



Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Pattern architetturale Pipes and Filters

dispensa asw340
ottobre 2024

*Sam had a strange feeling
as the slow gurgling stream slipped by:
his old life lay behind in the mists,
dark adventure lay in front.*

J.R.R. Tolkien



- Riferimenti

- Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
 - Capitolo 18, **Pattern architetturale Pipes and Filters**
- [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.



- Obiettivi e argomenti

▣ Obiettivi

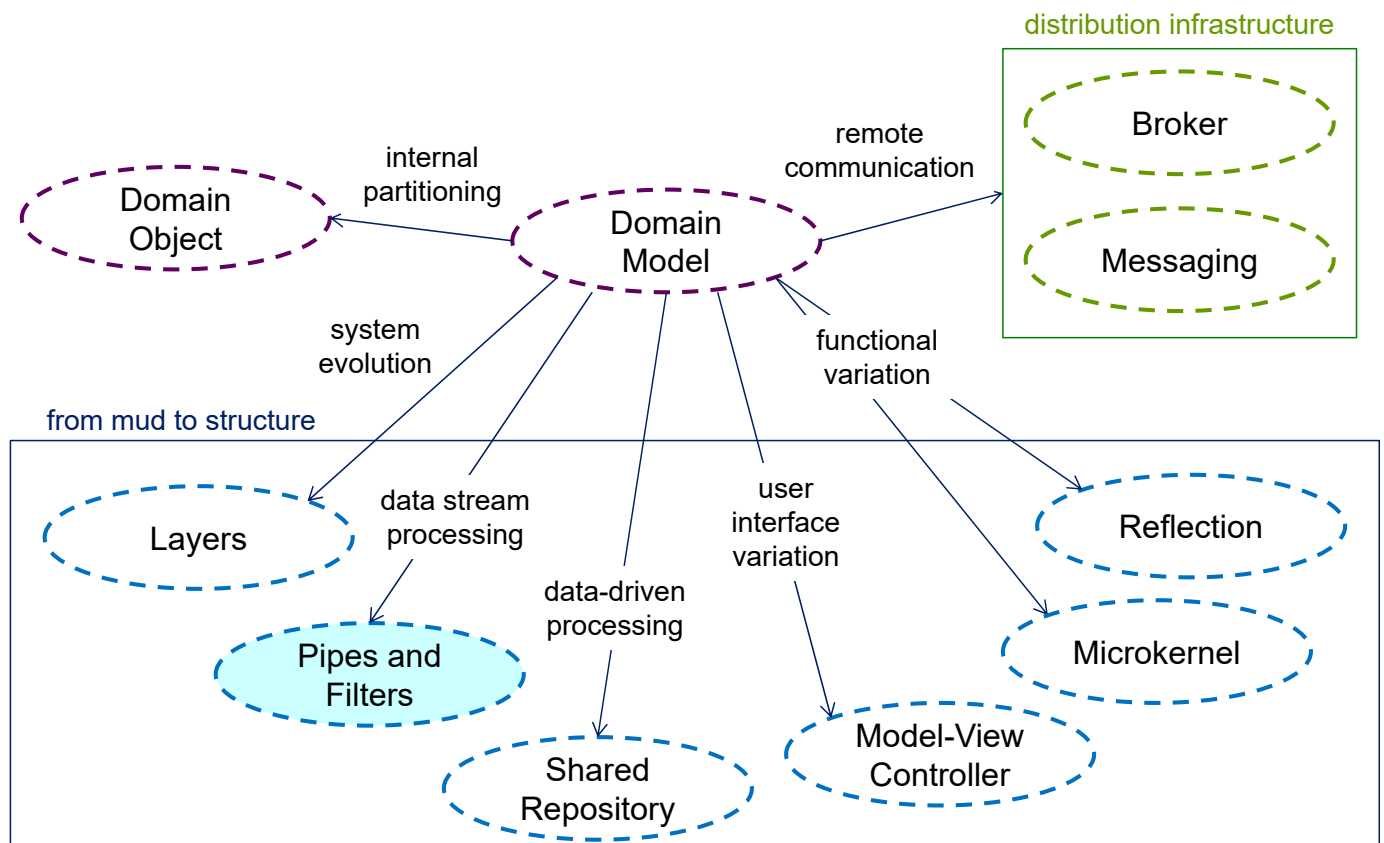
- ▣ presentare il pattern architetturale Pipes and Filters

▣ Argomenti

- ▣ Pipes and Filters (POSA)
- ▣ discussione



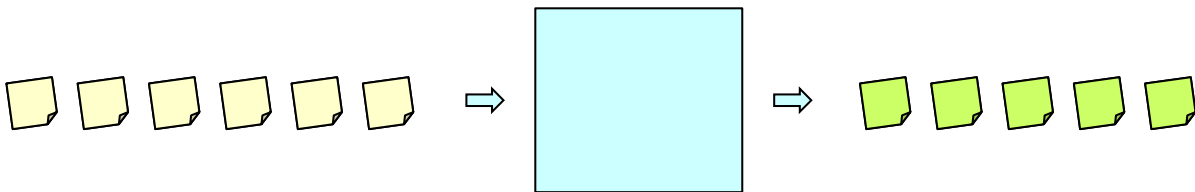
* Pipes and Filters [POSA]





