



Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Comunicazione asincrona: Kafka

dispensa asw840
ottobre 2024

*When you come out of the storm,
you won't be the same person
who walked in.
That's what this storm's all about.*
Haruki Murakami

1

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



- Riferimenti

- ❑ Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efesto, 2021.
 - Capitolo 25, **Comunicazione asincrona**
- ❑ Richardson, C. **Microservices Patterns: With examples in Java**. Manning, 2019.
 - Chapter 3, **Interprocess communication in a microservice architecture**
- ❑ Scott, D., Gamov, V., Klein, D. **Kafka in Action**, Manning, 2022.
- ❑ Apache Kafka: A distributed streaming platform
 - <https://kafka.apache.org/>
- ❑ Spring for Apache Kafka
 - <https://spring.io/projects/spring-kafka>

2

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



- Obiettivi e argomenti

□ Obiettivi

- presentare Kafka come esempio di message broker per la comunicazione asincrona

□ Argomenti

- introduzione a Kafka
- esempi
- discussione



* Introduzione a Kafka

□ **Apache Kafka** è una piattaforma distribuita per lo streaming

- Kafka fornisce tre capacità fondamentali
 - publish-subscribe su stream (flussi) di eventi – ovvero, è in grado di agire da message broker
 - memorizzazione di stream di eventi in modo duraturo e tollerante ai guasti
 - elaborazione di stream di eventi, mentre questi stream vengono prodotti
- qui siamo interessati alla capacità di Kafka di agire da message broker



Concetti fondamentali

- Alcuni concetti di Kafka
 - un *broker* è un server (un nodo) utilizzato per eseguire Kafka
 - un *cluster* è un insieme di broker Kafka
 - nel seguito, un cluster Kafka sarà chiamato semplicemente *Kafka*
 - un cluster consente di memorizzare e distribuire flussi di *eventi* (messaggi), organizzati in categorie chiamate *topic* (canali)
 - si noti la terminologia specifica di Kafka
 - messaggio → evento canale → topic
 - ogni *evento* consiste di una chiave, un valore e un timestamp
 - la chiave è opzionale, il timestamp è assegnato da Kafka
 - nota: gli eventi di Kafka (in precedenza chiamati record) sono messaggi, e il loro uso non va limitato alla notifica di “eventi di dominio”



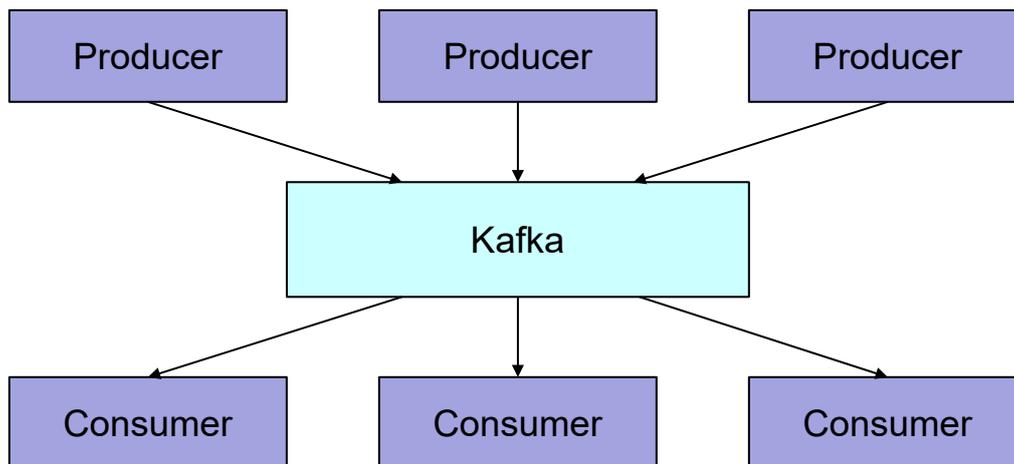
API fondamentali

- Tra le API fondamentali di Kafka, ce ne interessano due
 - *Producer API* – consente a un componente, servizio o applicazione (“produttore”) di pubblicare un flusso di eventi su uno o più topic
 - *Consumer API* – consente a un componente, servizio o applicazione (“consumatore”) di abbonarsi a uno o più topic e di ricevere i corrispondenti flussi di eventi



Produttori e consumatori

- Kafka, produttori e consumatori (e flussi di eventi)



- i produttori inviano flussi di eventi ai consumatori mediante l'indirizzione di Kafka, che agisce da message broker
- in effetti, ogni componente può agire sia da produttore che da consumatore di eventi

7

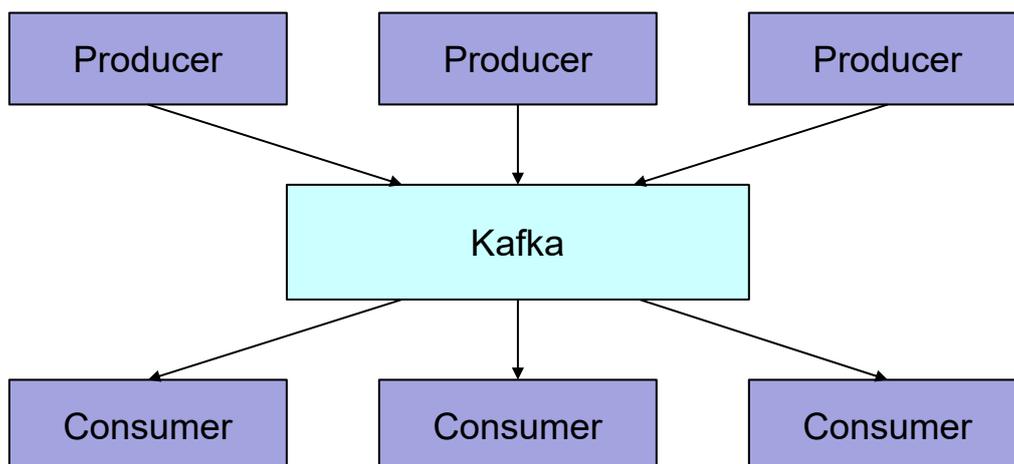
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Produttori e consumatori

