Linguaggio C: approfondimento

Pt. 2

Emanuele Giona Dipartimento di Informatica, Sapienza Università di Roma
Luca Iezzi Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, Sapienza Università di Roma

Reti di Calcolatori A.A. 2022/23

Prof.ssa Chiara Petrioli Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, Sapienza Università di Roma
Emanuele Giona Dipartimento di Informatica, Sapienza Università di Roma

1. Stringhe C

Manipolazione di stringhe C

Stringhe C: array di `char` terminati dal carattere nullo `'\0'`

```
1 char greet[6] = "hi";
```

- Format string `%s` permette l'uso di `printf/scanf` di stringhe
- Input: suggerito l'uso della funzione `fgets` – non lascia caratteri nel buffer

Come fare per

- Assegnare il valore di una stringa (non durante inizializzazione)?
- Confrontare stringhe?
- Tagliare, cercare sotto-stringhe, … ?

```
1 char greet[6] = "hi";
2 greet = "ciao!";
```

```
1 char greet1[6] = "ciao", greet2 = "hi";
2 if(greet1 == greet2){ ... }
```

Libreria `string.h`

Il linguaggio C fornisce una libreria per la manipolazione di stringhe: `string.h`. Per usare le funzioni disponibili, bisogna importare la libreria tramite l'apposita direttiva al preprocessore `#include`.

Alcune funzioni incluse:

- `strlen(const char *str)`
  Restituisce la lunghezza di una stringa, ovvero il numero di caratteri prima del *primo* `'\0'`

```c
1 char greet[6] = "he\0y";
2 printf("%lu\n", strlen(greet));
```

Output: 2

- `strncpy(char *dst, const char *src, size_t count)`
  Equivalente all'assegnamento per stringhe; copia la stringa `src` nella stringa `dst` fino al `'\0'`, comunque non eccedendo `count` nel numero di caratteri copiati: *può* evitare buffer overflow!

```c
1 char greet[6] = "he\0y";
2 strncpy(greet, "ciaooooo", sizeof(greet));
```

`greet` non termina per `'\0'`

`strncpy` può comunque dare problemi: così si evita l'overflow durante la copia, ma la stringa potrebbe non terminare per `'\0'`!

Libreria `string.h`

- `strncat(char *dst, const char *src, size_t count)`

  Concatena fino a `count` caratteri della stringa `src` oppure fino al `'\0'` della stessa alla stringa `dst`: *può* evitare buffer overflow!

```
1 char greet[15] = "hello";
2 char noun[6] = "world";
3 strncat(greet, noun, sizeof(greet) - strlen(greet));
```

Spazio per `'\0'` ?

Calcolare `count` in questo modo può dare luogo ad `unsigned` underflow e quindi eventualmente a buffer overflow!

- `strcmp(const char *strA, const char *strB)`

  Confronta due stringhe terminate da `'\0'` in modo *lessicografico*; restituisce `0` se `strA` è uguale a `strB`, un valore `< 0` se `strA` è minore di `strB`, ed un valore `> 0` se viceversa

  Nel confronto lessicografico le stringhe sono iterate carattere per carattere; non appena c'è una differenza, i caratteri vengono interpretati `unsigned char` e restituita la differenza tra i due

  Ordinamento: `'0' < '9' < 'A' < 'Z' < 'a' < 'z'`

Esiste anche la versione `strncmp` per il confronto dei primi `n` caratteri: utile se una delle due stringhe potrebbe non essere terminata da `'\0'`

Libreria `string.h`

- `strstr(const char *str, const char *sub)`

  Trova la prima occorrenza della stringa `sub` all'interno della stringa `str`, restituendone il puntatore dell'inizio di `sub` in `str` (se presente) o `NULL` altrimenti; entrambe le stringhe devono terminare per `'\0'`

```c
char doc[15] = "hello locals!";
char word[5] = "lo";
char *start = strstr(doc, word);
printf("Start index: %lu", start - doc);
```

