

1 - Introduzione ai Sistemi Operativi

Sommario

Cos'è un Sistema Operativo?

- macchina astratta
- gestore di risorse

Storia dei S.O.

- generazioni 1-5 dei S.O.
- Storia di Internet e World Wide Web

Componenti dei S.O.

architetture Hardware

Tipi di S.O. e scopi dei S.O.

Concetti base dei S.O.

Strutture di S.O.

- Monolitica
- a Livelli
- Microkernel
- S.O. di rete e S. O. Distribuiti

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.0

0

Obbiettivi

- Scopo dell'introduzione: conoscere
 - Cos'è un Sistema Operativo
 - Una breve storia dei S.O.
 - Una breve storia di Internet e del World Wide Web
 - Quali sono le componenti basilari di un S.O.
 - Obbiettivi di un S.O.
 - Architetture di un S.O.

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.1

1

Cosa è un Sistema Operativo?

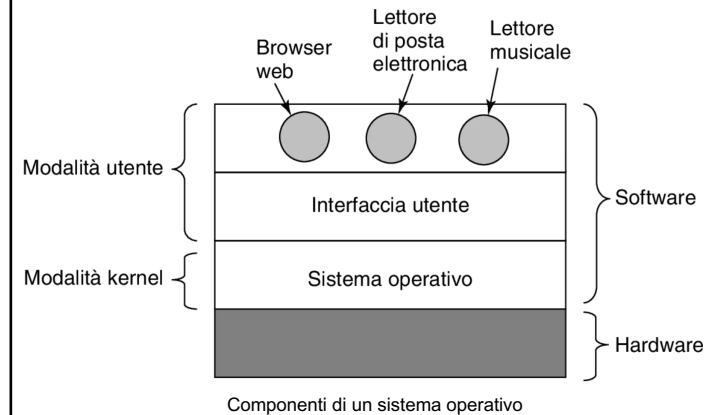
- Sistema operativo - prima definizione: il software che controlla l'hardware
- L'evoluzione dei sistemi di elaborazione ha portato a dei cambiamenti radicali che determinano una diversa e più complicata definizione
- Le applicazioni ora sono progettate per l'esecuzione concorrente

- Un S.O. è un programma che
 - gestisce e controlla l'esecuzione di un insieme di applicazioni,
 - agisce come interfaccia tra le applicazioni e l'hardware del calcolatore
 - e gestisce le risorse hardware

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.2

2

Cosa è un Sistema Operativo?



A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.3

3

Cosa è un Sistema Operativo?

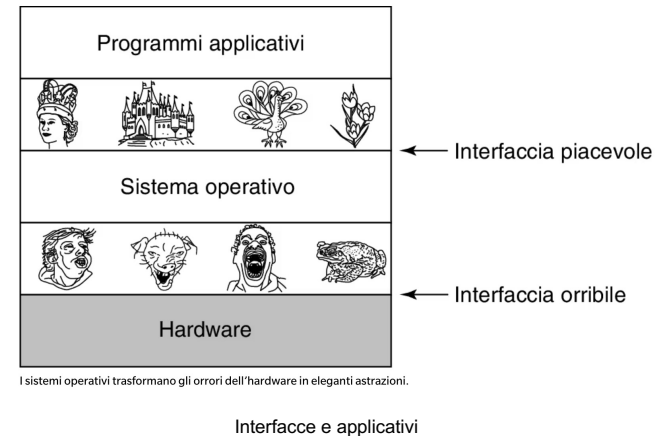
- Complessità => gestione con astrazione (modello)
- Nascondere l'hw
- Modalità **utente**
Modalità nucleo (**kernel**)

Il S.O. è (prevalentemente) eseguito con il processore in modalità *kernel*
Le applicazioni sono eseguite principalmente in modalità *utente*

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.4

4

Cosa è un Sistema Operativo?



A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.5

5

Cosa è un Sistema Operativo?