- Kafka, produttori e consumatori (e flussi di eventi)



- i produttori e i consumatori agiscono come client nei confronti di Kafka
- la comunicazione tra Kafka e i suoi client avviene mediante un protocollo richiesta/risposta basato su TCP – con implementazioni per molti linguaggi di programmazione

8

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Topic

- Un *topic* è una categoria, identificata da un nome, utilizzata per pubblicare e ricevere eventi
 - su un topic possono pubblicare eventi molti produttori (zero, uno o più)
 - a un topic possono abbonarsi, per riceverne gli eventi, molti consumatori (zero, uno o più)



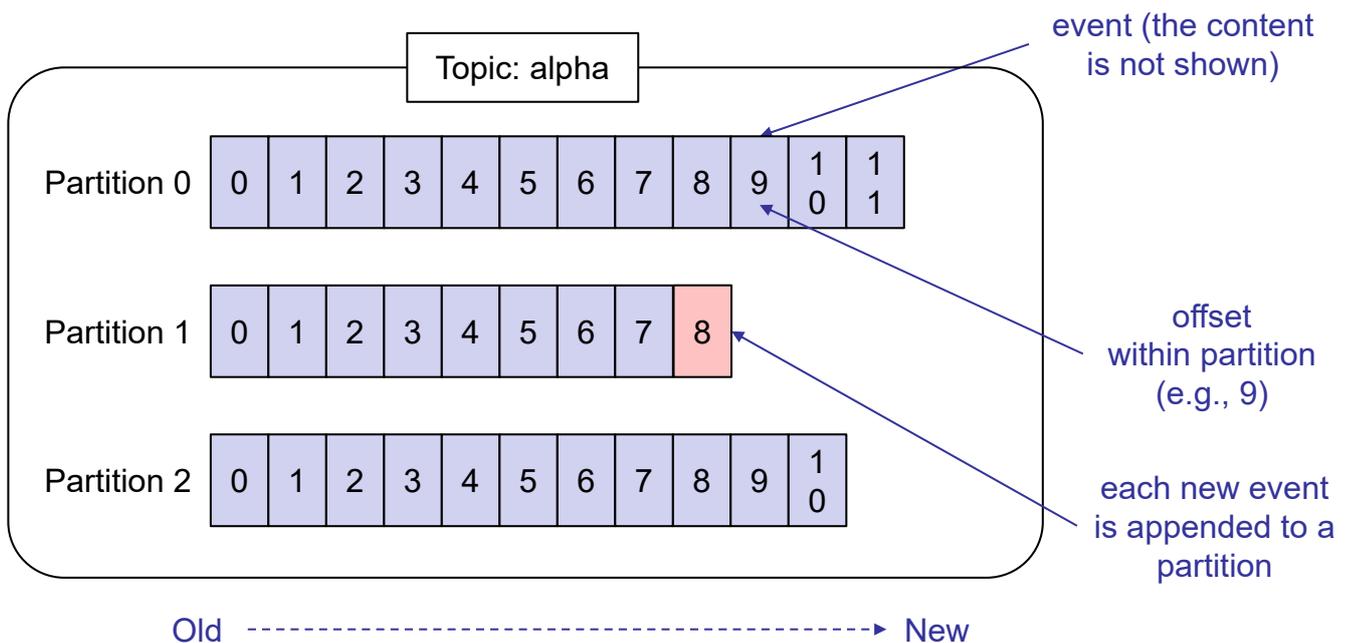
Partizioni

- Per ciascun topic, Kafka mantiene gli eventi pubblicati sul topic in modo partizionato
 - una *partizione* di un topic è una sequenza ordinata e immutabile di eventi
 - che memorizza un sottoinsieme disgiunto degli eventi del topic
 - a cui vengono dinamicamente appesi nuovi eventi
 - ogni evento di una partizione ha un id sequenziale, chiamato *offset*, che identifica l'evento nella partizione



Topic e partizioni

- Un topic, con le sue partizioni e i suoi eventi



- nota: gli eventi mostrati in questa figura sono tutti distinti tra loro – all'interno è mostrato l'offset dell'evento, non il suo contenuto



Creazione di topic e partizioni

- I topic devono essere in genere creati esplicitamente
 - con un nome, il numero di partizioni e il livello di replicazione (per replicare il topic e le sue partizioni sui diversi nodi del cluster)
 - è anche possibile la creazione automatica di topic (ma è poco sconsigliata)
 - un topic viene creato quando si accede a un topic, con un certo nome, che non esiste ancora
 - per default il topic viene creato con 1 partizione e livello di replicazione 1



Produttori

- Ogni produttore, durante la sua esistenza, può pubblicare molti eventi sui topic che vuole
 - ciascun evento pubblicato su un topic viene appeso a una sola delle partizioni del topic
 - la scelta della partizione a cui appendere il nuovo evento può essere configurata – ad esempio
 - per appenderli in modalità round-robin
 - utilizzando una qualche funzione di partizionamento semantico sulla chiave dell'evento
 - per appendere gli eventi in lotti (batch), per migliorare le prestazioni