Pipes and Filters

- Il pattern architetturale **Pipes and Filters** – chiamato anche *architettura a pipeline*
 - nella categoria “data stream processing” di [POSA4]
 - aiuta a strutturare sistemi (o componenti) che devono effettuare l’elaborazione di flussi di dati – ovvero, che devono trasformare un flusso di dati in ingresso in un flusso di dati in uscita



- elaborazioni di questo tipo sono molto comuni e rilevanti
- in corrispondenza, si parla di applicazioni guidate da flussi di dati (data-flow-driven application)

5

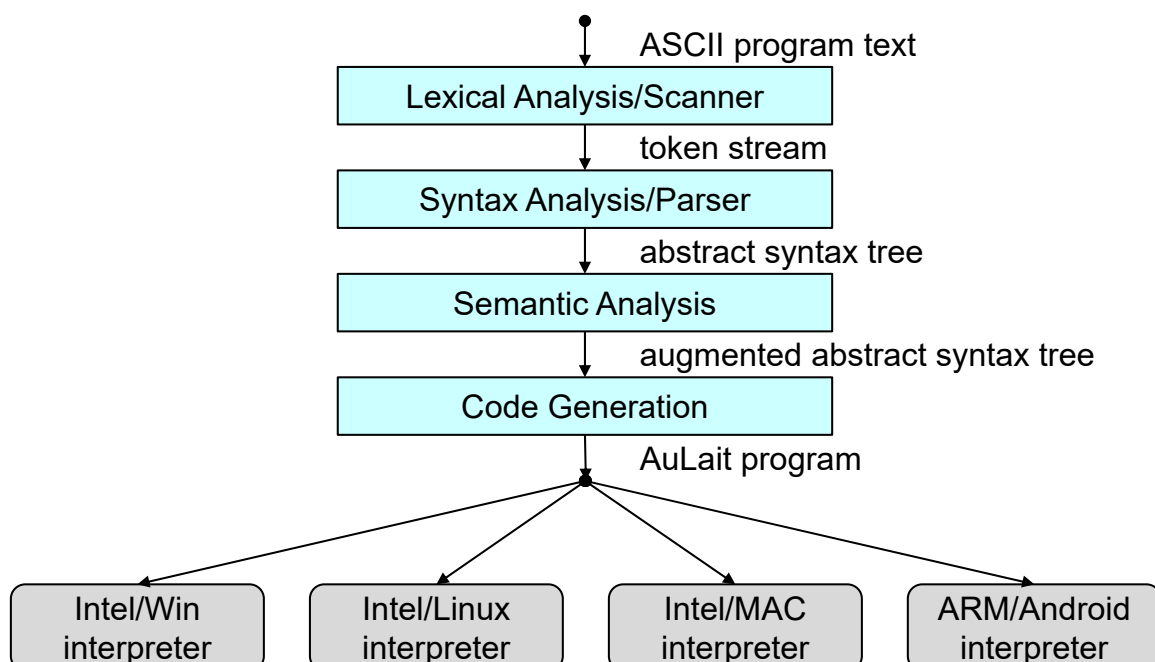
Pattern architetturale Pipes and Filters

Luca Cabibbo ASW



Esempio

- Un compilatore portabile per un nuovo linguaggio di programmazione (Mocha) – basato su un linguaggio intermedio (AuLait)



6

Pattern architetturale Pipes and Filters

Luca Cabibbo ASW



Pipes and Filters

□ Contesto

- un sistema (o componente) deve elaborare flussi di dati

□ Problema

- l'applicazione deve elaborare flussi di dati – per effettuare una trasformazione da un flusso di dati d'ingresso a un flusso di dati in uscita
- una decomposizione basata su meccanismi di tipo richiesta-risposta non è adeguata
- la trasformazione può essere specificata come una sequenza di passi di elaborazione – per essere effettuata in modo incrementale
- va sostenuta la modificabilità della trasformazione
- vanno evitate penalizzazioni nelle prestazioni