Output: 3

- `strtok(char *str, const char *delim)`

  Itera la stringa restituendone i *token*, ovvero sottostringhe di `str` delimitate da uno dei caratteri della stringa `delim`; sia `str` che `delim` devono essere terminate da `'\0'`

  - Progettata per essere usata nei cicli
  - `delim` è l'insieme dei caratteri delimitatori e non il delimitatore
  - Ogni delimitatore trovato viene sostituito con il carattere `'\0'` all'interno di `str`!

```c
char doc[30] = "lorem ipsum dolor sit amet";
int count = 0;
char *token = strtok(doc, " "); Prima iterazione
while(token){
  count++;
  token = strtok(NULL, " "); Successive iterazioni
}
printf("String '%s' has %d tokens", doc, count);
```

Output: *String 'lorem' has 5 tokens*

2. Dichiarazione di nuovi tipi

Dichiarazione di nuovi tipi

Nuovi tipi possono essere dichiarati in diversi modi:

- `struct`
  Dati strutturati composti di più variabili di tipi anche diversi, salvate in locazioni contigue di memoria
- `union`
  Collezione di variabili di tipi diversi, salvate nella stessa locazione di memoria
- `enum`
  Tipo di dati che permette la definizione di valori costanti e caratterizzati da un nome esplicito

Dati strutturati: `struct`

Contiene più variabili anche di tipi diversi, salvate in locazioni contigue di memoria.

```
1 struct Data {
2   unsigned int day;
3   unsigned int month;
4   int year;
5 } data1;
6
7 data1.day = 14;
8 data1.month = 10;
9
10 struct Data *ptr = &data1;
11 ptr->year = 1492;
```

Membri

Definizione di una `struct Data` e dichiarazione di una variabile di questo tipo, denominata `data1`

Variabili di tipo `struct` devono essere dichiarate con tipo `struct` *`nomeStruct`*, ed analogamente i puntatori a variabili `struct` con `struct` *`nomeStruct`* `*`

L'accesso ai membri avviene in modi diversi:

- Variabile `struct`: operatore `.`
- Puntatore a `struct`: operatore `->`

	day	month	year
data1	14	10	1492

Layout in memoria

Dati strutturati: `struct`

Dettagli aggiuntivi riguardo le `struct`:

- In una dichiarazione di `struct`, il nome è opzionale (`struct` anonima)
- Il puntatore ad una variabile `struct` può essere interpretato come puntatore al primo membro (e viceversa)
- La dimensione di una variabile `struct` è *almeno* la somma della dimensione dei propri membri

  Almeno: tra le locazioni di memoria di un membro e del seguente può essere inserito un po' di padding da parte del compilatore, ai fini di allineamento a blocchi di memoria
- Inizializzazione di variabili `struct` effettuata in modo simile agli array

```c
struct Data {
  unsigned int day;
  unsigned int month;
  int year;
};

struct Data data1 = {14, 10, 1492};
```

=

```c
struct Data {
  unsigned int day;
  unsigned int month;
  int year;
} data1 = {14, 10, 1492};
```

Collezioni di tipi: `union`

Collezione di variabili di tipi diversi, salvate nella stessa locazione di memoria.

```c
union IdLibro {
  long ean;
  char isbn[15];
};

union IdLibro book;

book.ean = 9780131103627;
printf("EAN: %ld\n", book.ean);
printf("ISBN: %s\n", book.isbn);
printf("Size: %lu\n", sizeof(book));

strncpy(book.isbn, "978-0131103627\0", 15);
printf("EAN: %ld\n", book.ean);
printf("ISBN: %s\n", book.isbn);
printf("Size: %lu\n", sizeof(book));
```

Dichiarazione analoga ad una `struct`

- Può essere valorizzato un solo membro alla volta
- Il contenuto di una stessa zona di memoria può essere interpretato come il tipo del membro valorizzato
- Dichiarazione variabili `union` ed accesso ai membri analogo a quello delle `struct`