Consumatori e gruppi

- Ogni consumatore (istanza di consumatore), per ricevere gli eventi di un topic, deve abbonarsi al topic
 - quando un consumatore si abbona a un topic, lo fa specificando il nome del suo *consumer group* (gruppo) – i gruppi vengono utilizzati da Kafka per la distribuzione degli eventi del topic ai consumatori abbonati al topic
 - Kafka distribuisce gli eventi del topic consegnando ciascun evento pubblicato sul topic a un consumatore (istanza di consumatore) per ciascuno dei gruppi
 - ogni evento di un topic viene dunque consegnato a molti consumatori – viene consegnato a tutti i gruppi, e precisamente a un solo consumatore per ciascun gruppo
 - nell'ambito di un gruppo, i diversi eventi di un topic vengono in genere consegnati a consumatori differenti di quel gruppo (e non tutti a uno stesso consumatore)



Consumatori, gruppi e partizioni

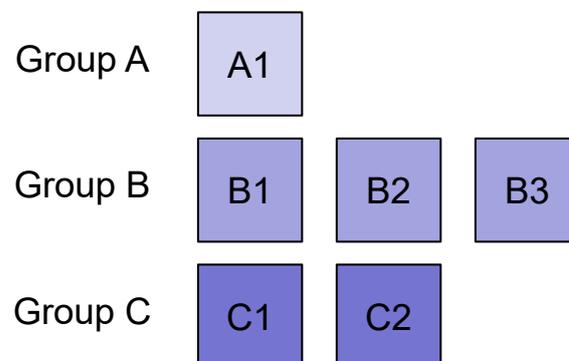
□ In pratica

- Kafka assegna (dinamicamente) zero, una o più partizioni del topic a ciascun consumatore (istanza di consumatore) attivo di un gruppo, e consegna tutti gli eventi di quelle partizioni a quel consumatore
- se (in un certo periodo di tempo), in un gruppo, il numero dei consumatori attivi nel gruppo è maggiore del numero delle partizioni del topic, allora (in quel periodo di tempo) alcuni consumatori di quel gruppo non riceveranno nessun messaggio dal topic



Consumatori e gruppi

- Kafka distribuisce gli eventi di un topic consegnando ciascun evento pubblicato sul topic a un solo consumatore (istanza di consumatore) per gruppo
 - consideriamo alcuni consumatori per un topic suddivisi su più gruppi



- il consumatore A1 riceverà tutti gli eventi del topic
- i consumatori B1, B2 e B3 riceveranno, ciascuno, una parte degli eventi del topic
- in modo simile, anche i consumatori C1 e C2



Consumatori e gruppi

- Kafka distribuisce gli eventi di un topic consegnando ciascun evento pubblicato sul topic a un solo consumatore (istanza di consumatore) per gruppo
 - se tutti i consumatori appartengono a un solo gruppo, il topic si comporta come un canale point-to-point
 - se tutti i consumatori appartengono a gruppi differenti, il topic si comporta come un canale publish-subscribe
 - sono possibili anche modalità di distribuzione diversificate degli eventi di un topic
 - dunque, il modello di Kafka generalizza i modelli per la distribuzione dei messaggi che vengono in genere utilizzati da altri message broker
 - ad es., i message broker basati su JMS offrono solo canali point-to-point e canali publish-subscribe



Ordine degli eventi

- Kafka offre le seguenti garanzie sull'ordinamento degli eventi pubblicati su un topic
 - gli eventi pubblicati da un produttore su un topic verranno appesi alle rispettive partizioni nell'ordine in cui sono stati pubblicati
 - un consumatore (istanza di consumatore) riceverà gli eventi da una partizione di un topic nell'ordine in cui sono memorizzati nella partizione



Ordine degli eventi

- Kafka offre le seguenti garanzie sull'ordinamento degli eventi pubblicati su un topic
 - pertanto, se c'è un solo topic, con una sola partizione, un solo produttore e un solo consumatore, gli eventi verranno ricevuti dal consumatore nell'ordine in cui sono stati pubblicati dal produttore
 - tuttavia, questo non è garantito se il topic è composto da più partizioni
 - d'altra parte, l'uso di una sola partizione per topic non consente, in pratica, di distribuire gli eventi tra i diversi consumatori abbonati al topic



* Esempi

- Vengono ora mostrati alcuni esempi di utilizzo di Kafka
 - installazione e configurazione di Kafka
 - un semplice esempio basato su un produttore e un consumatore – vengono anche discussi alcuni esperimenti relativi a questa configurazione
 - una semplice pipeline basata su un produttore, un filtro e un consumatore
 - l'utilizzo di Kafka con riferimento al servizio **restaurant-service** per la gestione di un insieme di ristoranti – nell'ambito di un'applicazione **efood** per la gestione di un servizio di ordinazione e spedizione a domicilio di pasti da ristoranti, su scala nazionale



- Installazione e configurazione di Kafka

- L'utilizzo di Kafka richiede, in genere, la definizione di un cluster, con uno o più nodi – nel cluster deve essere installato Kafka e, di solito, anche ZooKeeper (usato per il coordinamento dei nodi Kafka)
 - un modo semplice di utilizzare Kafka, soprattutto durante lo sviluppo, è di mandarlo in esecuzione con Docker (Docker Compose) – di cui parleremo più avanti nel corso