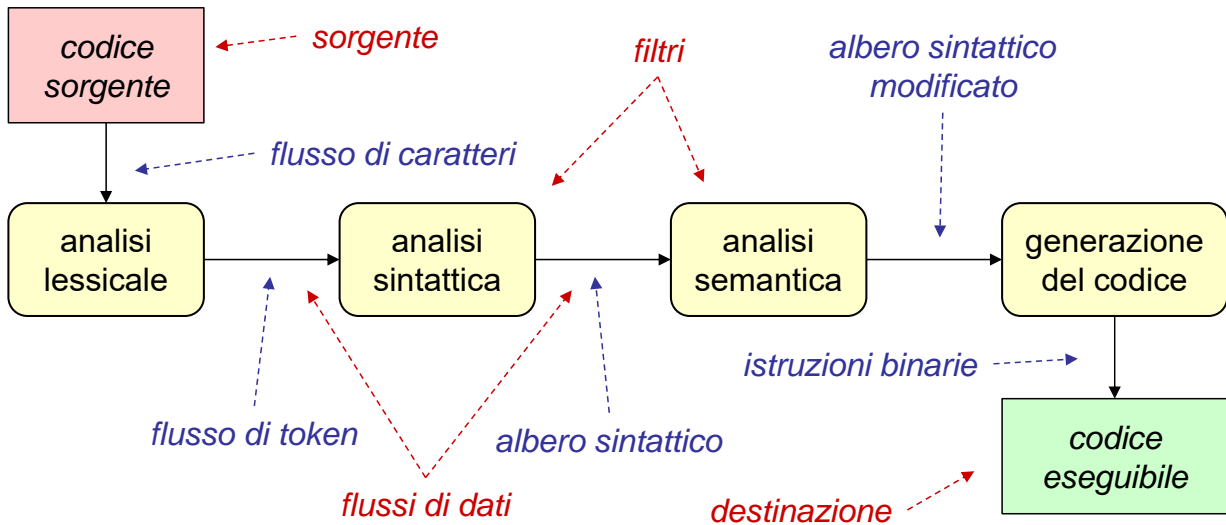
Pipes and Filters

□ Soluzione

- suddividi la trasformazione in una sequenza di passi di elaborazione dei dati auto-contenuti
- implementa ciascun passo di elaborazione con un “filtro”
 - un *filtro* (*filter*) è un componente che effettua un'elaborazione (di solito semplice) del proprio flusso di dati – un nome migliore è “processor”
 - ha obiettivo di operare una trasformazione (parziale e incrementale) del flusso di dati complessivo
- definisci la trasformazione complessiva collegando i filtri, in sequenza, in una *pipeline* di elaborazione dei dati
- nella pipeline, collega i filtri successivi mediante delle “pipe”
 - una *pipe* è un connettore che è un buffer di dati intermedio che collega una coppia di filtri

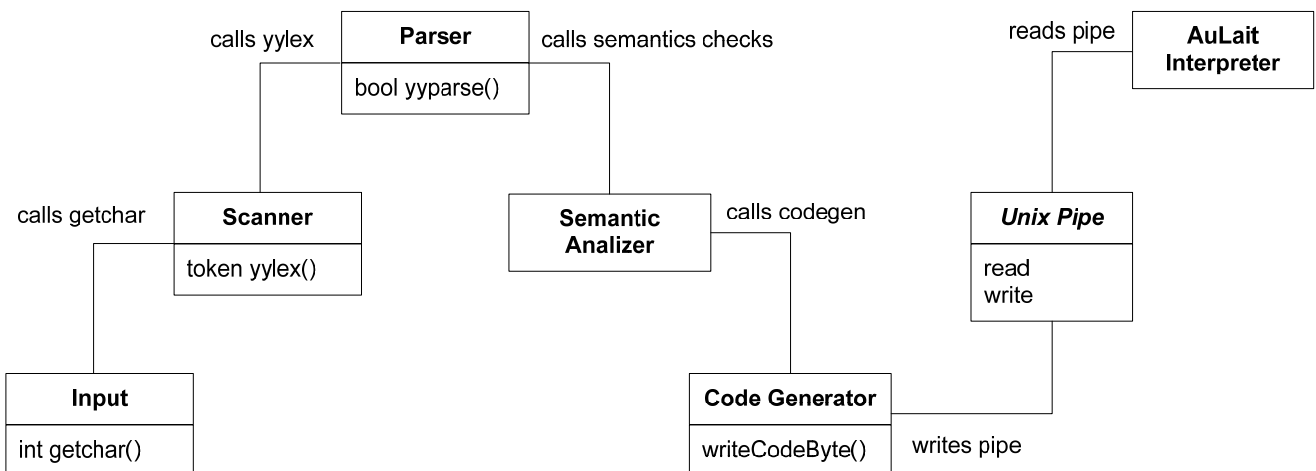


Esempio



Esempio

- Il compilatore può essere realizzato utilizzando
 - alcuni filtri standard – come **lex** e **yacc**
 - ulteriori filtri specifici – ad es., per la generazione del codice
 - le pipe di Unix





Scenari

- Sono possibili diverse realizzazioni (scenari) di Pipes and Filters
 - il flusso dei dati va sempre nella stessa direzione, dalla sorgente verso la destinazione
 - tuttavia, la gestione del controllo cambia da scenario a scenario
 - in alcuni scenari (1,2,3), c'è un solo elemento attivo
 - nello scenario (4) ci sono più filtri/elementi attivi – in processi e/o thread diversi

