale appropriato
- Il driver di dispositivo appropriato viene chiamato per accedere ai dati
- I risultati vengono restituiti al driver del server, che invia i dati al redirector richiedente

# Domini (1/2)

- Windows utilizza il concetto di dominio per gestire i diritti di accesso globale all'interno dei gruppi
- Un dominio è un gruppo di macchine che eseguono Windows che condividono una politica di sicurezza comune e un database utente

## Domini (2/2)

- Windows fornisce tre modelli per impostare relazioni di trust
  - One way, A si fida di B
  - Two ways, transitivo, A si fida di B, B si fida di C quindi A, B, C si fidano l'un dell'altro
  - Crosslink: consente all'autenticazione di aggirare la gerarchia per ridurre il traffico di autenticazione

# Risoluzione dei nomi in reti TCP/IP (1/2)

- Su una rete IP, la risoluzione del nome è il processo di conversione del nome di un computer in un indirizzo IP
  - Ad esempio, www.bell-labs.com si risolve in 135.104.1.14
- Windows fornisce diversi metodi per la risoluzione dei nomi
  - Windows Internet Name Service (WINS)
  - Risoluzione del nome della trasmissione
  - Sistema di nomi di dominio (DNS)
  - Un file host
  - Un file LMHOSTS

## Risoluzione dei nomi in reti TCP/IP (2/2)

- WINS è costituito da due o più server WINS che mantengono un database dinamico di associazioni nome-indirizzo IP e software client per interrogare i server
- WINS utilizza il protocollo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), che aggiorna automaticamente le configurazioni degli indirizzi nel database WINS, senza l'intervento dell'utente o dell'amministratore

### 3. Programmer interface

- Accesso agli oggetti del kernel
- Gestione dei processi
- Scheduling in modalità utente
- Comunicazione tra processi
- Gestione della memoria

# Accesso agli oggetti del kernel (1/2)

- Un processo ottiene l'accesso a un oggetto del kernel denominato XXX chiamando la funzione CreateXXX per aprire un handle a XXX
  - L'handle è unico per quel processo
- Un handle può essere chiuso chiamando la funzione CloseHandle
  - Il sistema può eliminare l'oggetto se il conteggio dei processi che utilizzano l'oggetto scende a 0

# Accesso agli oggetti del kernel (1/2)

- Windows offre tre modi per condividere gli oggetti tra i processi
  - Un processo figlio eredita un handle per l'oggetto
  - Un processo assegna un nome all'oggetto quando viene creato e il secondo processo apre quel nome
  - Funzione `DuplicateHandle`
    - Dato un handle da elaborare e il valore dell'handle, un secondo processo può ottenere un handle per lo stesso oggetto e quindi condividerlo

# Gestione dei processi (1/5)

- Un processo viene avviato tramite la routine **CreateProcess**, la quale carica tutte le librerie di collegamento dinamico utilizzate dal processo e crea un thread primario
- È possibile creare thread aggiuntivi utilizzando la funzione **CreateThread**
- Ogni libreria di collegamento dinamico o file eseguibile caricato nello spazio degli indirizzi di un processo è identificato da un handle di istanza

# Gestione dei processi (2/5)

- Come accennato in precedenza, lo scheduler Windows utilizza 4 classi di priorità
  - IDLE\_PRIORITY\_CLASS (priorità 4)
  - BELOW\_NORMAL\_PRIORITY\_CLASS (priorità 6)
  - NORMAL\_PRIORITY\_CLASS (priorità 8 — per la maggior parte dei processi)
  - ABOVE\_NORMAL\_PRIORITY\_CLASS (priorità 10)
  - HIGH\_PRIORITY\_CLASS (priorità 13)
  - REALTIME\_PRIORITY\_CLASS (priorità 24)

# Gestione dei processi (3/5)

- Il kernel regola dinamicamente la priorità di un thread a seconda che sia vincolato a I/O o alla CPU
- Per sincronizzare l'accesso simultaneo agli oggetti condivisi da parte dei thread, il kernel fornisce oggetti di sincronizzazione, come semafori e mutex
- I thread possono essere sincronizzati `WaitForSingleObject` o `WaitForMultipleObjects`
- Un altro metodo è la sezione critica

