



Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Pattern architetturale Layers

dispensa asw330
ottobre 2023

*Ogres are like onions.
Onions have layers. Ogres have layers.
You get it?
We both have layers.
Shrek*

1

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



- Riferimenti

- ❑ Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
 - Capitolo 17, **Pattern architetturale Layers**
- ❑ [POSA1] Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., and Stal, M. **Pattern-Oriented Software Architecture (Volume 1): A System of Patterns**. Wiley, 1996.
- ❑ [POSA4] Buschmann, F., Henney, K., and Schmidt, D.C. **Pattern-Oriented Software Architecture (Volume 4): A Pattern Language for Distributed Computing**. Wiley, 2007.
- ❑ Bachmann, F., Bass, L., and Nord, R. **Modifiability Tactics**. Technical report CMU/SEI-2007-TR-002. 2007.

2

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



- Obiettivi e argomenti

□ Obiettivi

- presentare Layers – il pattern architetturale POSA più diffuso
- fare qualche considerazione generale sui pattern architetturali – poiché questo è il primo pattern architetturale “concreto” che viene presentato

□ Argomenti

- Layers (POSA)
- discussione

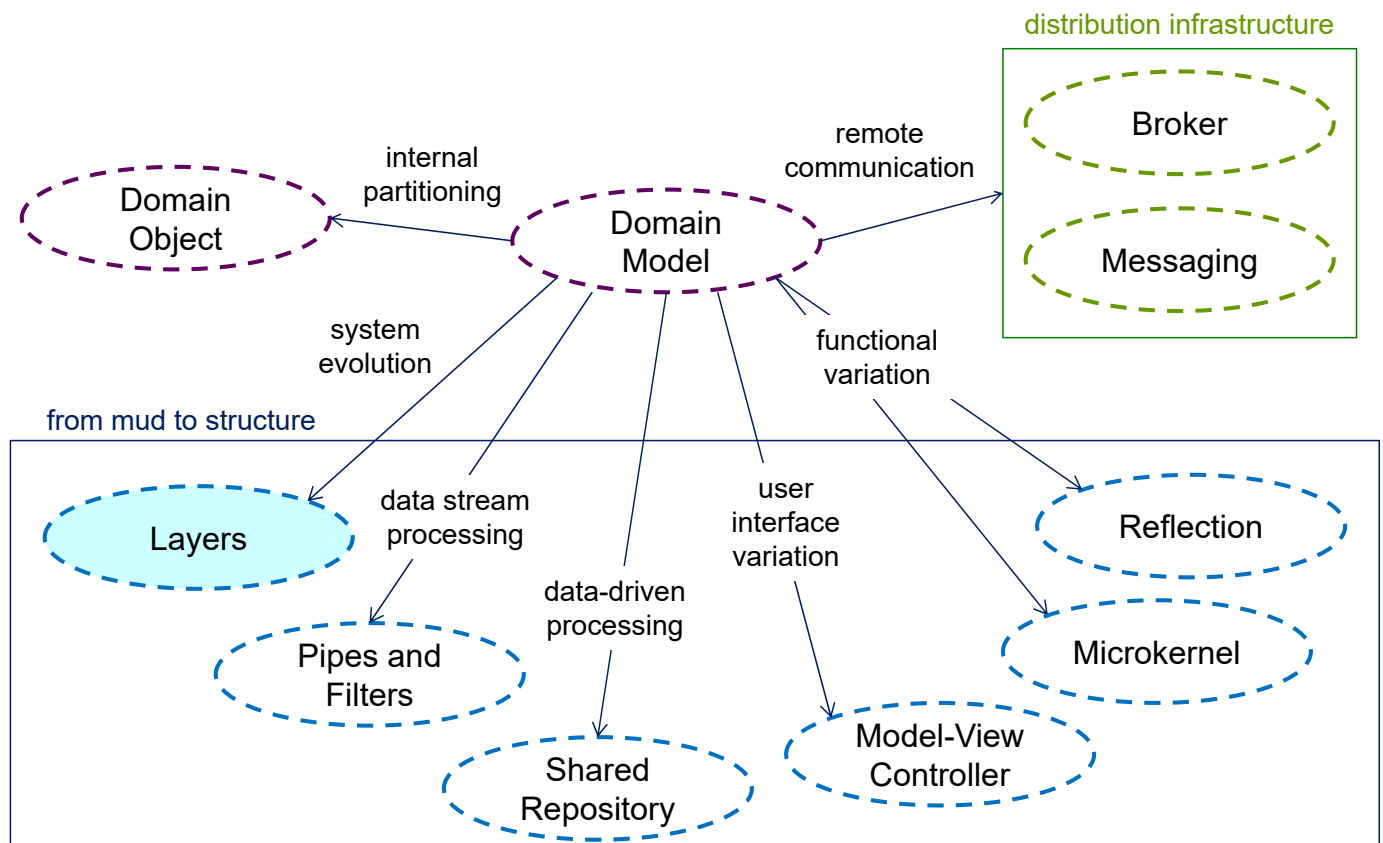
3

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



* Layers (POSA)