Installazione e configurazione di Kafka

- Il file docker-compose.yml (semplificato) per Kafka

```
version: '3'

services:
  kafka:
    image: docker.io/bitnami/kafka:3.8
    ports:
      - "9092:9092"
    volumes:
      - "kafka_data:/bitnami"
    environment:
      - KAFKA_CFG_NODE_ID=0
      - KAFKA_CFG_PROCESS_ROLES=controller,broker
      - KAFKA_CFG_CONTROLLER_QUORUM_VOTERS=0@kafka:9093
      - KAFKA_CFG_LISTENERS=PLAINTEXT://:9092,CONTROLLER://:9093
      - ...

volumes:
  kafka_data:
    driver: local
```

la porta su cui ascolta Kafka



Installazione e configurazione di Kafka

- ❑ Script per creare i topic **asw-alpha**, **asw-beta** e **asw-gamma**
 - ciascuno con 4 partizioni e con replicazione 1

```
#!/bin/bash
KAFKA_DOCKER=...trova il container in cui è in esecuzione Kafka...
docker exec -it $KAFKA_DOCKER \
    kafka-topics.sh --bootstrap-server localhost:9092 \
    --create --topic asw-alpha --replication-factor 1 --partitions 4
docker exec -it $KAFKA_DOCKER \
    kafka-topics.sh --bootstrap-server localhost:9092 \
    --create --topic asw-beta --replication-factor 1 --partitions 4
docker exec -it $KAFKA_DOCKER \
    kafka-topics.sh --bootstrap-server localhost:9092 \
    --create --topic asw-gamma --replication-factor 1 --partitions 4
```



Installazione e configurazione di Kafka

- ❑ Script per elencare i topic esistenti

```
#!/bin/bash
KAFKA_DOCKER=...trova il container in cui è in esecuzione Kafka...
docker exec -it $KAFKA_DOCKER \
    kafka-topics.sh --bootstrap-server localhost:9092 \
    --list
```



- Un produttore e un consumatore

- Consideriamo ora un semplice esempio, con un produttore e un consumatore, che si scambiano messaggi testuali su un topic (**asw-alpha**)
 - realizziamo il produttore come un'applicazione Spring Boot, il cui package di base è **asw.simpleproducer**
 - realizziamo anche il consumatore come un'altra applicazione Spring Boot, il cui package di base è **asw.simpleconsumer**
 - utilizziamo il progetto *Spring for Apache Kafka*, che semplifica l'accesso a Kafka, mediante l'uso di template
 - va utilizzata la dipendenza starter **org.springframework.kafka:spring-kafka**



Produttore

- Il produttore definisce un semplice servizio per la pubblicazione di messaggi testuali

```
package asw.simpleproducer.domain;

import org.springframework.stereotype.Service;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired

@Service
public class SimpleProducerService {

    @Autowired
    private SimpleMessagePublisherPort simpleMessagePublisher;

    public void publish(String message) {
        simpleMessagePublisher.publish(message);
    }
}
```



Produttore

- ❑ Ecco una porzione di esempio del produttore “finale”
 - è qui che va definita la logica di business del produttore

```
package asw.simpleproducer.domain;

import ...;

@Component
public class SimpleProducerRunner implements CommandLineRunner {

    @Autowired
    private SimpleProducerService simpleProducerService;

    public void run(String[] args) {

        String message = ... produce un messaggio message ...
        simpleProducerService.publish(message);

    }

}
```

Qui va definita la logica di business del produttore.



Produttore

- ❑ Per consentire l'invio di messaggi è necessaria una outbound port
 - ecco l'interfaccia per la porta

```
package asw.simpleproducer.domain;

public interface SimpleMessagePublisherPort {

    public void publish(String message);

}
```



Produttore

- Per consentire l'invio di messaggi tramite Kafka è necessario un outbound adapter (`messagepublisher.kafka`) per Kafka
 - ecco la sua implementazione

```
package asw.simpleproducer.messagepublisher.kafka;
import asw.simpleproducer.domain.SimpleMessagePublisherPort;
import org.springframework.kafka.core.KafkaTemplate;
import ...
@Component
public class SimpleMessageKafkaPublisher
    implements SimpleMessagePublisherPort {
    ... vedi dopo ...
}
```

in **rosso** indichiamo
il codice relativo a
Kafka



Produttore

- Per consentire l'invio di messaggi tramite Kafka è necessario un outbound adapter (`messagepublisher.kafka`) per Kafka

- ecco la sua implementazione

```
@Value("${asw.kafka.channel.out}")
private String channel;

@Autowired
private KafkaTemplate<String, String> template;

public void publish(String message) {
    template.send(channel, message);
}
```

application.properties
asw.kafka.channel.out=asw-alpha

- **KafkaTemplate** è il template Spring per la pubblicazione di messaggi con Kafka
 - i due parametri indicano il tipo della chiave e del valore degli eventi (messaggi)
- **channel** è il nome del canale (topic) su cui inviare messaggi



Produttore

□ Un'occhiata al file `application.properties`

```
# NON ESEGUIRE COME APPLICAZIONE WEB
spring.main.web-application-type=NONE

# MESSAGING
asw.kafka.channel.out=asw-alpha
asw.kafka.groupid=simple-producer

# KAFKA
spring.kafka.bootstrap.servers=localhost:9092

# KAFKA PRODUCER
spring.kafka.producer.key-serializer=
    org.apache.kafka.common.serialization.StringSerializer
spring.kafka.producer.value-serializer=
    org.springframework.kafka.support.serializer.JsonSerializer
```

nome del canale su cui inviare messaggi

nome del gruppo del componente
(irrelevante in questo caso)

indirizzo IP e porta su cui accedere a Kafka
(in questo caso, localhost)



Produttore

□ Architettura esagonale del produttore





Consumatore

- Il consumatore definisce un semplice servizio per la ricezione e l'elaborazione di messaggi testuali
 - è qui che va definita la logica di business del consumatore – il metodo `onMessage` deve specificare che cosa fare quando viene ricevuto un messaggio

```
package asw.simpleconsumer.domain;
import org.springframework.stereotype.Service;
@Service
public class SimpleConsumerService {
    public void onMessage(String message) {
        ... fa qualcosa con message ...
    }
}
```

Qui va definita la logica di business del consumatore.