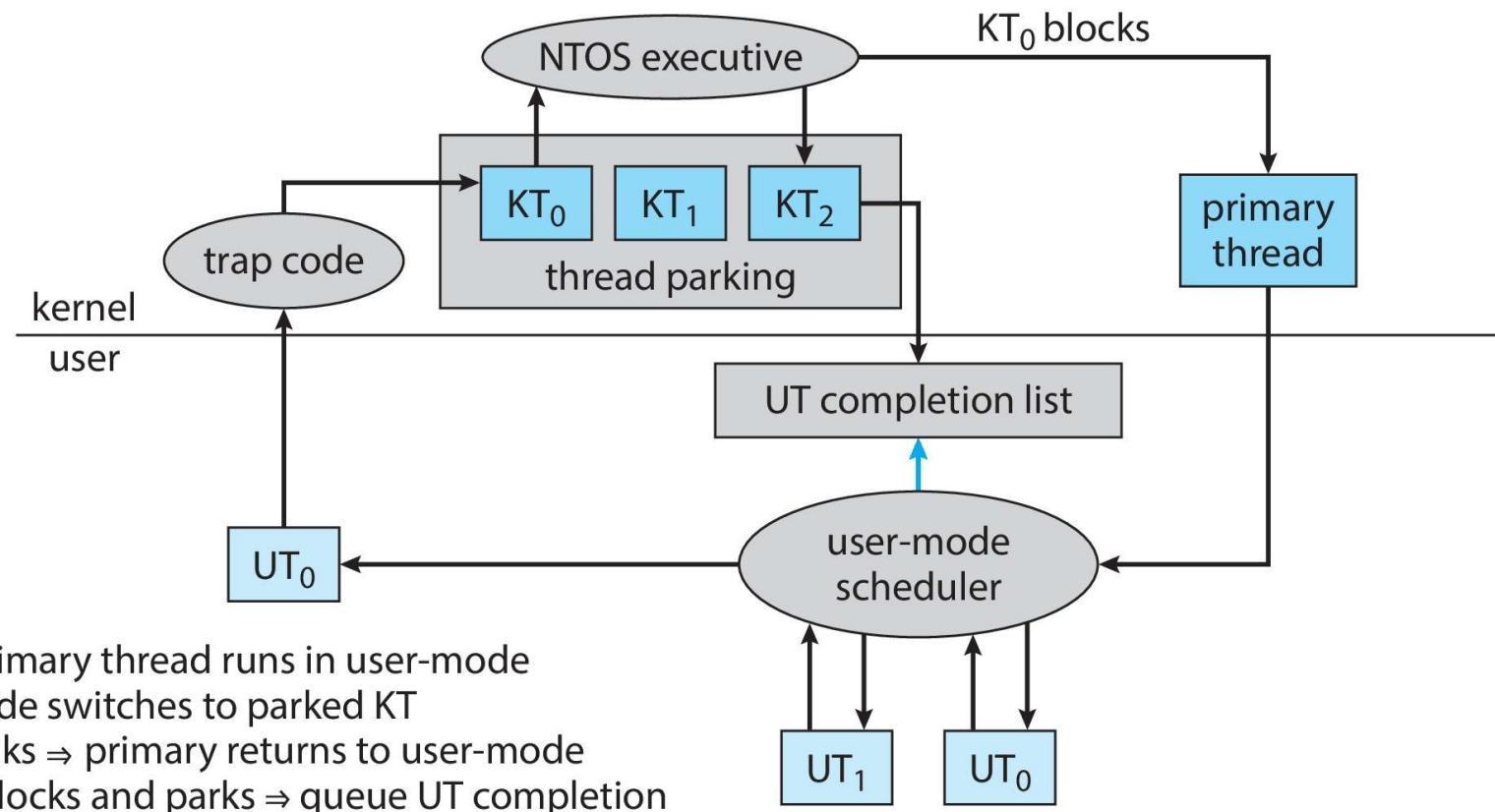
# Gestione dei processi (4/5)

- Per ottenere i livelli di prestazioni necessari per i programmi interattivi, Windows dispone di una regola di pianificazione speciale per i processi nella **NORMAL\_PRIORITY\_CLASS**
- Distingue tra il processo in primo piano attualmente selezionato sullo schermo e i processi in background
- Quando un processo si sposta in primo piano, aumenta il quantum di pianificazione di qualche fattore, in genere 3

# Gestione dei processi (5/5)

- Un fiber è un codice in modalità utente che viene pianificato dall'utente
- È consentita l'esecuzione di un solo fiber alla volta, anche su hardware multiprocessore
- Windows include i fiber per facilitare il porting di applicazioni UNIX legacy
- Windows ha introdotto la pianificazione in modalità utente (sistemi a 64 bit) che consente un controllo più granulare senza richiedere transizioni kernel

# Scheduling in modalità utente



# Comunicazione tra processi (1/2)

- Le applicazioni Win32 possono effettuare la comunicazioni tra processi condividendo oggetti kernel
- Un mezzo alternativo per le comunicazioni tra processi è il passaggio di messaggi, particolarmente diffuso per le applicazioni GUI di Windows
  - Un thread invia un messaggio a un altro thread o a una finestra
  - Un thread può anche inviare dati con il messaggio

## Comunicazione tra processi (2/2)

- Ogni thread Win32 ha la propria coda di input da cui il thread riceve i messaggi
  - Più affidabile della coda di input condivisa di finestre a 16 bit, perché un'applicazione bloccata non può bloccare l'input alle altre applicazioni

# Gestione della memoria (1/4)

- Memoria virtuale
  - VirtualAlloc riserva o salva la memoria virtuale
  - VirtualFree disimpegna o rilascia la memoria
  - Queste funzioni consentono all'applicazione di determinare l'indirizzo virtuale in cui è allocata la memoria

# Gestione della memoria (2/4)

- Un'applicazione può utilizzare memoria mappando la memoria di un file nel suo spazio degli indirizzi
  - Processo multistadio
  - Due processi condividono la memoria mappando lo stesso file nella loro memoria virtuale

# Gestione della memoria (3/4)

- Un heap nell'ambiente Win32 è un'area riservata dello spazio degli indirizzi
  - Viene creato un processo Win 32 con un heap predefinito di 1 MB
  - L'accesso è sincronizzato per proteggere le strutture dati di allocazione dello spazio dell'heap da danni causati da aggiornamenti simultanei da più thread

# Gestione della memoria (4/4)

- Poiché le funzioni che si basano su dati globali o statici, in genere non funzionano correttamente in un ambiente multithread e quindi il meccanismo di archiviazione locale del thread effettua l'archiviazione globale per il thread
  - Il meccanismo fornisce metodi dinamici e statici per la creazione di archiviazione locale del thread

# Sommario

- File system
- Networking
- Programmer interface