4

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



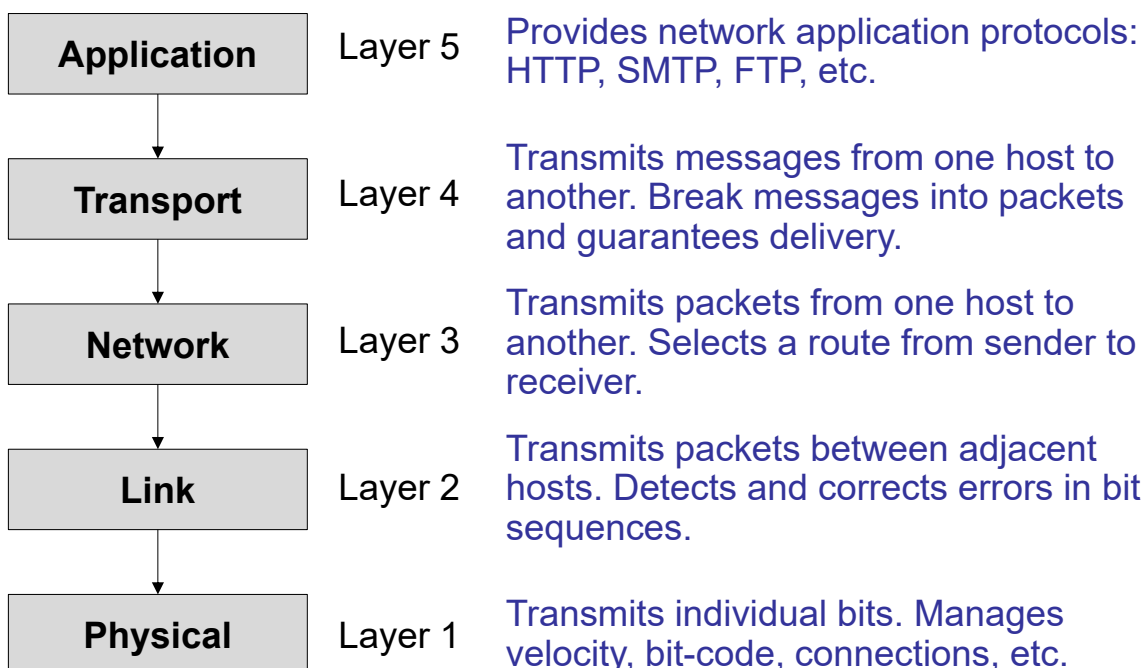
Layers

- Il pattern architetturale **Layers** – noto anche come *architettura a strati*
 - nella categoria “system evolution” di [POSA4]
 - aiuta a strutturare applicazioni che possono essere decomposte in gruppi di compiti, a diversi livelli di astrazione



Esempio

- Architettura dei protocolli di rete





Layers

□ Contesto

- un sistema grande – richiede di essere decomposto
- le diverse parti del sistema devono poter essere sviluppate e devono poter evolvere in modo indipendente

□ Problema

- il sistema deve essere decomposto in parti che possano essere sviluppate e fatte evolvere in modo indipendente tra loro
 - è richiesta modificabilità, riusabilità e/o portabilità
- la decomposizione deve essere basata su una separazione degli interessi ragionata – e non deve penalizzare altre qualità