Consumatore

- Per consentire la ricezione di messaggi tramite Kafka è necessario un inbound adapter (`messagelistener.kafka`) per Kafka
 - ecco la sua implementazione

```
package asw.simpleconsumer.messageListener.kafka;
import asw.simpleconsumer.domain.SimpleConsumerService;
import org.springframework.kafka.annotation.KafkaListener;
import org.apache.kafka.clients.consumer.ConsumerRecord;
import ...
@Component
public class SimpleMessageKafkaListener {
    ... vedi dopo ...
}
```



Consumatore

- Per consentire la ricezione di messaggi tramite Kafka è necessario un inbound adapter (**messagelister.kafka**) per Kafka

```
@Value("${asw.kafka.channel.in}")
private String channel;
@Value("${asw.kafka.groupid}")
private String groupId;
```

```
# application.properties
asw.kafka.channel.in=asw-alpha
asw.kafka.groupid=simple-consumer
```

```
@Autowired
private SimpleConsumerService simpleConsumerService;

@KafkaListener(topics="${asw.kafka.channel.in}",
               groupId="${asw.kafka.groupid}")
public void listen(ConsumerRecord<String, String> record)
    throws Exception {
    String message = record.value();
    simpleConsumerService.onMessage(message);
}
```

- si noti l'invocazione del metodo che definisce la logica di business del consumatore

35

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Consumatore

- Per consentire la ricezione di messaggi tramite Kafka è necessario un inbound adapter (**messagelister.kafka**) per Kafka

- l'annotazione **@KafkaListener**, gestita dal framework Spring, svolge quasi tutto il lavoro
 - all'avvio dell'applicazione, Spring richiede a Kafka di abbonare questo consumatore (istanza di consumatore) ai topic elencati (in questo caso, al solo topic **asw-alpha**) usando il gruppo specificato (qui, **simple-consumer**) – in corrispondenza, Kafka gli assegna (dinamicamente) zero, una o più partizioni del topic **asw-alpha**
 - per ogni messaggio pubblicato su una di queste partizioni del topic **asw-alpha**, Kafka (tramite Spring) consegna il messaggio a questo consumatore (istanza di consumatore), invocando proprio il metodo **listen** annotato con **@KafkaListener** (consumo in modalità "subscription")
 - notare il tipo di chiave e valore degli eventi (messaggi)

36

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Consumatore

- Per consentire la ricezione di messaggi tramite Kafka è necessario un inbound adapter (`messagelistener.kafka`) per Kafka
 - l'annotazione `@KafkaListener`, gestita dal framework Spring, svolge quasi tutto il lavoro
 - l'assegnazione delle partizioni di un topic ai consumatori abbonati al topic avviene in modo dinamico – ma che vuol dire “dinamicamente”? ecco un esempio
 - avvio un primo consumatore di un gruppo – gli vengono assegnate tutte le partizioni del topic
 - avvio un secondo consumatore dello stesso gruppo – gli vengono assegnate (circa) metà delle partizioni, che vengono sottratte al primo
 - un consumatore del gruppo viene arrestato – le sue partizioni vengono riassegnate agli altri consumatori del gruppo



Il metodo `listen()` e `@KafkaListener`

- Un aspetto cruciale del consumo dei messaggi è l'invocazione del metodo `listen()`? Chi lo invoca? Quando?
 - si consideri
 - un topic T (con più partizioni)
 - un produttore P per T
 - due consumatori C1 e C2 (potrebbero essere due istanze di una stessa classe) per T che
 - tramite `@KafkaListener` hanno entrambi dichiarato di essere consumatori per T e di appartenere a uno stesso gruppo G
 - che succede quando P invia un messaggio M su T?



Il metodo `listen()` e `@KafkaListener`

- Un aspetto cruciale del consumo dei messaggi è l'invocazione del metodo `listen()`? Chi lo invoca? Quando?
 - che succede quando P invia un messaggio M su T?
 - in prima battuta, il messaggio M non viene ricevuto né da C1 né da C2
 - piuttosto, la pubblicazione del messaggio M su T viene preso in carico da Kafka
 - è Kafka che sa quali consumatori sono abbonati presso un certo topic – inoltre è sempre Kafka che decide a quale dei consumatori abbonati, per ciascun gruppo, (in questo caso, nel gruppo G, C1 oppure C2) consegnare il messaggio M
 - infine, è Kafka (tramite il framework Spring) che consegna il messaggio invocando il metodo annotato `@KafkaListener` – in questo caso, `listen()` – delle istanze di consumatori (una per gruppo) che sono state selezionate per il messaggio

39

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Consumatore

- Un'occhiata al file `application.properties`

```
# NON ESEGUIRE COME APPLICAZIONE WEB
spring.main.web-application-type=NONE

# MESSAGING
asw.kafka.channel.in=asw-alpha
asw.kafka.groupid=simple-consumer

# KAFKA
spring.kafka.bootstrap-servers=localhost:9092

# KAFKA CONSUMER
spring.kafka.consumer.group-id=${asw.kafka.groupid}
# spring.kafka.consumer.auto-offset-reset=earliest
spring.kafka.consumer.auto-offset-reset=latest
spring.kafka.consumer.key-deserializer=
    org.apache.kafka.common.serialization.StringDeserializer
spring.kafka.consumer.value-deserializer=
    org.springframework.kafka.support.serializer.JsonDeserializer
```

nome del canale da cui ricevere messaggi

nome del gruppo del componente

indirizzo IP e porta su cui accedere a Kafka
(in questo caso, localhost)