- Applicazioni separate dall'hardware utilizzato
 - Livello Software
 - Gestione software e hardware per produrre i risultati desiderati
- Sistema Operativo innanzi tutto è un **gestore di risorse**
 - Hardware
 - Processori
 - Memoria
 - Periferiche Input/output
 - Periferiche di comunicazione
 - Applicazioni Software

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.6

6

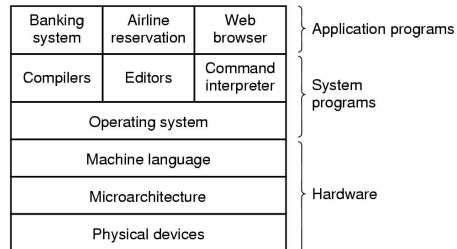
Gestione delle risorse

- Tipologie di risorse
- **Multiplexing**
 - Condivisione delle risorse da parte di molti utenti
- Nel tempo → ordinamento
- Nello spazio → parti

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.7

7

Cosa è un Sistema Operativo



- Un sistema di elaborazione è formato da
 - Hardware
 - Programmi di sistema (software di base)
 - Programmi applicativi

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.8

8

Cosa è un Sistema Operativo

- È una **macchina estesa**
 - Nasconde i dettagli ed operazioni complesse che devono essere eseguite **MASCHERAMENTO**
 - Presenta all'utente il sistema con una macchina virtuale, **facile** da usare **TRASPARENZA**

- È un **gestore di risorse**
 - Ogni programma richiede **tempo** per usare le risorse
 - Ciascun programma richiede **spazio** delle risorse

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.9

9

Storia dei Sistemi Operativi

- **I generazione** 1945 - 1955
 - valvole, tavole di commutazione (plug boards)
 - linguaggio macchina
- **II generazione** 1955 - 1965
 - transistor, **sistemi batch**
 - linguaggi assembler, primi linguaggi (e.g. *Fortran*)
 - schede perforate
- **III generazione** 1965 – 1980
 - circuiti integrati e **multiprogrammazione, time-sharing**
- **IV generazione** 1980 – presente
 - personal computers
- **V generazione** 1990 – presente
 - Computer mobili

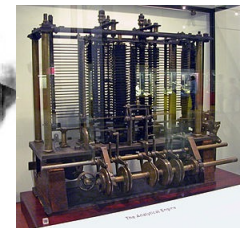
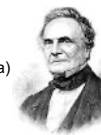
A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.10

10

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione

- Macchina analitica del matematico Charles Babbage (1792-1871) - (1837 ca)



- Senza linguaggio macchina
- Senza S.O.



- Prima programmatrice, matematica Lady Ada Lovelace



Fasi di evoluzione dei Sistemi Operativi

- progressi tecnologici hw
- 1940-

I generazione: non ha S.O.
programmazione in linguaggio macchina o cablando i circuiti

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.11

11

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione 1945-55

1940 - **I generazione**: non ha S.O.

1944 Colossus - Inghilterra

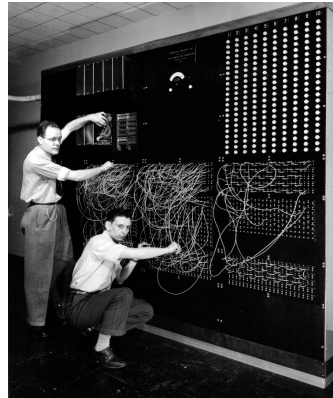
MARK I

Harvard University, US
costruito da IBM

computer digitale elettromeccanico
Interruttori, relè
lungo 16 m, alto ~2,5 m., peso 4 ton.

memoria per 20 numeri di 10 cifre

Programmazione su circuiti o
a livello macchina



S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.12

12

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione 1945-55

1940 - **I generazione**: non ha S.O.

- 1946 ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*)

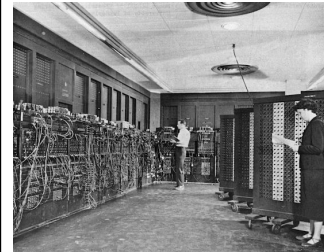
general purpose

18.000 valvole termoioniche - riscaldamento
spazio 180 mq, alto ~3 m., peso 30 ton.