Layers

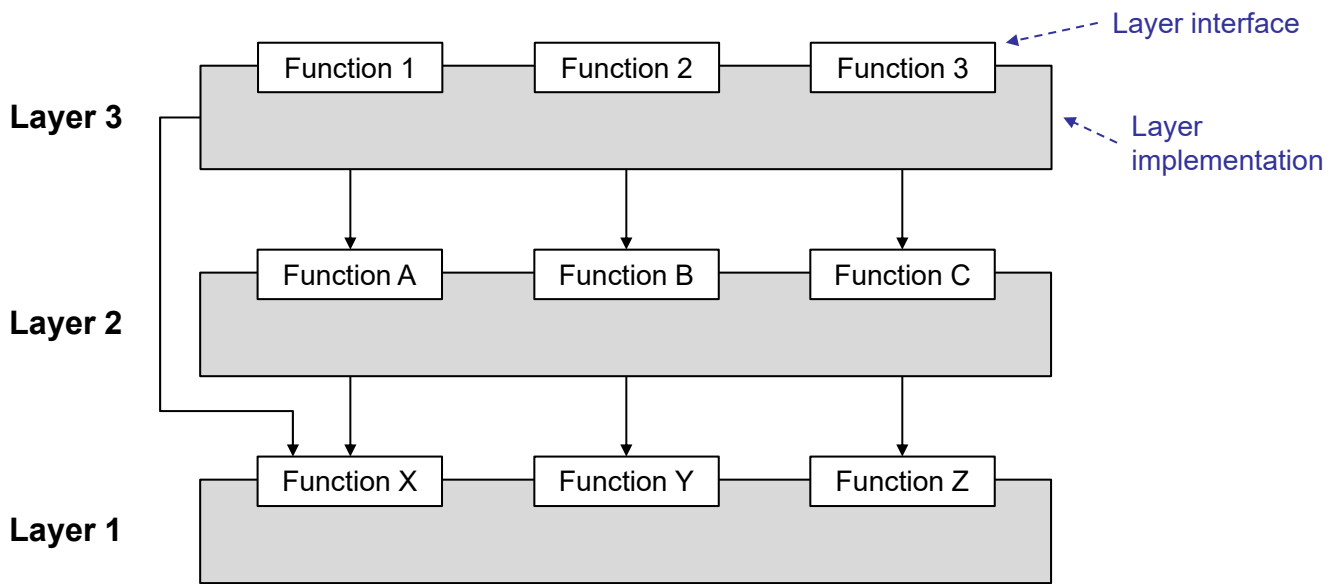
□ Soluzione

- decomponi il sistema in una gerarchia verticale di elementi software, chiamati *strati*
- ciascuno strato ha una responsabilità distinta e ben specifica
- costruisci le funzionalità di ciascuno strato in modo che dipendano solo da se stesso o dagli strati inferiori
- fornisci, in ciascuno strato, un'interfaccia che è separata dalla sua implementazione – e basa la comunicazione tra strati solo su queste interfacce



Layers

- Soluzione – struttura statica della soluzione



- ma di che natura sono gli strati?

9

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



Pattern, soluzione e scenari

- La **soluzione** di un pattern descrive il “principio” o l’“idea risolutiva” fondamentale del pattern
 - comprende sia la **struttura statica** che il **comportamento dinamico** del pattern
- Gli aspetti dinamici di un pattern possono essere descritti sotto forma di scenari
 - ciascuno **scenario** descrive un possibile comportamento dinamico archetipale della soluzione
 - gli scenari possono anche descrivere modi diversi di applicare il pattern

10

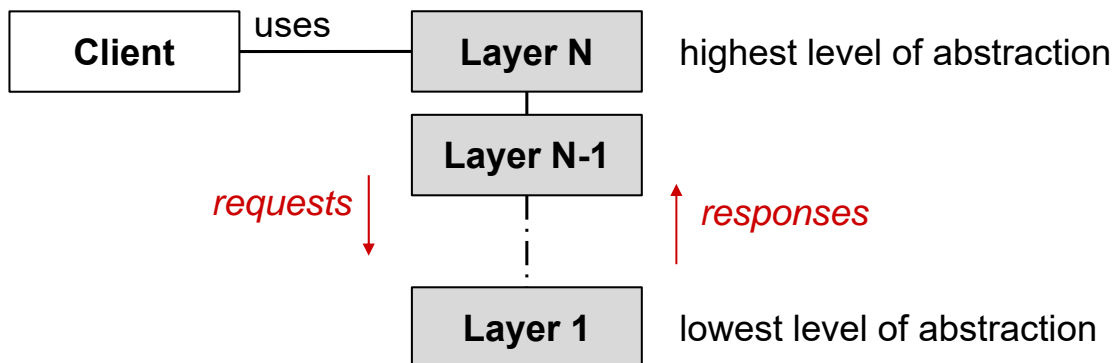
Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



