

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

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.

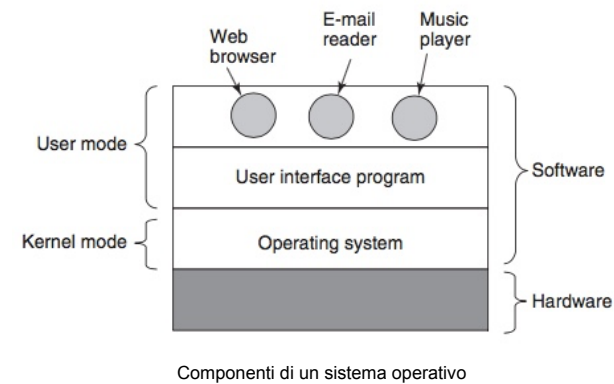
S. Balsamo - Università Ca' Foscari Venezia - SO1.1

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 essere eseguite concorrentemente
- 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

Cosa è un Sistema Operativo?



A. Tanenbaum - Modern Operating Systems

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

4

Cosa è un Sistema Operativo?

- Complessità => gestione con astrazione (modello)
- 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

5

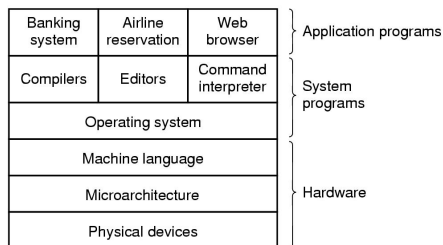
Cosa è un Sistema Operativo?

- 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 – SO1.5

6

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 – SO1.6

7

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 – SO1.7

8

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

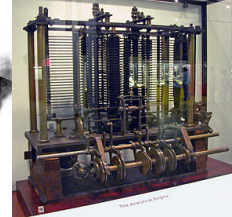
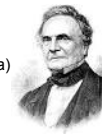
A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

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

9

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 evoluzioni 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 – SO1.8

10

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione 1945-55

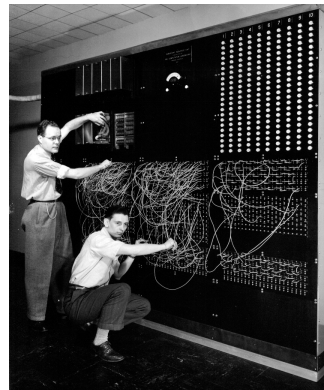
1940 - **I generazione:** non ha S.O.

1944 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



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

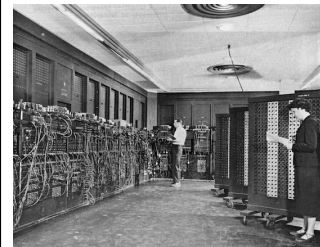
11

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione 1945-55

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

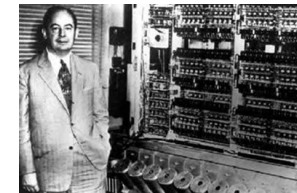
- 1946 ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*)
general purpose

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 – SO1.11

Storia dei Sistemi Operativi - I generazione 1945-55

12

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 - SO1.12

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

13

- 1950-
 - Linguaggio ad alto livello: es.: Assembly, Fortran
 - Schede perforate
 - Esecuzione di un job per volta (**monoprogrammazione**)
 - **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 - SO1.13

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

14

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

Sistemi operativi batch

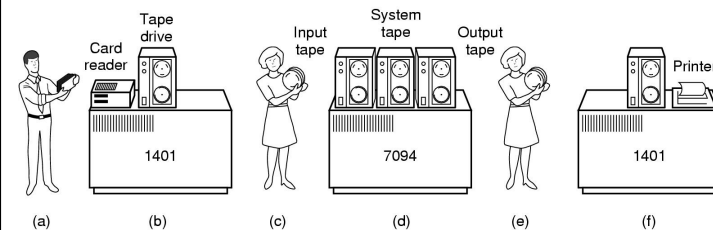
- I programmi e i dati caricati in sequenza su un nastro
- Spostati sul computer ed eseguiti a lotti (*batch*)
- Output stampato su nastro
- Altri computer più piccoli per lettura/scrittura da/verso nastro