11

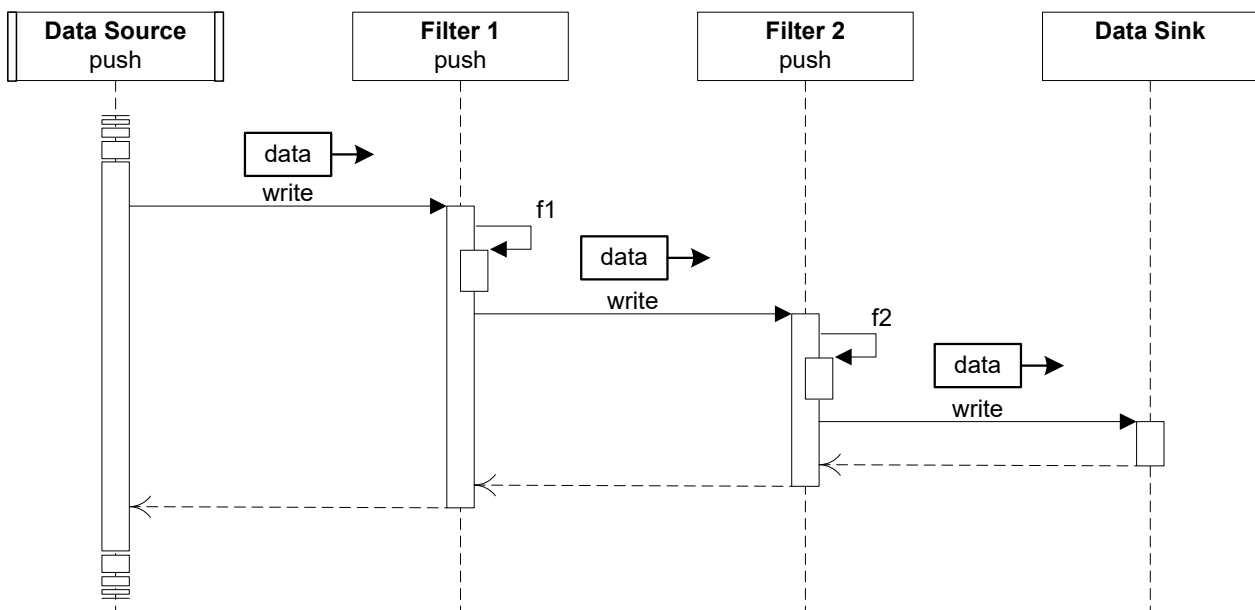
Pattern architetturale Pipes and Filters

Luca Cabibbo ASW



Scenario 1

- *Pipeline di tipo push*



12

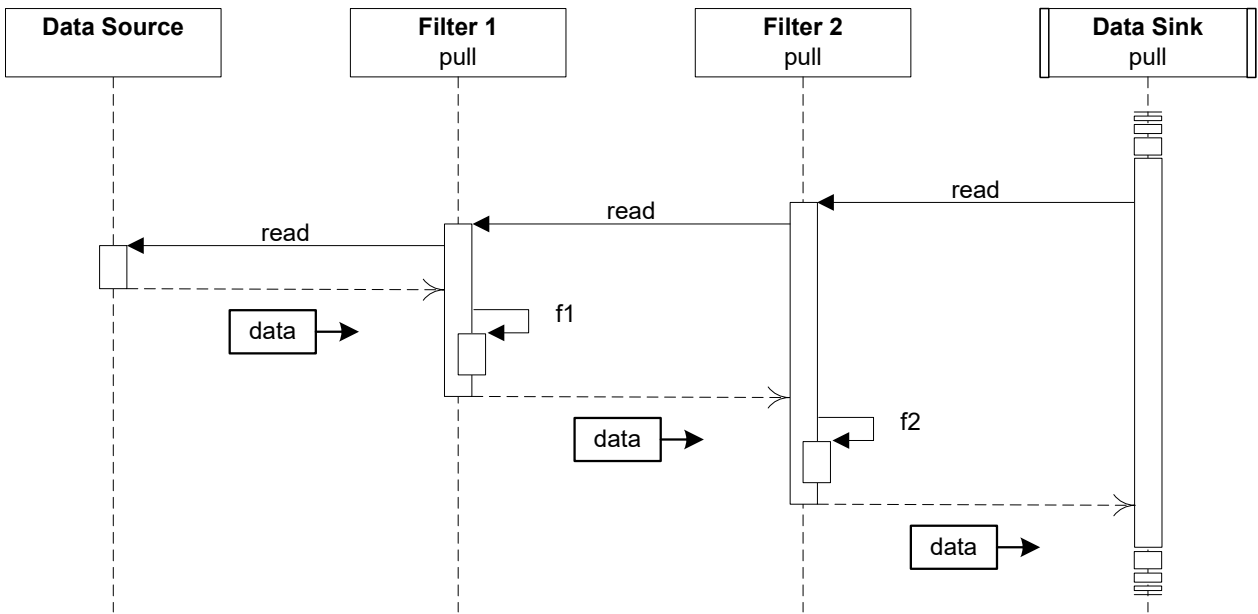
Pattern architetturale Pipes and Filters