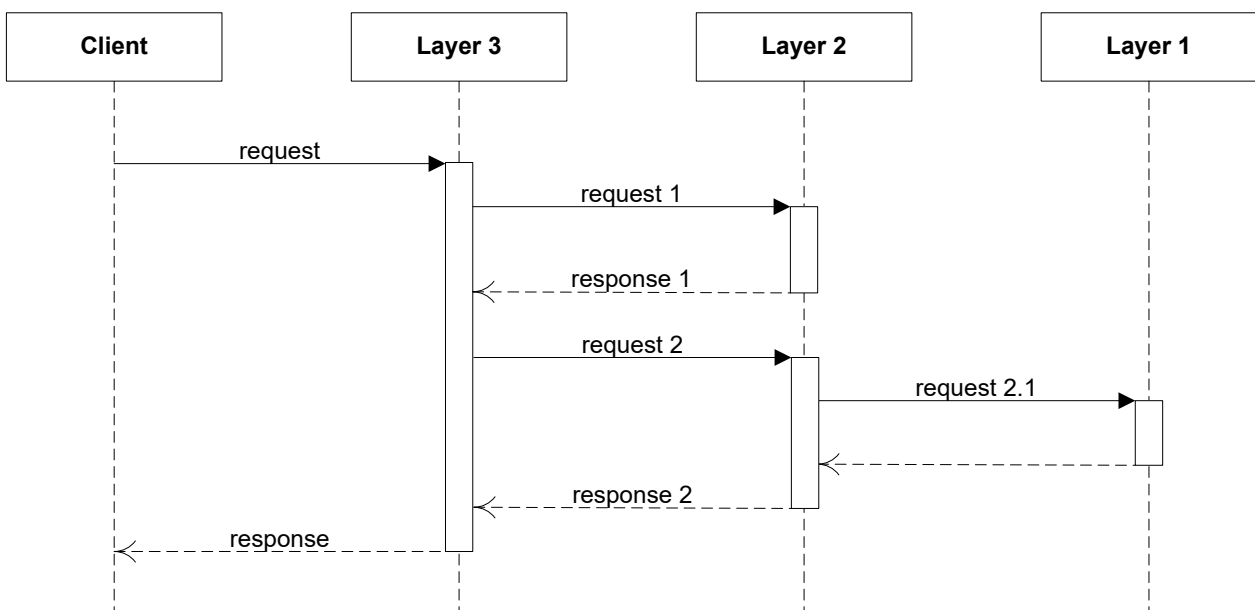
Scenario 1 – comunicazione top-down

- Lo scenario di Layers più comune è la *comunicazione top-down* – di tipo *richiesta-risposta*



Scenario 1 – comunicazione top-down

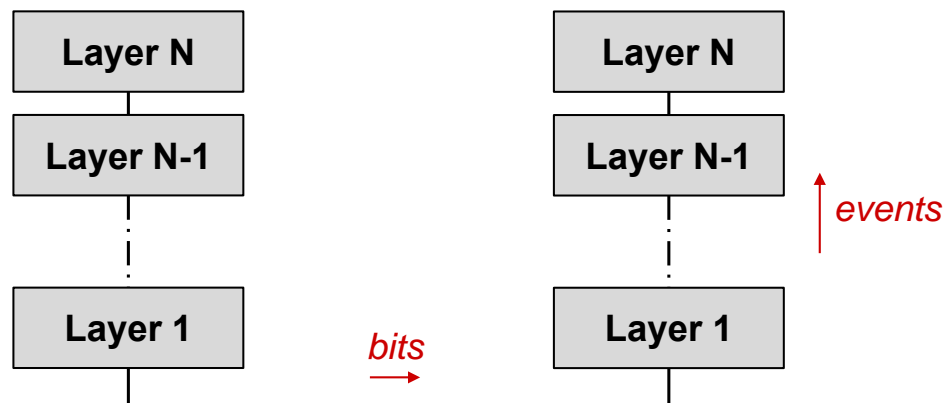
- Lo scenario di Layers più comune è la *comunicazione top-down* – di tipo *richiesta-risposta*





Scenario 2 – comunicazione bottom-up

- Un altro scenario comune è la *comunicazione bottom-up* – basata sulla *notifica di eventi*



Altri scenari



- Sono possibili anche altri scenari
 - una richiesta allo strato N viene servita in uno strato intermedio – ad es., nello strato N-1 o N-2
 - una notifica dallo strato 1 viene gestita in uno strato intermedio – ad es., nello strato 2 o 3
 - una richiesta viene gestita da un sottoinsieme degli strati delle due pile