Esempi: FMS Fortran Monitor System, IBSYS

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

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

15



Primi sistemi batch

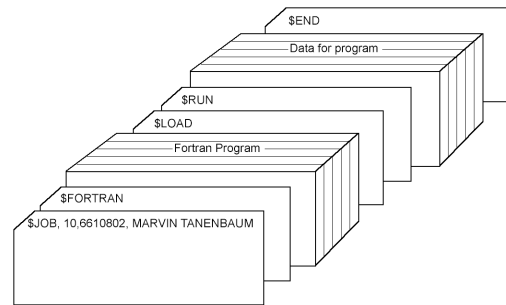
- Porta il pacco di schede perforate al 1401
- Legge le schede e le trasferisce su nastro
- Porta il nastro al 7094
- Esecuzione dell'elaborazione e memorizzazione su nastro di uscita
- Porta il nastro al 1401
- Produzione del risultato su stampa

A. Tanenbaum - Modern Operating Systems

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

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

16



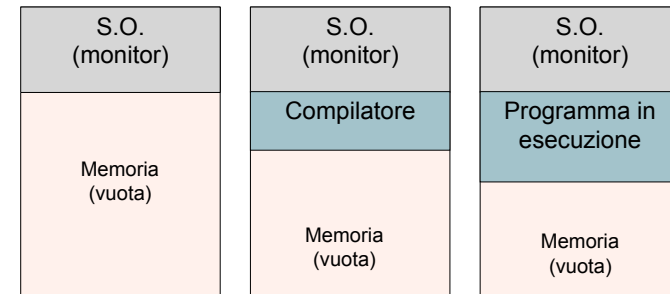
- Struttura tipica di un job (*Fortran*) – 2^a generazione
- Esempio di Job Control Language JCL

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

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

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1955-65

17



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

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

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

18

- 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
 - Serie PDP - **minicalcolatori**

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

Storia dei Sistemi Operativi - II generazione 1965-80

19



1964 Sistema IBM/360
Grande sviluppo per mainframe

Grande e complesso
Milioni di righe in linguaggio assembly

Progetto:
compatibilità del S.O.
su diverse macchine

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

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

20

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 - SO1.20

21

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

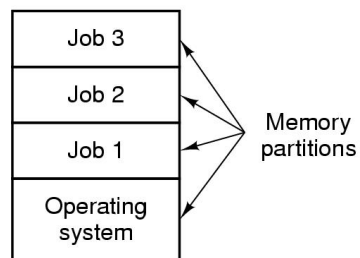
• III generazione

- 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

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

22

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 - SO1.22

23

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

• Anni '60

sistemi **timesharing**

- Variante della multiprogrammazione, sviluppata per supportare **molte** utenti interattivi simultanei ai terminali
- Tempo di CPU diviso in **quanti di tempo**
- 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 - SO1.23

24

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione 1965-80

- Progettazione dei sistemi **timesharing**
 - 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 – SO1.24

25

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 – SO1.25

26

Storia dei Sistemi Operativi - III generazione anni '70

- Principalmente sistemi **timesharing multiprogrammati**
 - Supporta l'elaborazione di applicazioni batch, timesharing 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 – SO1.26

27

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione 1980- oggi

- 1980-
 - Decennio di sviluppo dei **personal computer** e **workstation**
 - PC per singoli utenti
 - Elaborazione **distribuita** ai siti in cui è richiesta
 - Sviluppo di **interfacce grafiche** per gli utenti (GUI)
 - 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 – SO1.27

28

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 – SO1.28

29

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione - anni '90

- Sviluppo delle applicazioni e delle **reti di calcolatori**
 - World wide web
 - Microsoft Office
- Sviluppo di **sistemi personali** economici e usabili
 - PC
 - Successivamente da dopo il 2000 sviluppo e poi diffusione di *smartphone*
 - Tablet
 - Sistemi distribuiti e *cloud computing*

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

30

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 – SO1.30

31

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 – SO1.31

Storia di Internet e World Wide Web

32

- 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 – SO1.32

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

33

- 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 – SO1.33

Sistemi paralleli e sistemi distribuiti

34

- 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 – SO1.34

Storia dei Sistemi Operativi - IV generazione anni '90

35

- 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 – SO1.35

36

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 – SOI.36

37

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 – SOI.37

38

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 – SOI.38

39

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 – SOI.39

40

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 – SO1.40

41

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 – SO1.41