Sistema decimale, memoria per 20 numeri di 10 cifre
tempo di programmazione, guasti e consumi

1948 Primi Transistor

Maggior durata, affidabilità,
minor costo e ingombro



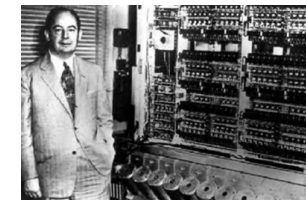
- 1949 EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*)

Su Transistor

Architettura von Neumann

Memorizzazione del programma

Sistema binario, 8 ton



S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.13

13

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione 1945-55

Limiti della I generazione

- **affidabilità** scarsa
- **ruoli** non distinti
 - costruzione/progettazione/
 - programmazione/manutenzione
- **complessità** di uso
- **lentezza**

Senza Sistema operativo

- anni 1940- e 1950-
 - Schede perforate
 - Transistor => maggior affidabilità e minor costo

S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.14

14

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

- 1950-
 - Linguaggio ad alto livello: es.: Assembly, Fortran
 - **Schede perforate**
 - Esecuzione di un job per volta (**monoprogrammazione**)
 - **mainframe**
 - **Job**: programma (o insieme di programmi) di un utente da eseguire memorizzati

II generazione: **separazione** fra

- costruttori
- programmatori (programmi con linguaggi ad alto livello)
- operatori (schede di programma, schede JCL, gestisce I/O)

- **Esecuzione differita** (*off-line*) tramite operatore - comandi **batch**
- Uso di tecnologie incluse per semplificare le transizioni di job
- Semplici S.O. (**monitor**)

S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.15

15

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

- Sistemi di elaborazione batch con flusso singolo
(*Single-stream batch-processing*)

Sistemi operativi batch

- I programmi e i dati caricati in sequenza su un nastro
- Spostati sul computer ed eseguiti a lotti (*batch*)
- Output stampato su nastro
- Altri computer più piccoli per lettura/scrittura da/verso nastro

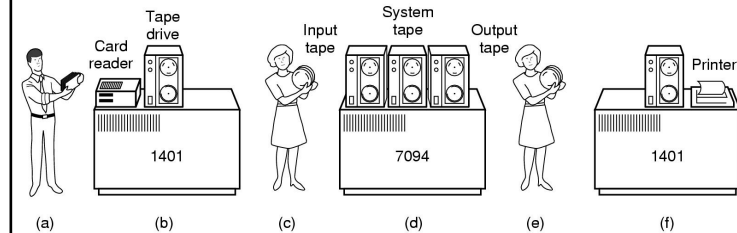
Esempi: FMS Fortran Monitor System, IBSYS

Applicazioni: calcoli matematici onerosi

S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.16

16

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65



Primi sistemi batch

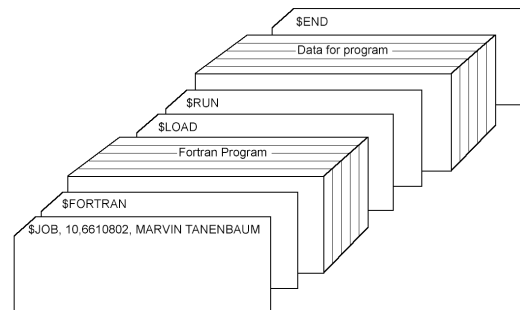
- Porta il pacco di schede perforate al 1401
- Legge le schede e le trasferisce su nastro
- Porta il nastro al 7094
- Esecuzione dell'elaborazione e memorizzazione su nastro di uscita
- Porta il nastro al 1401
- Produzione del risultato su stampa