Scenari – discussione

- Due modalità principali di comunicazione per gli scenari di Layers – la comunicazione *richiesta-risposta* e la *notifica di eventi*
 - in corrispondenza, ciascuno strato può definire diverse interfacce
 - in uno strato più basso, verso l'alto
 - un'interfaccia per ricevere l'invocazione di operazioni (fornita)
 - un'interfaccia per notificare eventi (fornita)
 - in uno strato più alto, verso il basso
 - un'interfaccia per invocare operazioni (richiesta)
 - un'interfaccia per accettare notifiche di eventi (richiesta)

15

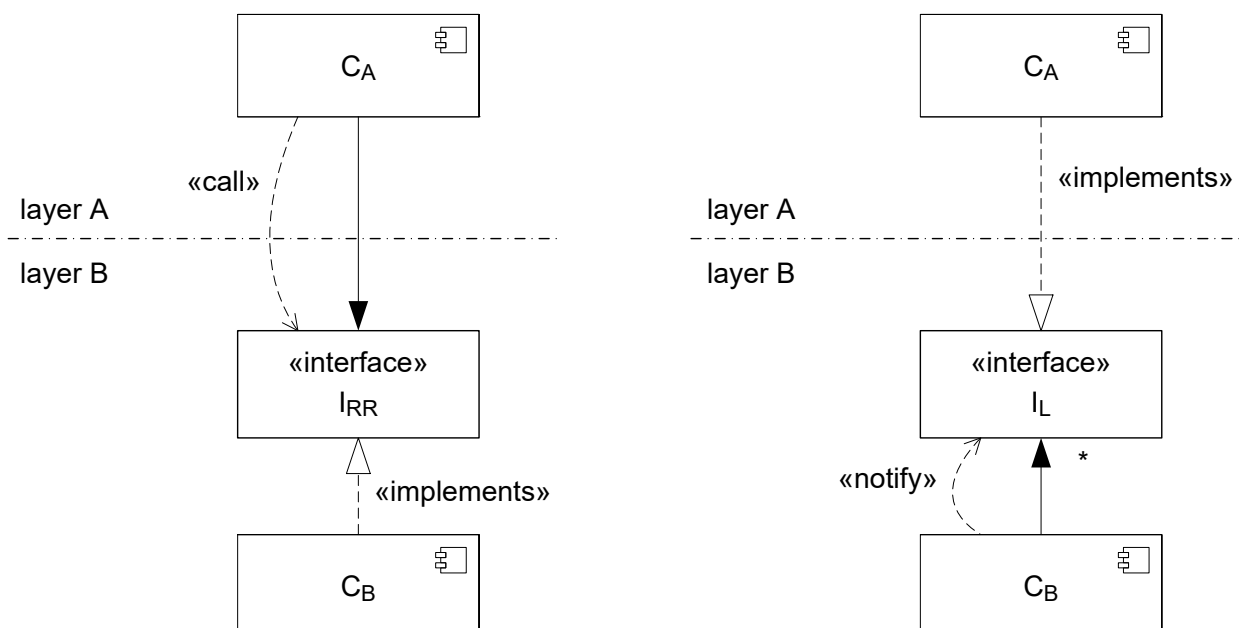
Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



Scenari – discussione

- Nell'architettura a strati, le dipendenze sono dall'alto verso il basso



16

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



- Applicazione di Layers

- ❑ Definisci il criterio di partizionamento delle funzionalità
 - discusso più avanti
- ❑ Determina gli strati
 - determina il numero di strati e le loro responsabilità
- ❑ Specifica i servizi offerti da ciascuno strato
- ❑ Raffina la definizione degli strati – in modo iterativo
- ❑ Definisci l'interfaccia di ciascuno strato
 - quali i servizi offerti da ciascuno strato? quali le notifiche accettate?
- ❑ Struttura individualmente gli strati
 - discusso più avanti
- ❑ Specifica la comunicazione tra strati – top-down o bottom-up
- ❑ Disaccoppia gli strati – usa opportuni design pattern
- ❑ Progetta una strategia per la gestione degli errori