Luca Cabibbo ASW



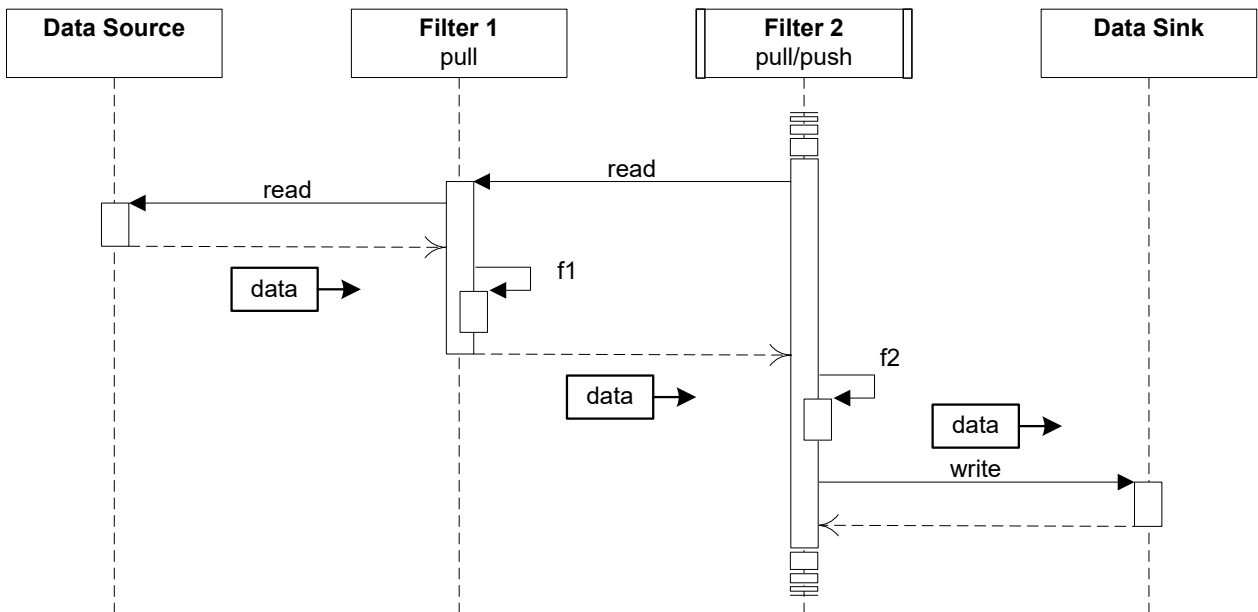
Scenario 2

▣ Pipeline di tipo pull



Scenario 3

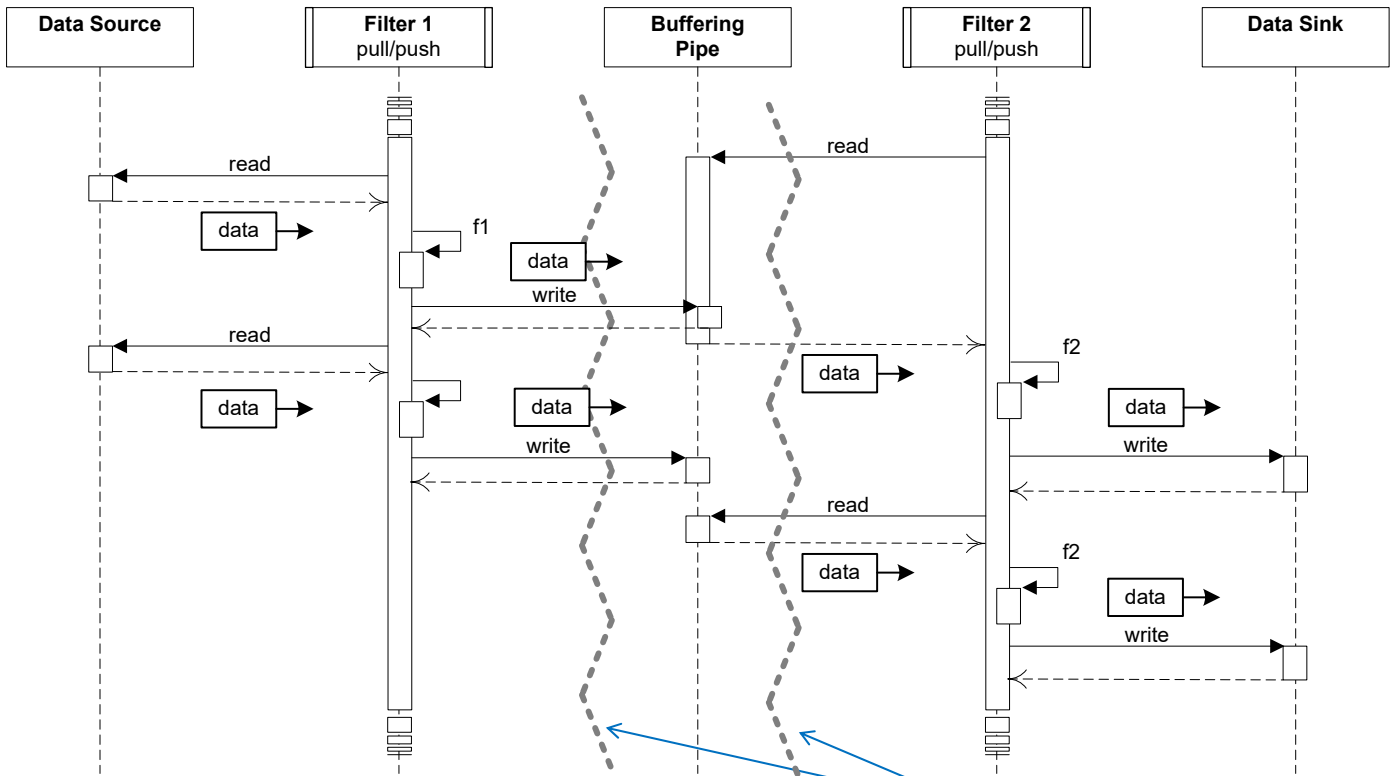
▣ Una pipeline mista pull-push





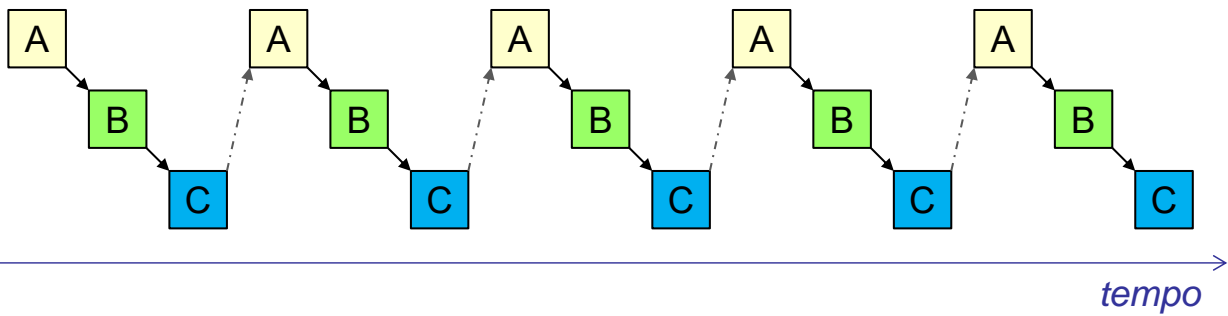
Scenario 4

Una pipeline con filtri attivi

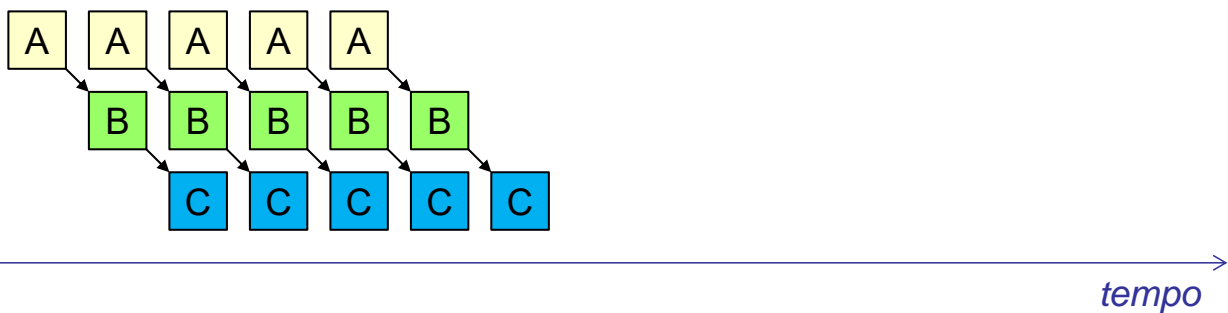


Confronto tra scenari

pipeline di tipo push



pipeline con più filtri attivi





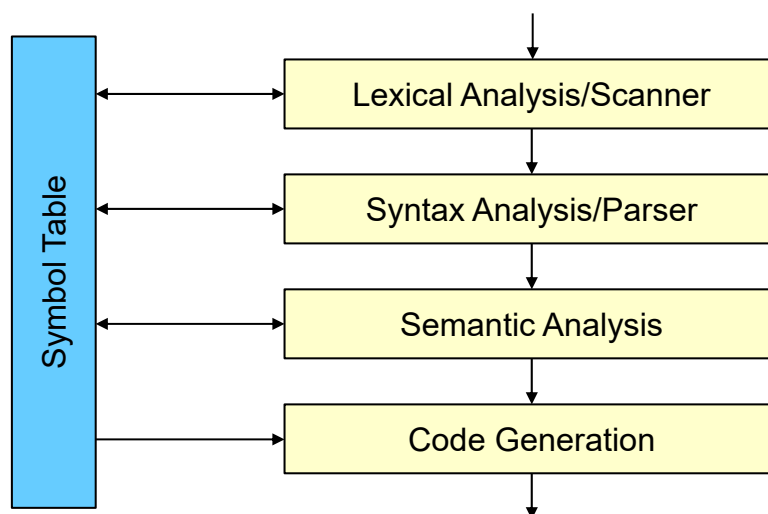
Pipes and Filters – Applicazione

- ❑ Suddividi il compito da svolgere in un gruppo di passi di elaborazione
- ❑ Definisci il formato dei dati scambiati dai filtri
- ❑ Decidi come implementare le connessioni pipe
 - quali filtri sono attivi?
 - come sono attivati i filtri passivi?
 - come sono implementate le pipe?
- ❑ Progetta e implementa i filtri
- ❑ Progetta per la gestione degli errori
- ❑ Metti in piedi la pipeline di elaborazione



Esempio