A. Tanenbaum - Modern Operating Systems

S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.17

17

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65



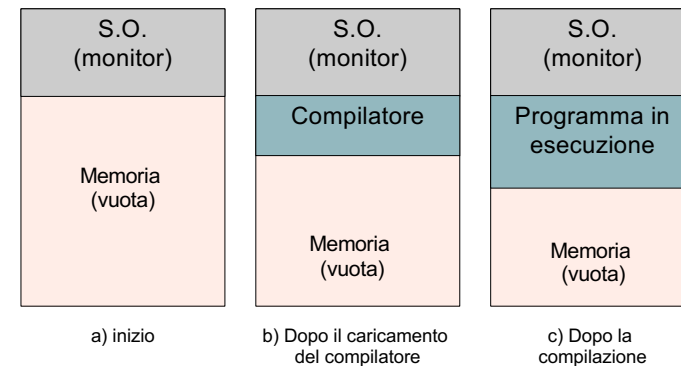
- Struttura tipica di un job (*Fortran*) - 2ª generazione
- Esempio di Job Control Language JCL

A. Tanenbaum - Modern Operating Systems

S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.18

18

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65



- Organizzazione della memoria durante l'esecuzione di un sistema batch

S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.19

19

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

- 1960-
 - Ancora sistemi di elaborazione batch
 - Elaborazione di più job **contemporaneamente**

MULTIPROGRAMMAZIONE

Un job può usare il processore, mentre altri job usano le unità periferiche
Partizione della memoria, assegnando le parti a diversi job

- Sviluppo di sistemi operativi avanzati per servire più utenti interattivi
- Sviluppo dei **circuiti integrati**, riduzione del costo, maggior velocità
- 1964
 - IBM annuncia la famiglia di elaboratori **System/360**
minor ingombro, maggior velocità (2 milioni operazioni/sec)
sistema **mainframe** maggiormente diffuso
applicazioni scientifiche e commerciali
 - Serie PDP - **minicalcolatori**

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.20

20

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80



1964 Sistema
IBM/360
Grande sviluppo per
mainframe

Grande e complesso

Milioni di righe in
linguaggio assembly

Debugging

Progetto:
compatibilità del S.O.
su diverse macchine

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.21

21

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80



1972 Minicomputer
PDP-11 DEC
Famiglia di computer
(non sempre
compatibili)
a 16 bit

Costo contenuto

Limiti di prestazioni

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.22

22

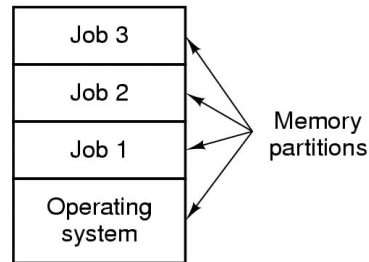
Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

- **III generazione**
 - Scompare la figura dell'operatore
 - Linguaggi ad **alto livello** (es. C)
 - **Editor** testuali, grafici
 - Accesso da **terminale**
 - **Multiprogrammazione**: gestione di un 'pool' di job da eseguire e assegnamento del processore
 - **Vantaggio**: utilizzo (impiego) del processore e della memoria
 - Protezione
 - CPU **scheduling**
 - **Allocazione** delle risorse di I/O
 - **SPOOL** *Simultaneous Peripheral Operation On Line*
Operazioni **concorrenti**, esecuzione di job parallela ad operazioni I/O
Trasferimento dati – Lettura/scrittura da/su disco

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.23

23

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80



- Organizzazione della memoria durante l'esecuzione di un sistema **multiprogrammato**
 - Tre job in memoria, partizione della memoria
 - **Scheduler** - componente del S.O. per la **gestione** dei job

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.24

24

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

- Anni '60
 - sistemi **time-sharing**
 - Variante della multiprogrammazione, sviluppata per supportare **molti** utenti **interattivi** simultanei ai **terminali**
 - Tempo di CPU diviso in **quanti di tempi**
 - Al termine del quanto il job viene interrotto e si assegna la CPU al job successivo (**prelazione**)
 - **Cambi di contesto** frequenti
 - **Protezione**
 - **Memoria virtuale**
 - Il tempo di risposta è stato ridotto a minuti o secondi
 - tempo tra la sottomissione del job e la risposta dei risultati

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.25

25

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

- Progettazione dei sistemi **time-sharing**
 - Gestione del **processore**:
Scheduling del processore, algoritmi a quanti di tempo e prelazione
 - Gestione della **memoria**
Memoria virtuale
 - **Protezione** delle risorse (memoria, file system, processi...)