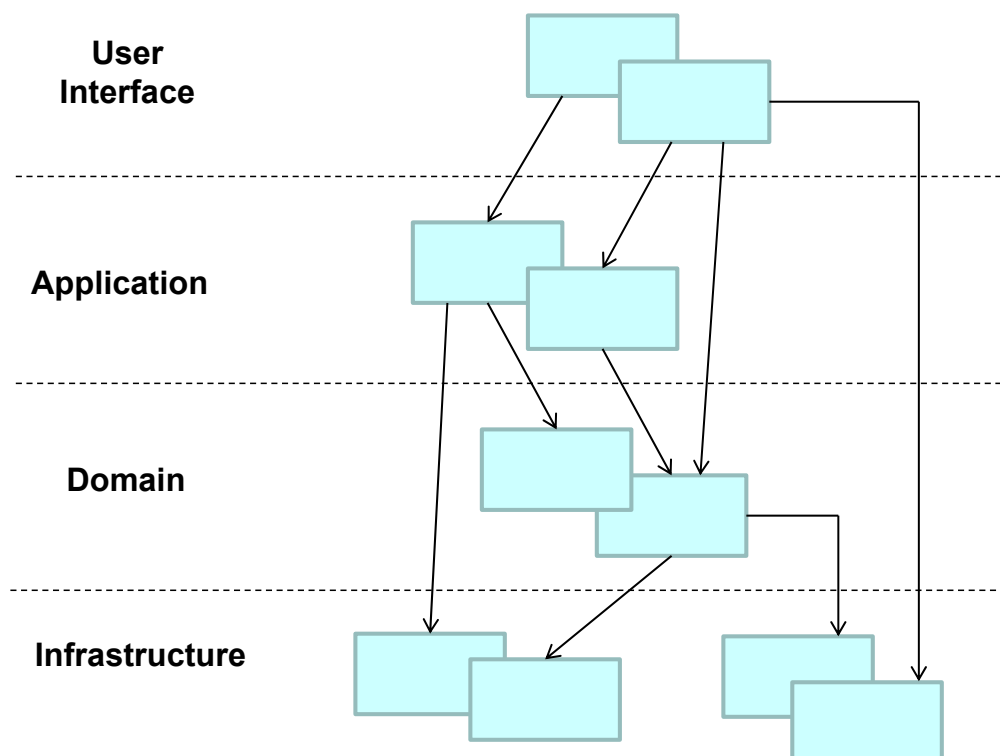
17

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



- Esempio: Layered Architecture [DDD]



18

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



Layered Architecture (DDD)

- Un esempio comune di architettura a strati è la *Layered Architecture* [DDD]
 - *presentation layer* – UI o presentazione
 - *application layer* – applicazione
 - *domain layer* – dominio
 - *infrastructure layer* – infrastruttura



Layered Architecture

- Il *domain layer* rappresenta il modello di dominio
 - gli oggetti di dominio – liberi dalla responsabilità di visualizzarsi, di memorizzarsi e di gestire compiti dell'applicazione – sono focalizzati sulla rappresentazione del modello di dominio
 - è responsabile di gestire lo stato complessivo del sistema



Layered Architecture

- L'*application layer* definisce i compiti che il sistema è chiamato a fare
 - due varianti principali
 - un insieme di facade sottili, che delegano lo svolgimento delle operazioni di sistema a oggetti opportuni dello strato del dominio
 - un insieme di classi più spesse che definiscono degli “operation script” – che implementano direttamente la logica applicativa, ma delegano la logica di dominio allo strato del dominio
 - è responsabile di gestire lo stato delle conversazioni/sessioni con i suoi client



- Criteri di decomposizione

- Nell'applicazione di Layers, è necessario scegliere un criterio di decomposizione delle funzionalità
 - in generale, questa decomposizione dovrebbe garantire che ciascun gruppo di funzionalità sia incapsulato in uno strato e che possa essere sviluppato ed evolvere indipendentemente dagli altri gruppi di funzionalità
 - in pratica, ci sono diversi criteri specifici comuni per la decomposizione delle funzionalità – astrazione, granularità, distanza dall'hardware e tasso di cambiamento



Criteri di decomposizione

□ Criteri di decomposizione comuni

- il criterio dell'**astrazione** può essere applicato nei sistemi che si devono occupare della gestione di diversi aspetti, a livelli di astrazione differenti
 - può essere utilizzato per realizzare una decomposizione di dominio
 - questo criterio viene spesso utilizzato anche per motivare una decomposizione tecnica in strati come presentazione, logica applicativa e infrastruttura/servizi tecnici – che sono responsabilità a livelli di astrazione differenti