- ❑ Il compilatore può essere basato su Pipes and Filters – ma viene utilizzata anche una tavola dei simboli condivisa





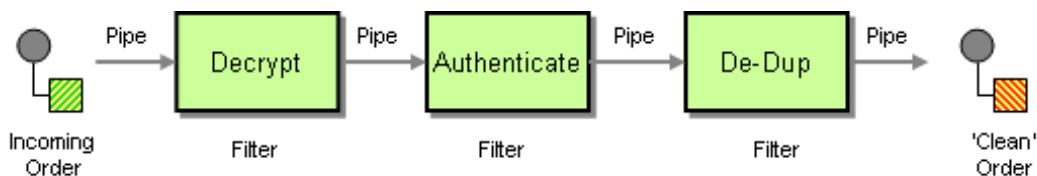
Esempio

- Il pattern Pipes and Filters è usato nello scripting in Unix
 - ad esempio
 - `cat document.txt | tr -cs A-Za-z '\n' | tr A-Z a-z | \sort | uniq -c | sort -rn | sed 10q`
 - determina le 10 parole più frequenti di un file di testo, e visualizza un elenco ordinato di queste parole insieme alla loro frequenza



Esempio

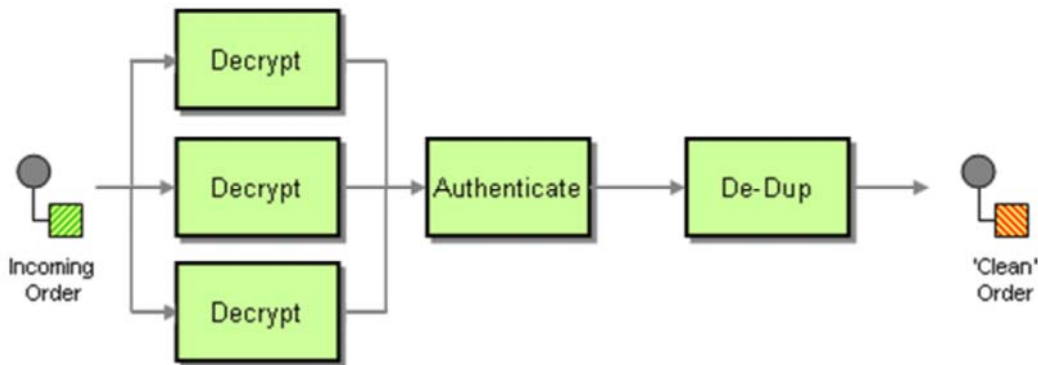
- Un sistema riceve ordini sotto forma di messaggi
 - gli ordini sono cifrati e contengono un certificato che garantisce l'identità del cliente
 - è possibile che alcuni messaggi arrivino ripetuti
- Si supponga di voler trasformare questo flusso di messaggi in
 - un flusso di ordini "in chiaro", senza informazioni ridondanti e senza duplicati





Esempio (cont.)

- Si supponga inoltre che l'operazione di decifratura sia molto più lenta di quella di autenticazione
 - vogliamo evitare una penalizzazione delle prestazioni



- Discussione

- Pipes and Filters suggerisce una decomposizione dell'elaborazione in passi di elaborazione distinti – implementati da **filtri** (collegati in una **pipeline**)
 - sostiene un approccio di elaborazione incrementale – ogni filtro esegue solo una parte dell'elaborazione
 - i filtri possono evolvere in modo indipendente
 - i filtri possono operare in modo concorrente
 - talvolta è possibile replicare filtri



Discussione

- In Pipes and Filters anche le **pipe** svolgono un ruolo importante
 - sono connettori – per la comunicazione, il coordinamento e la sincronizzazione tra filtri
 - sostengono un accoppiamento debole tra filtri
 - sono possibili diverse implementazioni – ad es., come code oppure come canali per messaggi