40

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



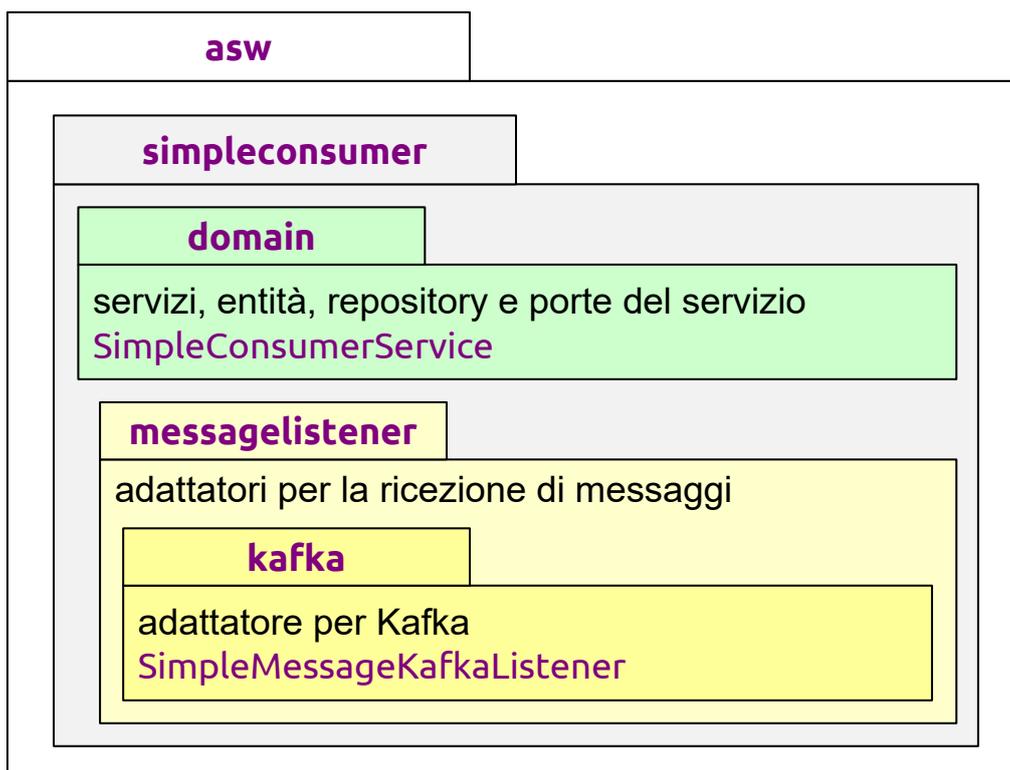
Consumatore

- Nel file `application.properties` si noti la proprietà `spring.kafka.consumer.auto-offset-reset`
 - questa proprietà consente di regolare gli aspetti temporali della consegna di messaggi a un gruppo di consumatori su un topic
 - il valore `latest` specifica che i consumatori di quel gruppo devono ricevere solo i messaggi pubblicati sul topic dal momento del loro abbonamento – escludendo quelli pubblicati prima dell’inizio dell’abbonamento
 - il valore `earliest` specifica invece che i consumatori di quel gruppo devono ricevere tutti i messaggi pubblicati sul topic – compresi quelli pubblicati in passato, anche prima del loro abbonamento



Consumatore

- Architettura esagonale del consumatore





Discussione

- Abbiamo mostrato come realizzare la comunicazione asincrona tra una coppia di servizi/applicazioni
 - nel produttore di messaggi va utilizzato una porta e un adattatore outbound (`messagepublisher.kafka`) per l'invio di messaggi
 - l'interfaccia per questa porta è definita nel dominio del servizio – l'invio di messaggi sarà richiesto probabilmente dai servizi o da altri oggetti del dominio
 - nel consumatore di messaggi va utilizzato un adattatore inbound (`messagelistener.kafka`) per la ricezione di messaggi
 - questo adattatore, alla ricezione di un messaggio, invocherà probabilmente qualche servizio del dominio
 - nell'esempio, non sono state esemplificate le logiche di business di produzione e di consumo dei messaggi – che costituiscono la “ragion d'essere” per la comunicazione asincrona – ma tuttavia ne sono stati mostrati i “segnaposti”

43

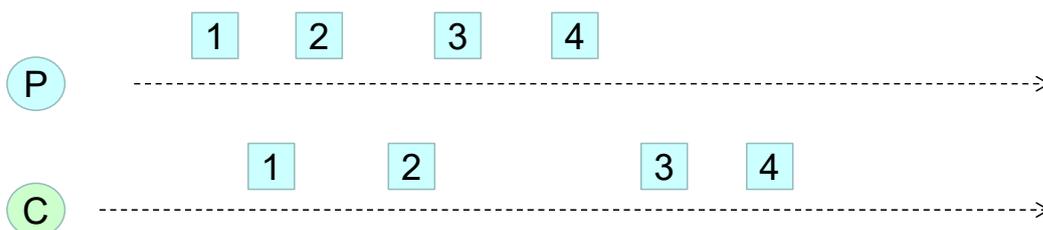
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



- Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (1 partizione), un produttore P per T, un gruppo G di consumatori per T, un consumatore C per T nel gruppo G
 - avvio C, poi avvio P che invia N messaggi
 - conseguenze
 - C riceve N messaggi (nell'ordine in cui sono stati inviati)