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.26

26

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione anni '60

- Sistemi **time-sharing**
 - Miglioramento dei **tempi** e **metodi** di sviluppo
 - MIT ha sviluppato il sistema **CTSS** (*Compatible Time Sharing System*) 1962 – introduce **multiprogrammazione** e **time-sharing**
 - poi evoluto nel **MULTICS** (*Multiplexed Information and Computer Service*) 1965 (MIT, GE, Bell Labs) - introduce il **processo**
 - TSS (*Time Sharing System*), Multics e CP/CMS (*Control Program/Cambridge Monitor System*) includono la **memoria virtuale**
 - Indirizzano un numero di locazioni di memoria superiore a quelle disponibili in realtà
 - Unix (*Time Sharing System*) 1970, derivato da Multics e CTSS su PDP-7 e PDP-11 (minicomputer) poi riscritto in C per la portabilità
- Sistemi **real-time**
 - Forniscono una risposta entro un dato periodo di tempo limitato
 - Hard real time e soft real-time

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.27

27

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione anni '70

- Principalmente sistemi **time-sharing multiprogrammati**
 - Supporta l'elaborazione di applicazioni batch, time-sharing e in tempo reale
 - Esempi:
 - **VM-370** (1972, IBM PC)
 - **Unix** (dal 1969 ad ATT-Bell Labs) – derivato da CTSS e MULTICS
 - 1974 Unix - licenza commerciale e licenza libera per Unix con codice sorgente disponibile. Molte versioni
 - POSIX standard IEEE per rendere compatibili le diverse versioni **interfaccia minima** per le chiamate di sistema
 - Sviluppo di primi semplici personal computer
 - Favorito dai primi **sviluppi della tecnologia a microprocessori**
- Sviluppo di **Internet** - Dipartimento della Difesa si sviluppa **TCP / IP**
 - protocollo di comunicazione **standard**
 - Ampiamente usato in ambienti militari e universitari
 - problemi di sicurezza
 - Crescenti volumi di dati trasmessi sulle linee di comunicazione vulnerabili

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.28

28

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione 1980- oggi

- 1980-
 - Decennio di sviluppo dei **personal computer** e **workstation**
 - PC per singoli utenti
 - Integrazione dei circuiti su larga scala (chip LSI)
 - Elaborazione **distribuita** ai siti in cui è richiesta
 - I personal computer diventano relativamente **facili** da imparare e da usare
 - Sviluppo di **interfacce grafiche** per gli utenti (GUI)
 - Il trasferimento di informazioni tra computer tramite **reti** è diventato più **pratico** ed **economico**
 - Esempi: *CP-M80 Digital*, poi *MS-DOS*
 - *LisaOS* (1983) primo SO per PC con **GUI** poi *MacOS* (1984), *MacOSX* (1999)
 - *Windows* (1985), *Windows3* (1990) con **memoria virtuale**. Poi *W95* (1995), *NT* (1998), *XP e ME* (2001), *W7* (2017), *W8* (2012) per sistemi touch, *W10* (2015). Nati per PC poi anche su workstations
 - *Linux*, *Unix* – **interfaccia Xwindows** (basato su *X11* del MIT), poi *BSD*, *Xenix*, *Sun OS*, *Solaris*, *FreeBSD* → *MacOSX*

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.29

29

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione - anni '80

- Diffusione del modello di elaborazione **cliente/servente**
 - I clienti richiedono diversi servizi ai server
 - I server eseguono le richieste di servizio
- Sviluppo ed evoluzione dell'area dell'ingegneria del software (SE)
 - Notevoli motivazioni dal governo degli US per un controllo rigoroso dei progetti software del Dipartimento della Difesa
 - Realizzando **riusabilità del codice**
 - Maggior grado di astrazione nei **linguaggi di programmazione**
 - **Multithread** di istruzioni da poter eseguire in modo indipendente