Criteri di decomposizione

□ Criteri di decomposizione comuni

- il criterio della **granularità** può portare a una suddivisione in uno strato con oggetti o servizi di business che vengono usati da uno strato di processi di business
- il criterio della **distanza dall'hardware** può portare a una suddivisione con uno strato che definisce astrazioni del sistema operativo, uno strato di protocolli di comunicazione e uno strato di funzionalità applicative
- il criterio del **tasso di cambiamento atteso** suggerisce di separare le funzionalità mettendo in basso le cose più stabili e in alto quelle meno stabili (perché?)
- la decomposizione in strati può anche fare riferimento alla combinazione di diversi criteri



Sul numero degli strati

- Qual è il numero “giusto” di strati da utilizzare?
 - l’obiettivo è favorire un’evoluzione indipendente degli strati
 - troppi pochi strati potrebbero non separare abbastanza i diversi aspetti che il sistema deve gestire
 - troppi strati potrebbero frammentare eccessivamente l’architettura del software – e rendere difficile la sua evoluzione
 - la scelta degli strati è critica, perché è difficile da cambiare



- Layers e team di sviluppo

- Se Layers viene applicato come decomposizione di primo livello, gli strati vengono poi in genere assegnati a team di sviluppo separati
 - per favorire un’evoluzione indipendente degli strati, la decomposizione in strati non può essere indipendente dall’organizzazione dei team
 - una considerazione importante riguarda il costo del coordinamento – perché quello inter-team è maggiore di quello intra-team
 - la maggior parte delle modifiche attese dovrebbero avere impatto solo su singoli strati
 - ogni strato dovrebbe dipendere solo in modo debole dagli strati inferiori



Una critica al pattern Layers

- Una critica al pattern Layers, legata alla legge di Conway
 - alcune organizzazioni applicano l'architettura a strati in modo “standard” – **indipendentemente dal dominio applicativo dei sistemi software che sviluppano** – e in corrispondenza adottano team di sviluppo mono-funzionali
 - in pratica, i sistemi software prodotti da queste organizzazioni risulteranno spesso caratterizzati da un accoppiamento elevato – anziché avere parti indipendenti
 - il problema non è nell'architettura a strati – ma nel modo in cui essa viene applicata!

27

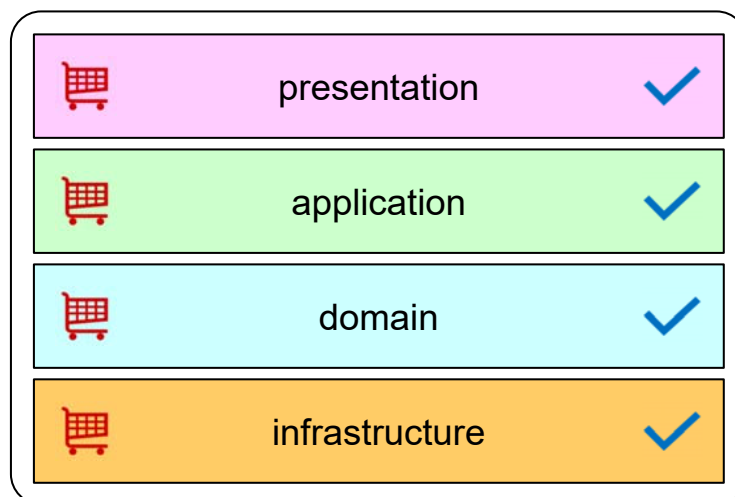
Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



Una critica al pattern Layers

- Un esempio – un'applicazione di commercio elettronico – con un'architettura a strati “standard”
 - quali strati gestiscono la responsabilità del checkout?
 - quali strati devono essere modificati se cambia la modalità di gestione del checkout?



layered architecture

28

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



- Conseguenze

▣ Modificabilità

- 😊 la modificabilità può essere alta
- 😊 è possibile sostenere la portabilità
- 😐 la modificabilità dipende da come i cambiamenti si ripercuotono sul sistema
- 😞 alcuni cambiamenti potrebbero coinvolgere molti strati
- 😞 è difficile cambiare la scelta degli strati e l'assegnazione di responsabilità agli strati



Conseguenze

▣ Prestazioni

- 😞 la comunicazione tra strati può penalizzare le prestazioni
- 😐 allocare ciascuno strato a un diverso processo non migliora necessariamente le prestazioni
- 😊 si possono migliorare le prestazioni associando un diverso thread di esecuzione a ciascun evento da elaborare