Undefined

`sizeof(IdLibro)`

Undefined

Invariata

Collezioni di tipi: `union`

Dettagli aggiuntivi riguardo le `union`:

- In una dichiarazione di `union`, il nome è opzionale (`union` anonima)
- Il puntatore ad una variabile `union` può essere interpretato come puntatore ad uno qualunque dei suoi membri (e viceversa)
- La dimensione di una variabile `union` è *almeno* la dimensione del tipo più grande tra quello dei propri membri
  Almeno: come avviene nelle `struct`, il compilatore può inserire padding per allineamento della memoria
- Inizializzazione di variabili `union`: se forniti valori per tutti i membri, undefined behavior

```
1 union IdLibro book;
2 strncpy(book.isbn, "978-0131101630", 15);
```

=

```
1 union IdLibro book = {.isbn = "978-0131101630"};
```

Il membro da valorizzare può essere specificato al momento dell'inizializzazione tramite l'operatore di accesso

Perché usare le `union`?

- Utilizzo efficiente di una stessa locazione di memoria
- Implementazione di *pseudo-polimorfismo* – altrimenti impossibile in C
- Accesso diretto a memoria o hardware in programmazione embedded (*es.* singoli bit di registri CPU)

Leggibilità e consistenza per valori costanti: `enum`

Tipo di dati che permette la definizione di valori costanti e caratterizzati da un nome esplicito.

- Facilità la leggibilità e la comprensione dei programmi
- Può essere usato negli `switch-case`
- Valore automaticamente assegnato dal compilatore, se non specificato tramite una *constant expression*
- Non è possibile riutilizzare lo stesso identificatore in diversi `enum`

```c
enum TrafficLight {
  GREEN,
  YELLOW,
  RED
};

enum TrafficLight sem = GREEN;

printf("%d\n", GREEN);
printf("%d\n", YELLOW);
printf("%d\n", RED);
```

Output:

```
0
1
2
```

```c
enum TrafficLight {
  GREEN=10,
  YELLOW=20,
  RED=30
};

enum TrafficLight sem = GREEN;

printf("%d\n", GREEN);
printf("%d\n", YELLOW);
printf("%d\n", RED);
```

Output:

```
10
20
30
```

Migliori dichiarazioni di tipi personalizzati

- Le dichiarazioni di variabili di tipi personalizzati sono inutilmente prolisse

```
1 struct Data data1 = {14/10/1492};
2 union IdLibro book;
3 enum TrafficLight sem = GREEN;
```

- Allo stesso modo, anche le dichiarazioni di puntatori a funzioni potrebbero essere migliorate

```
1 int (*fnPtr)(unsigned int*, int, int*) = routine;
```

Migliori dichiarazioni di tipi personalizzati: `typedef`

Tramite `typedef` è possibile utilizzare un identificatore come alias di un nome di tipo, possibilmente migliorando la leggibilità del codice.

Considerando queste dichiarazioni:

```c
struct Data {
  unsigned int day;
  unsigned int month;
  int year;
};
```

```c
union IdLibro {
  long ean;
  char isbn[15];
};
```

```c
enum TrafficLight {
  GREEN,
  YELLOW,
  RED
};
```

```c
int function(
  struct Data d,
  union IdLibro b,
  enum TrafficLight s
);
```

Un programma potrebbe essere il seguente:

```c
struct Data currDate = {14, 10, 1492};
union IdLibro bookC = {9780131101630};
enum TrafficLight sem = GREEN;
int (*fnPtr)(struct Data, union IdLibro, enum TrafficLight) = function;
fnPtr(currDate, bookC, sem);
```

Migliori dichiarazioni di tipi personalizzati: `typedef`


```c
struct Data {
  unsigned int day;
  unsigned int month;
  int year;
};
```

```c
union IdLibro {
  long ean;
  char isbn[15];
};
```

```c
enum TrafficLight {
  GREEN,
  YELLOW,
  RED
};
```

```c
int function(
  struct Data d,
  union IdLibro b,
  enum TrafficLight s
);
```