44

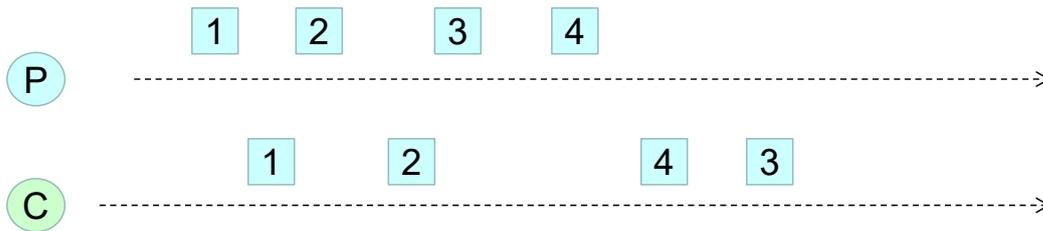
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



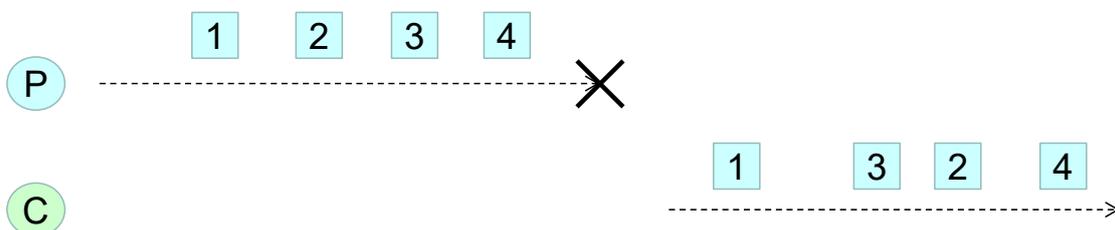
Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), un produttore P per T, un gruppo G di consumatori per T, un consumatore C per T nel gruppo G
 - avvio C, poi avvio P che invia N messaggi
 - conseguenze
 - C riceve N messaggi (ma non necessariamente nell'ordine in cui sono stati inviati)



Alcuni esperimenti con Kafka

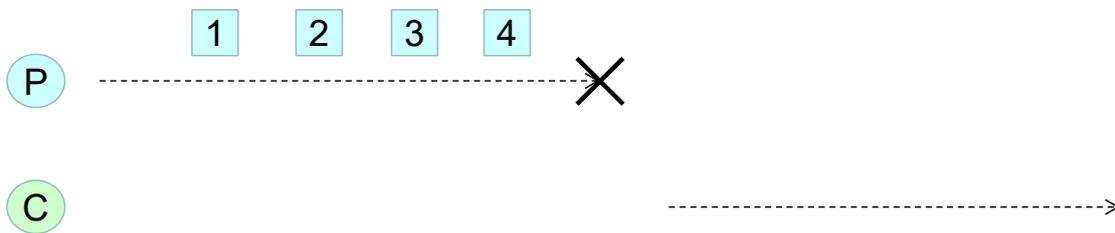
- Un topic T (più partizioni), un produttore P per T, un gruppo G di consumatori per T, un consumatore C per T nel gruppo G (consegna earliest)
 - C non è inizialmente attivo, avvio P che invia N messaggi e termina, e poi avvio C
 - conseguenze
 - C riceve N messaggi (non necessariamente nell'ordine in cui sono stati inviati)





Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), un produttore P per T, un gruppo G di consumatori per T, un consumatore C per T nel gruppo G (consegna latest)
 - C non è inizialmente attivo, avvio P che invia N messaggi e poi avvio C
 - conseguenze
 - C non riceve alcun messaggio



47

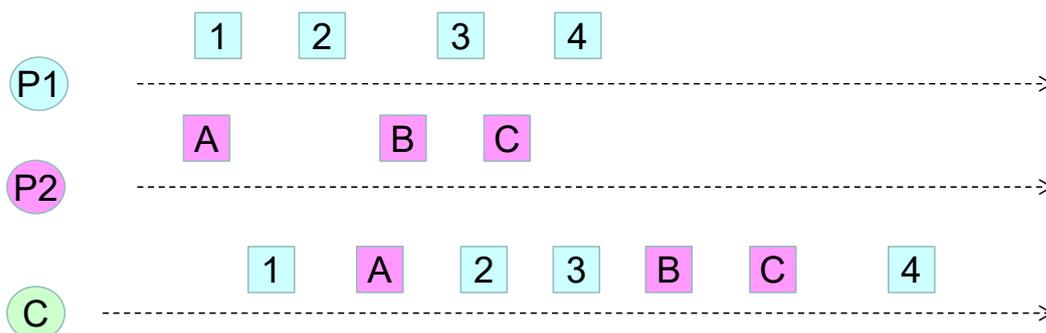
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), più produttori P1 e P2 per T, un gruppo G di consumatori per T, un consumatore C per T nel gruppo G
 - avvio C, poi avvio P1 e P2 che inviano N1 e N2 messaggi ciascuno
 - conseguenze
 - C riceve N1+N2 messaggi