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.30

30

Storia dei Sistemi Operativi - V generazione - anni '90

- Sviluppo delle applicazioni e delle **reti di calcolatori**
 - World wide web
 - Microsoft Office
- Sviluppo di **sistemi personali** economici e usabili
 - PC
- **Mobilità**
 - Successivamente da dopo il 2000 sviluppo e poi diffusione di *smartphone*
 - Tablet
 - Esempi *S.O. per smartphone*: *Symbian OS*, *Blackberry OS*, *AppleOS*, *Android*,...
- **Sistemi distribuiti e cloud computing**

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.31

31

Cenni di storia di Internet e World Wide Web

- Advanced Research Projects Agency (ARPA)
 - Dipartimento della Difesa
 - Alla fine degli anni 1960s, crea e implementa ARPANet
 - Predecessore di Internet
 - Collegati in rete i principali sistemi delle istituzioni finanziati da ARPA
 - Capace di comunicazione quasi istantanea tramite e-mail
 - Progettato per operare senza controllo centralizzato

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.32

32

Storia di Internet e World Wide Web

- Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)
 - Insieme di regole per comunicare su ARPANet
 - TCP/IP gestisce la comunicazione fra applicazioni
 - Si assicura che i messaggi siano instradati correttamente dal mittente al destinatario
 - Tecniche di correzione dell'errore
 - Successivamente la rete ha aperto anche all'uso commerciale più generale

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.33

33

Storia di Internet e World Wide Web

- World Wide Web (WWW)
 - Individuare e visualizzare documenti multimediali su argomenti qualsiasi
 - Primi sviluppo nel 1989 al CERN (Tim Berners-Lee)
 - La tecnologia per la condivisione di informazioni attraverso i documenti di testo con collegamenti ipertestuale
 - HyperText Markup Language (HTML)
 - Definisce i documenti sul WWW
 - Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
 - Protocollo (regole di comunicazione) per la comunicazione, usato come base per il trasferimento di documenti WWW

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.34

34

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

- Le prestazioni hardware migliorano esponenzialmente
 - Decrescita del costo della capacità di elaborazione e memoria
 - Possibile esecuzione di programmi grandi e complessi sul PC
 - Disponibilità di sistemi economici per la memorizzazione di grandi database e l'elaborazione di job
 - Mainframe raramente necessari
 - Sviluppo dei metodi e tecniche per l'elaborazione di calcolo distribuito

SISTEMI DISTRIBUITI

 - Sviluppo di sistemi di elaborazione indipendenti che cooperano per raggiungere un obiettivo comune

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.35

35

Sistemi paralleli e sistemi distribuiti

- Sistemi **paralleli**
 - Un sistema con un insieme (ampio) di unità di elaborazione
 - Accoppiamento stretto – comunicazione rapida
 - Risorse condivise (e.g. memoria)
 - Alta affidabilità e prestazioni
- Sistemi **distribuiti**
 - Sistema costituito da un insieme di unità di elaborazione complete interagenti e cooperanti, collegati da linee di comunicazione
 - Omogenei o eterogenei
 - Architetture
 - Condivisione di risorse, prestazioni, affidabilità, trasparenza

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.36

36

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

- Sviluppo di **standard** di Sistemi Operativi che supportano **networking tasks**
 - Aumento della **produttività** e la **comunicazione**
- Microsoft Corporation è diventata dominante. I sistemi operativi Windows
 - Adottano molti concetti utilizzati nei sistemi operativi dei primi Macintosh
 - Permette agli utenti di navigare più applicazioni concorrenti con una certa facilità
- Sviluppo e diffusione della **tecnologia a oggetti** in molte aree
 - Molte applicazioni scritte in **linguaggi di programmazione orientati agli oggetti**
 - Esempi: C ++ o Java
 - **sistemi operativi orientati agli oggetti (OOOS)**
 - Gli oggetti rappresentano componenti del sistema operativi
 - Concetti come **eredità** e interfacce
 - Sfruttati per creare sistemi operativi **modulari**
 - Più facile da mantenere ed estendere rispetto ai sistemi costruiti con tecniche precedenti