Mantenendo le stesse dichiarazioni ed introducendo `typedef` nel corpo del programma stesso:

```c
typedef struct Data Date;
typedef union IdLibro BookId;
typedef enum TrafficLight TrafficLight;
typedef int (*FunctionPtr)(Date, BookId, TrafficLight);

Date currDate = {14, 10, 1492};
BookId bookC = {9780131101630};
TrafficLight sem = GREEN;
FunctionPtr fnPtr = function;
fnPtr(currDate, bookC, sem);
```

Simili alle dichiarazioni di variabili di questi tipi, ma precedute da `typedef`

Simile alla dichiarazione di una variabile puntatore a funzione, ma preceduta da `typedef`

Identificatori scelti nella ridefinizione vengono usati come fossero veri tipi

Migliori dichiarazioni di tipi personalizzati: `typedef`

Modificando *opportunamente* le dichiarazioni con `typedef`:

```c
typedef struct {
  unsigned int day;
  unsigned int month;
  int year;
} Date;
```

`struct` anonima

```c
typedef union {
  long ean;
  char isbn[15];
} BookId;
```

`union` anonima

```c
typedef enum {
  GREEN,
  YELLOW,
  RED
} TrafficLight;
```

`enum` anonimo

```c
typedef int (*FunctionPtr)(
  Date, BookId, TrafficLight
);
int function(
  Date d,
  BookId b,
  TrafficLight s
);
```

Ridefinizione classica

Si può scrivere il seguente programma:

Identificatori scelti nella ridefinizione vengono usati come fossero veri tipi

```c
Date currDate = {14, 10, 1492};
BookId bookC = {9780131101630};
TrafficLight sem = GREEN;
FunctionPtr fnPtr = function;
fnPtr(currDate, bookC, sem);
```

3. Esercizi

Esercizi

1. Scrivere una funzione che, sfruttando funzioni della libreria `string.h`, rimuova tutte le occorrenze di una sottostringa fornita dall'utente. Si assume che tutte le stringhe siano terminate da `'\0'`.
   Hint: La funzione non dovrebbe avere valore di ritorno e dovrebbe accettare i seguenti parametri: (a) la stringa originale su cui operare, (b) la sottostringa di cui si desidera la rimozione, (c) un puntatore ad una stringa da fornire in output.
   Esempio: (a) "ciao ciao ciao", (b) "o" → (c) "cia cia cia"
2. Scrivere due funzioni che verifichino che gli indirizzi di memoria di puntatori a membri di una `struct` siano diversi, mentre gli indirizzi di memoria di puntatori a membri di una `union` siano uguali.
   Hint: la format string per puntatori è `"%p"`; entrambe le funzioni accettano due argomenti: (a) un puntatore a `struct` oppure un puntatore a `union`, rispettivamente, e (b) un puntatore a funzione che implementi l'operazione di confronto (per `struct` testa ugualianza tra indirizzi, per `union` testa disuguaglianza); gli indirizzi di memoria devono essere confrontati tramite le funzioni della libreria `string.h`.

4. Allocazione dinamica della memoria

Allocazione dinamica della memoria

Utilizzo della memoria nei nostri programmi finora:

- Variabili semplici
- Array statici

```
1 int size = 10;
2 int array[size];
```

La dimensione di `array` deve essere nota al momento della dichiarazione, e dopodiché non può variare

- Operazioni su array statici pre-allocati

```
1 int* function(int size){
2   int array[size];
3   return array;
4 }
```

`array` è una variabile locale alla funzione, l'allocazione di memoria è valida finché viene usata all'interno della stessa funzione; restituirne il puntatore può sfociare in undefined behavior

Allocazione dinamica della memoria

La memoria viene suddivisa in due categorie:

- Stack
  - Statica, tutti gli elementi hanno una dimensione fissa nota
  - Allocata durante la compilazione: variabili, array statici, … → liberata al termine del programma
  - Allocata per chiamate a funzioni: copie dei parametri, variabili locali, … → liberata al `return` dalla funzione
- Heap
  - Dinamica, gli elementi possono avere dimensione variabile nel corso dell'esecuzione del programma
  - Allocata a runtime dal programma → liberata manualmente dal programma

Allocazione dinamica della memoria (libreria `stdlib.h`)

Il linguaggio C fornisce una libreria per la manipolazione dinamica della memoria: `stdlib.h`. Per usare le funzioni disponibili, bisogna importare la libreria tramite l'apposita direttiva al preprocessore `#include`.