Discussione

- L'applicazione di Pipes and Filters può essere guidata da una modellazione del dominio di tipo data-flow – in termini di flussi di dati e di attività
 - ciascun filtro è un Domain Object che rappresenta un'attività o un compito nel dominio
 - ciascuna pipe implementa un flusso di dati tra filtri
 - una pipe potrebbe essere un Domain Object che rappresenta una movimentazione di dati o una politica di buffering



- Conseguenze

▣ Modificabilità

- 😊 sostiene la modificabilità della trasformazione – nella misura in cui la nuova trasformazione può essere realizzata come “ridefinizione” della pipeline
- 😊 la flessibilità è basata su
 - la possibilità di aggiungere/sostituire/rimuovere filtri – da una libreria di filtri preesistenti – oppure di definire nuovi filtri o di modificare filtri esistenti
 - la presenza e l’uso di pipe
 - la possibilità di riorganizzare la pipeline in diversi momenti della vita del sistema
- ☹ non sempre la modificabilità è alta



Conseguenze

▣ Prestazioni

- 😊 i filtri sono buone unità di concorrenza
- 😊 è possibile replicare filtri
- 😊 potrebbe non essere necessario usare file per i risultati intermedi
- 😊 le necessità di sincronizzazione tra filtri sono limitate
- ☹ c’è un overhead dovuto al trasferimento continuo dei dati tra i filtri – nonché ai cambiamenti di contesto e del formato dei dati
- 😐 il guadagno di efficienza potrebbe essere solo un’illusione



Conseguenze

▣ Affidabilità

- ☹️ difficile fare considerazioni generali
- ☹️ se i dati devono essere elaborati da molti filtri, la verifica è più difficile
- 😊 può essere facile verificare ogni filtro in isolamento
- 😊 l'affidabilità può essere sostenuta da un'opportuna infrastruttura di esecuzione



Conseguenze

▣ Sicurezza

- 😊 i sistemi basati su Pipes and Filters e i suoi componenti hanno in genere un'interfaccia piccola e ben definita
- 😊 può essere semplice introdurre meccanismi di sicurezza sull'intero sistema o sui singoli componenti

▣ Altro

- 😊 possibilità di riusare componenti filtro
- ☹️ la condivisione di dati tra filtri è difficile
- ☹️ la gestione degli errori è difficoltosa
- ☹️ non è adatto a sistemi interattivi



- Usi conosciuti

- Alcuni usi conosciuti del pattern Pipes and Filters
 - nello scripting in Unix
 - nel server web Apache, nell'elaborazione di richieste
 - in sistemi di calcolo scientifico
 - Pipes and Filters è alla base delle infrastrutture di messaging e dei sistemi di workflow – importanti nelle architetture a servizi



Variante: Tee and join pipeline system

- Il pattern architetturale *Tee and join pipeline system* è una variante di Pipes and Filters
 - i filtri possono avere più ingressi e/o più uscite
 - tee di Unix
 - l'elaborazione è un grafo diretto



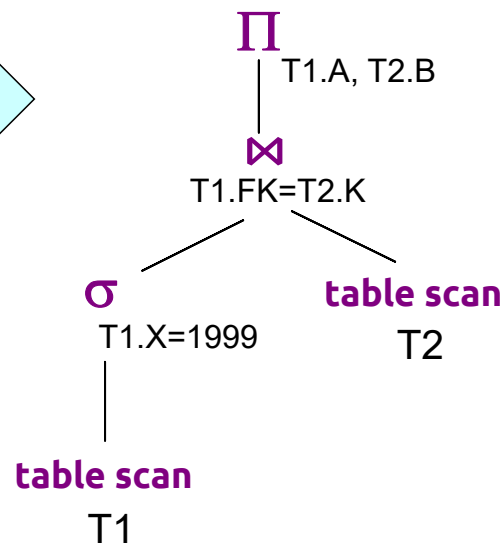
Esempio: esecuzione di query relazionali

SQL Query:

```
SELECT T1.A, T2.B
FROM T1, T2
WHERE T1.FK=T2.K
AND T1.X=1999;
```



Execution Plan:



31

Pattern architetturale Pipes and Filters

Luca Cabibbo ASW



Altri usi

- Pipes and Filters è utilizzato in numerosi modelli computazionali per l'elaborazione e l'analisi di dati provenienti da sorgenti di dati grandi e/o diversificate
 - alcuni esempi notevoli
 - MapReduce – a programming model for processing large data sets with a parallel, distributed algorithm on a cluster
 - Logstash – a server-side data processing pipeline that ingests data from a multitude of sources simultaneously, transforms it, and then sends it to your favorite repository
 - in questi sistemi, le elaborazioni da eseguire sono specificate mediante una sequenza di trasformazioni elementari
 - questi sistemi possono supportare prestazioni, scalabilità e affidabilità

32

Pattern architetturale Pipes and Filters

Luca Cabibbo ASW



* Discussione

- Pipes and Filters è un altro pattern architetturale fondamentale
 - guida la decomposizione di sistemi (o di componenti di sistemi) che devono elaborare flussi di dati
 - Pipes and Filters, 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