Conseguenze

▣ Affidabilità (verificabilità) e disponibilità

- ☹️ se le richieste devono essere elaborate da molti strati, la verifica del sistema può essere più difficile
- 😊 uno strato più alto può gestire guasti che si verificano negli strati inferiori
- 😊 è possibile introdurre degli strati intermedi per effettuare il monitoraggio del sistema



Conseguenze

▣ Sicurezza

- 😊 è possibile inserire strati per introdurre opportuni meccanismi di sicurezza

▣ Altre conseguenze

- 😊 possibilità di riusare strati
- ☹️ può aumentare gli sforzi iniziali e la complessità del sistema – ma questi sforzi sono poi di solito ripagati
- ☹️ può essere difficile stabilire la granularità/il numero/il livello di astrazione degli strati



- Discussione

- [POSA4] colloca Layers nella categoria “system evolution”
 - per sostenere la modificabilità, è basato sui principi di modularità e di separazione degli interessi
 - un progetto è *modulare* se è caratterizzato da accoppiamento basso e coesione alta
 - il principio di *separazione degli interessi* tende a separare interessi diversi in elementi differenti



- Usi conosciuti

- Il pattern Layers è applicato in modo pervasivo
 - ad es., nei sistemi informativi e nei sistemi basati su macchine virtuali
 - nell'architettura client-server, a due o più livelli
 - nell'architettura ANSI a tre livelli dei DBMS (esterno, logico, interno)
 - che sostiene l'indipendenza dei livelli
 - nell'architettura a componenti e nell'architettura orientata ai servizi
 - nell'architettura del cloud
 - ...



- Sull'applicazione di Layers

- Il pattern Layers può essere applicato
 - come decomposizione di primo livello, per la strutturazione di un intero sistema
 - come decomposizione di secondo livello, per un componente o un sotto-sistema – infatti è comune organizzare a strati il codice dei singoli componenti architetturali

35

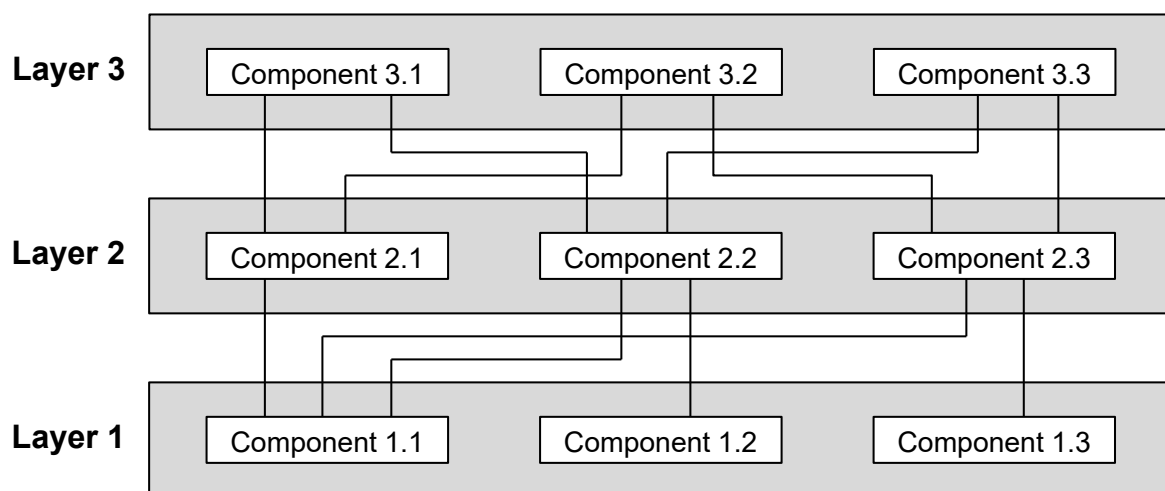
Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



Sull'applicazione di Layers

- Gli strati possono anche essere strutturati internamente



36

Pattern architetturale Layers

Luca Cabibbo ASW



* Discussione

- Layers è un pattern architetturale fondamentale, che viene usato nell'organizzazione di molti sistemi software
 - Layers, come gli altri pattern architetturali
 - identifica alcuni tipi specifici di elementi e di possibili modalità di interazione tra questi elementi
 - descrive criteri per effettuare la decomposizione sulla base di questi tipi di elementi e delle possibili relazioni tra essi
 - il criterio specifico di identificazione degli elementi/ componenti può far riferimento a qualche modalità di modellazione del dominio del sistema
 - discute la possibilità di raggiungere (o meno) alcuni attributi di qualità