Alcune funzioni incluse:

- `malloc(size_t size)`
  Alloca una porzione di memoria heap di dimensione `size` bytes
  Restituisce un puntatore di tipo `void` (quindi `void*`), indicando un blocco di memoria generico
  Il puntatore restituito può essere `NULL` → va controllato prima di usarlo!
- `calloc(size_t num, size_t size)`
  Alloca una porzione di memoria heap di dimensione `size` bytes per ognuno dei `num` elementi, inizializzando a zero il contenuto del blocco di memoria
  Come `malloc`, il puntatore restituito è generico e può essere `NULL`

```c
int *array = calloc(5, sizeof(int));
```

`calloc` differisce negli argomenti, ma il resto dell'uso è lo stesso

```c
int *array = malloc(5 * sizeof(int));
if(array == NULL){
    printf("Allocazione fallita\n");
}
else{
  for(int i=0; i<5; i++){
    printf("%d\n", *array);
    array++;
  }
}
```

`array` è una variabile puntatore ad `int`, che rappresenta il puntatore al primo elemento di un array di 5 elementi `int`; il resto delle interazioni rimane identico ad un qualunque puntatore

Allocazione dinamica della memoria (libreria `stdlib.h`)

- `realloc(void *ptr, size_t new_size)`
  Riutilizza la memoria allocata per il puntatore `ptr`, aumentando o diminuendo la dimensione allocata
  I contenuti in memoria rimangono intatti
  Come `malloc` e `calloc`, viene restituito un puntatore generico se l'allocazione va a buon fine; se tuttavia non è possibile, il risultato è NULL pointer e la precedente porzione di memoria puntata non viene liberata

```
1 int *array = malloc(5 * sizeof(int));
```

=

```
1 int *array = realloc(NULL, 5 * sizeof(int));
```

- `free(void *ptr)`
  Libera la memoria allocata tramite `malloc`, `calloc`, e `realloc`
  Per ogni allocazione è necessario utilizzare una chiamata a `free`, in modo da evitare memory leak → memoria allocata dal programma e non restituita al sistema operativo
  Non deve essere usata su puntatori NULL → il "double free" corrompe la gestione della memoria (undefined behavior)

Allocazione dinamica della memoria (libreria `stdlib.h`)

L'utilizzo dei meccanismi di allocazione dinamica della memoria permettono quindi l'implementazione di funzioni che restituiscano nuovi puntatori, senza incorrere nei problemi di variabili locali deallocate all'uscita dalla funzione.

```c
int* function(int size){
  int *array = malloc(size * sizeof(int));
  return array;
}
```

Va però sempre ricordata l'invocazione della funzione `free` sul puntatore ritornato:

```c
int size = 5;
int *array = function(size);
if(array == NULL){
  printf("Allocazione fallita\n");
  return 1;
}

// Utilizzo di array

free(array);
```

`array` è un puntatore a locazione di memoria allocata dinamicamente nel corpo di `function`

Se `array` è `NULL`, questa funzione non prosegue nell'esecuzione, garantendo un'unica invocazione di `free`

A cosa fare attenzione con la memoria dinamica

Errori comuni

- Non controllare valori di ritorno delle funzioni di allocazione
- Argomento `size` pari a `0` in chiamate a `malloc`
  - Puntatore ritornato potrebbe essere NULL, oppure diverso da NULL con nessuna locazione di memoria associata
  - Se diverso da NULL, non deve essere dereferenziato ma può essere argomento di `free`
- `free` invocata più volte sullo stesso puntatore
- `free` invocata su un puntatore non allocato tramite `malloc`, `calloc`, o `realloc`
- Dereferenziare un puntatore dopo aver invocato `free` su di esso
- Dimenticare di invocare `free`