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.37

37

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

- La maggior parte dei software commerciali venduti sono **codice oggetto**
 - Il codice **sorgente** non incluso
 - Consente ai produttori di S.O. di nascondere le tecniche di programmazione e **informazione proprietaria**
- Software libero e **open-source** è diventato sempre più diffuso negli anni 1990
 - Il software open source è distribuito **con il codice sorgente**
 - Consente di esaminare e modificare il software
 - Sistema operativo **Linux** e **Apache Web server** sono open-source
- Progetto GNU (R.Stallman)
 - Progetto di **software libero**
 - Ricreare ed estendere gli strumenti per il sistema operativo UNIX di AT & T
 - Contro il concetto di costo per l'uso del software

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.38

38

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

- **Open Source Initiative** (OSI)
 - Organizzazione nata per promuovere i benefici della programmazione **open-source**
 - Facilita il rapido miglioramento dei prodotti software
 - Permette a chiunque di testare, eseguire il debug e migliorare le applicazioni **TESTING & DEBUGGING**
 - Aumenta la probabilità per riconoscere e risolvere **bugs**
 - Fondamentale per gli errori relativi alla sicurezza che devono essere rapidamente corretti
 - Gli individui e le aziende possono modificare la sorgente
 - Possono creare software personalizzato per soddisfare le esigenze di dato ambiente **ADATTABILITÀ**

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.39

39

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

- I sistemi operativi diventano sempre più di facile uso (*user friendly*)
 - Le caratteristiche delle **GUI** introdotte da Apple sono sempre più diffuse e migliorate
 - Le funzionalità "**Plug-and-play**" sono integrate nei S.O.
 - Permettono agli utenti di aggiungere e rimuovere dinamicamente componenti hardware
 - Non occorre riconfigurare manualmente il sistema operativo
- I sistemi operativi per dispositivi
 - Smartphone, tablet, ...
 - Es.: Android, iOS,...

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.40

40

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione dal 2000-

- **Middleware**
 - Collega applicazioni separate e diverse
 - Spesso tramite rete e anche fra macchine eterogenee
 - Particolarmente importante per i servizi Web
 - Semplifica la comunicazione fra diverse architetture
- **Servizi Web**
 - Comprendere un insieme di **standard** correlati
 - Componenti software ready-to-use su Internet
 - Permette a due qualsiasi applicazioni di comunicare e scambiare dati

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.41

41

Storia dei Sistemi Operativi - V generazione dal 1990- oggi

- **Mobilità**
 - Sviluppo della **tecnologia** per sistemi mobili
 - Dispositivi mobili
 - anni '90 primi smartphone (telefono e PDA integrati, es. Nokia N9000)
 - 1997 coniato il termine 'smartphone'
 - Sistemi Operativi per dispositivi mobili
 - es. Android (Google) basato su Linux, iOS (Apple), ...
 - Risorse limitate
 - Dispositivi di I/O diversi
 - Risparmio energetico
 - Uso della rete, protocolli e dispositivi

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.42

42

Storia dei Sistemi Operativi - V generazione dal 1990- oggi

- **Mobilità**
 - Integrazione in altri oggetti
 - Sicurezza
 - Prestazioni
 - Applicazioni
 - *Cloud computing*
- **Internet of things IoT**
 - Evoluzione della rete (oggetti statici e mobili)
 - Es. elettrodomestici, abbigliamento, impianti, macchine, attrezzature
 - *Smart objects*
 - *RFID*, *codici QR*
 - *Ubiquitous computing*
 - Sicurezza, privacy
 - Sistemi Operativi per IoT

S. Balsamo – Università Ca' Foscari Venezia – SO1.43

43