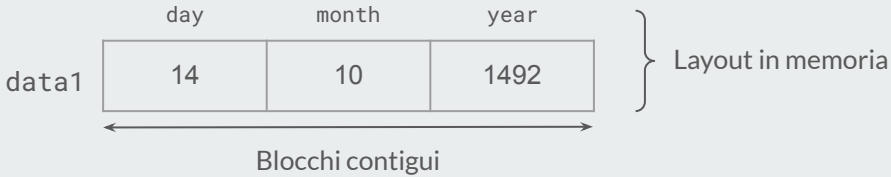
Bonus

- Includendo `stdlib.h` non c'è bisogno di usare cast espliciti per i puntatori generici: verranno automaticamente convertiti al tipo destinatario

Strutture dati non contigue in memoria

Finora:

- Array statici
- `struct`
- Array dinamici



sono tutti allocati in modo contiguo in memoria.

Vantaggi

- Accesso agli elementi in tempo costante in qualunque posizione
- Facile gestione del blocco di memoria allocato (es. una sola deallocazione necessaria)
- Generalmente necessita di meno overhead durante il suo utilizzo (es. traduzione indirizzi)

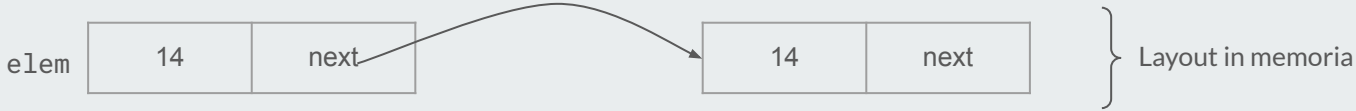
Svantaggi

- Un unico blocco di memoria di grandi dimensioni potrebbe non essere disponibile, causando errori di allocazione
- Frammentazione interna: l'intero blocco di memoria potrebbe non essere utilizzato, sprecando memoria

Strutture dati non contigue in memoria

Non tutti i task sono adatti a strutture contigue in memoria:

- Lista a dimensione variabile con frequenti inserimenti e/o eliminazioni
- Alberi



Vantaggi

- Ogni elemento occupa una locazione di memoria con dimensione esigua: allocazioni difficilmente falliscono
- Nessuna frammentazione interna: il blocco di memoria allocato è utilizzato totalmente, efficientemente utilizzando la memoria

Svantaggi

- Nessuna garanzia di accesso efficiente in qualunque posizione (dipende dalla struttura dati del caso)
- Gestione memoria non banale
- Possibile presenza di overhead da parte del sistema operativo

Esempio: linked list

Linked list:

- Struttura dati non contigua in memoria
- Lista di elementi di dimensione variabile
- Ogni elemento contiene un determinato valore ed il puntatore all'elemento successivo (single linked list); può inoltre contenere il puntatore all'elemento precedente (doubly linked list)
- Adatta a task in cui la lista degli elementi è usata con frequenti inserimenti e/o eliminazioni:
  - Single linked list → più adatta se inserimenti/eliminazioni sono solo all'inizio o alla fine della lista
  - Doubly linked list → più adatta se inserimenti/eliminazioni possono avvenire in qualsiasi posizione della lista

Esempio: single linked list

Dichiarazione elemento base

```
1 typedef struct Element {
2     int value;
3     struct Element *next;
4 } Element;
```

Dichiarazione `struct` di un singolo elemento della lista (in questo caso `int`)

Dichiarazione di una lista

```
1 Element *head = malloc(sizeof(Element));
2 head->value = 0;
3 head->next = NULL;
```

La lista è rappresentata dal primo elemento, la "*testa*"

Inserimento elementi

```
1 head->next = malloc(sizeof(Element));
2 head->next->value = value;
3 head->next->next = NULL;
```

La lista può essere estesa aggiungendo elementi tramite il puntatore al successivo elemento

Eliminazione elementi

```
1 Element *ptr = head->next;
2 head->next = ptr->next;
3 free(ptr);
```

Semplicemente viene invocata `free` sul puntatore all'elemento da eliminare; è necessario però aggiornare il puntatore a successivo dell'elemento precedente

5. Esercizi

Esercizi

3. Assumendo una single linked list composta da `Element` (dichiarato come negli esempi), scrivere le funzioni `insertAt` e `removeAt` tali che:
   - `insertAt` → inserisce un elemento in una qualsiasi posizione, fornita dall'utente come indice (analogo ad array)
   - `removeAt` → rimuove un elemento in una qualsiasi posizione, fornita dall'utente come indice (analogo ad array)

   Hint: 1 (head) -> 2 -> 3 -> 4; insertAt(head, 5, 1) → 1 (head) -> 5 -> 2 -> 3 -> 4; removeAt(head, 0) → 5 (head) -> 2 -> 3 -> 4

4. Implementare una doubly linked list ed annesse funzioni tali che:
   - Supporti elementi `int`, `float`, e `char[10]` – una lista comunque conterrà elementi di tipi omogenei
   - Supporti le funzioni `insertAt` e `removeAt` definite come all'Esercizio 3 ed opportunamente modificate per l'uso in una doubly linked list
   - Implementi una funzione `apply` tale che accetti un puntatore a funzione `fnPtr` ed una direzione (`enum Dir{ FRONT, BACK};`): se `FRONT`, `fnPtr` viene applicato a tutti gli elementi scorrendo la lista dall'inizio alla fine, e in ordine inverso se la direzione è invece `BACK`

   Hint: è necessario effettuare controlli specifici per evitare elementi di tipi diversi all'interno di una lista; il puntatore a funzione fornito ad `apply` deve aver accesso solo ad un singolo elemento, potenzialmente con la possibilità di modificarlo

6. Docker

Sviluppo programmi per sistemi terzi

Scrivere e compilare programmi può risultare difficile senza avere accesso ad un sistema simile a quello su cui verranno eseguiti:

- Compilatori specifici
  es. Microsoft Visual C++ (mscv), GNU Compiler Collection (gcc), Intel C++ Compiler (icc), distcc, …
- Differenze di librerie
  es. Accesso ai file, multi-processing, multi-threading, …

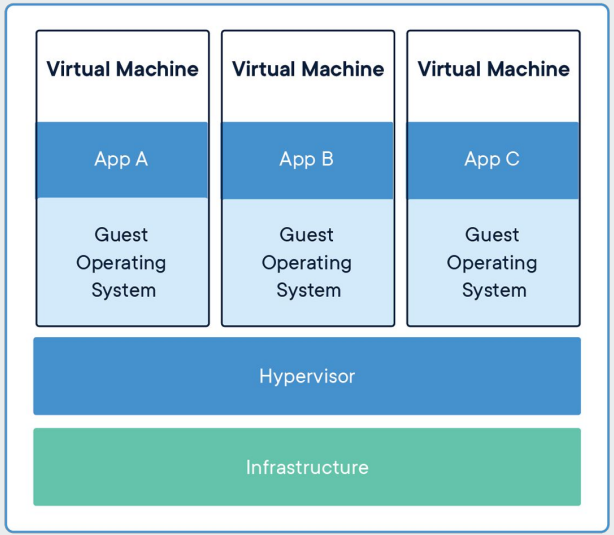
Sviluppare direttamente sul sistema di interesse?

- Stesso sistema operativo
- Architettura hardware simile

Virtualizzazione

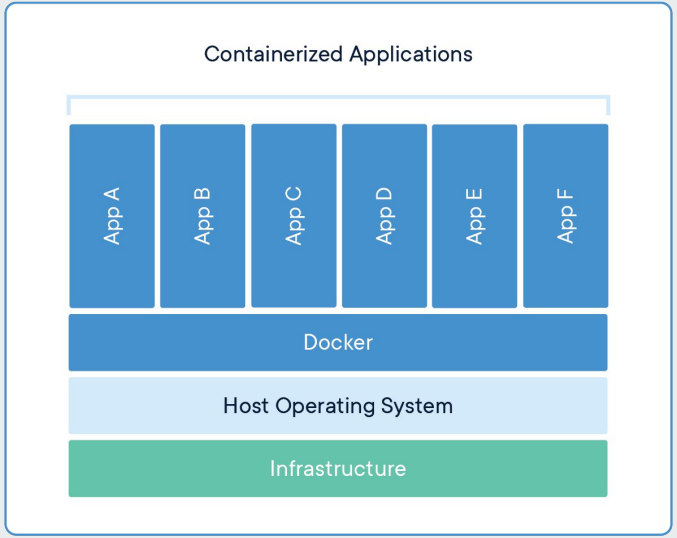
Virtual Machine (VM)

Un macchina virtuale è un metodo per virtualizzare l'intera architettura di un'applicazione, dall'hardware al sistema operativo, con le dovute dipendenze e configurazioni necessarie.



Container

Un container software è un metodo di fornire applicazioni unitamente a tutte le dipendenze necessarie, solamente virtualizzando il sistema operativo.



Docker container

Motivazioni:

- Focus su API POSIX nelle prossime lezioni ——— Necessario solo per chi usa Windows
- Facile e leggero da eseguire
- Evita l'installazione di un sistema operativo diverso

Installazione Docker: https://docs.docker.com/get-docker/

Docker container

Comandi utili dopo aver installato Docker:

- Scaricare immagine Ubuntu 22.04 LTS
  `docker pull ubuntu:22.04`

```
emanuele@emanuele-Ubuntu:~$ docker pull ubuntu:22.04
22.04: Pulling from library/ubuntu
2ab09b027e7f: Pull complete
Digest: sha256:67211c14fa74f070d27cc59d69a7fa9aeff8e2
Status: Downloaded newer image for ubuntu:22.04
docker.io/library/ubuntu:22.04
```

- Ottenere l'ID di un'immagine
  `docker images`

```
emanuele@emanuele-Ubuntu:~$ docker images
REPOSITORY    TAG       IMAGE ID       CREATED        SIZE
ubuntu        22.04     08d22c0ceb15   12 days ago    77.8MB
hello-world   latest    fce289e99eb9   4 years ago    1.84kB
```

- Avviare un container con una data immagine
  `docker run -td --name <nomeCntr> <imgId>`

```
emanuele@emanuele-Ubuntu:~$ docker run -td --name cont 08d22c0ceb15
aa2b5a9e6084d08f5d8999e0876ba4a131c814ba5ebc93f22dbafcdc93d88f90
```

- Controllare un container direttamente
  `docker exec -it <cntrId> /bin/bash`

```
emanuele@emanuele-Ubuntu:~$ docker exec -it aa2b5a9e6084 /bin/bash
root@aa2b5a9e6084:/#
```

- Copiare file all'interno del container (es. sorgenti programmi)
  `docker cp <path1> <cntrId>:<path2>`

```
emanuele@emanuele-Ubuntu:~$ docker cp source.c aa2b5a9e6084:/home/
Successfully copied 2.56kB to aa2b5a9e6084:/home/
```

Riferimenti

- https://en.cppreference.com/w/c/string/byte
- https://en.cppreference.com/w/c/language/struct
- https://en.cppreference.com/w/c/language/union
- https://stackoverflow.com/questions/252552/why-do-we-need-c-unions
- https://en.cppreference.com/w/c/language/enum
- https://en.cppreference.com/w/c/language/typedef
- https://en.cppreference.com/w/c/memory
- https://en.wikipedia.org/wiki/Containerization_(computing)
- https://www.docker.com/resources/what-container/
- https://docs.docker.com/get-docker/
- https://hub.docker.com/_/ubuntu/tags