48

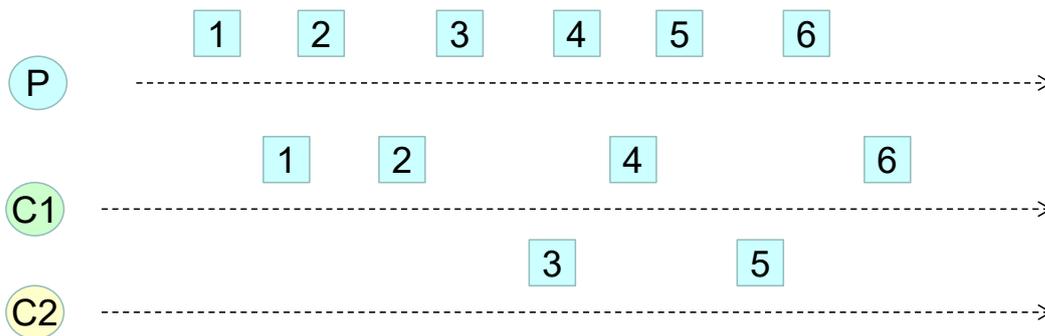
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



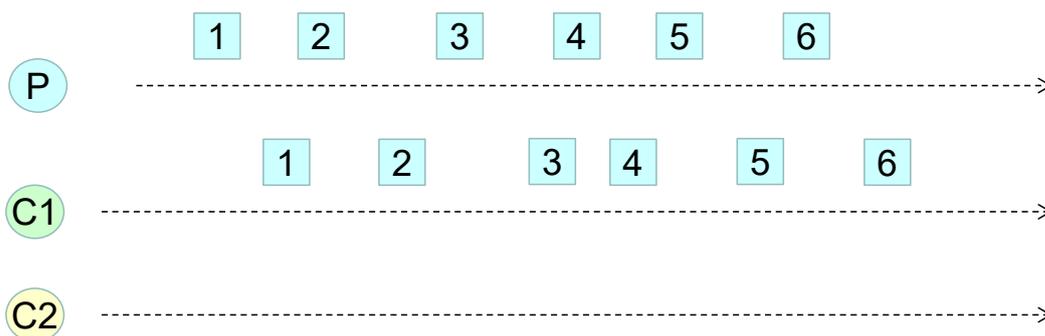
Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), un produttore P per T, un gruppo G di consumatori per T, più consumatori C1 e C2 per T nel gruppo G
 - avvio C1 e C2, poi avvio P che invia N messaggi
 - conseguenze
 - il consumatore C1 riceve X messaggi
 - l'altro consumatore C2 riceve gli altri N-X messaggi



Alcuni esperimenti con Kafka

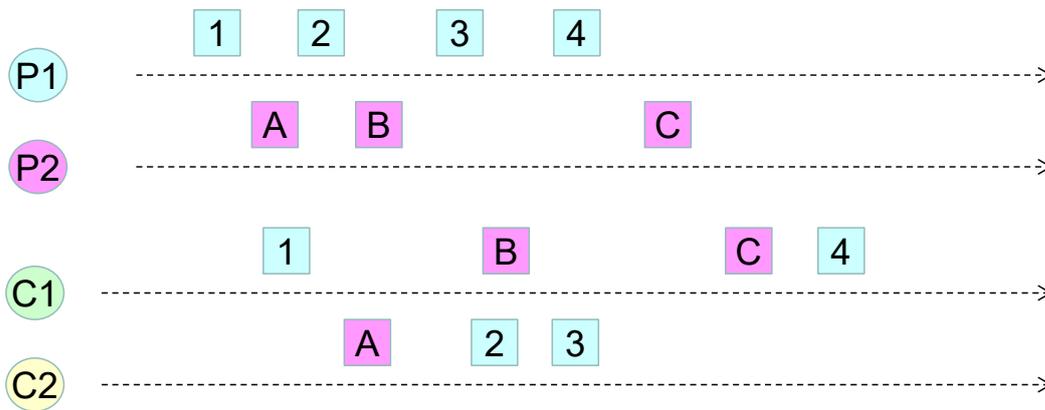
- Un topic T (1 partizione), un produttore P per T, un gruppo G di consumatori per T, più consumatori C1 e C2 per T nel gruppo G
 - avvio C1 e C2, poi avvio P che invia N messaggi
 - conseguenze
 - il consumatore C1 riceve tutti i messaggi
 - l'altro consumatore C2 non riceve alcun messaggio





Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), più produttori P1 e P2 per T, un gruppo G di consumatori per T, più consumatori C1 e C2 per T in G
 - avvio C1 e C2, poi avvio P1 e P2 che inviano N1 e N2 messaggi ciascuno
 - conseguenze
 - il consumatore C1 riceve X messaggi
 - l'altro consumatore C2 riceve gli altri N1+N2-X messaggi



51

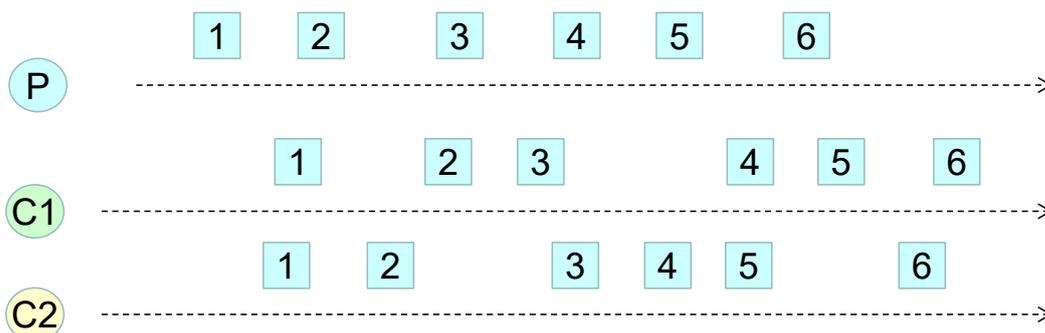
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), un produttore P per T, più gruppi G1 e G2 di consumatori per T, un consumatore C1 per T in G1 e un consumatore C2 per T in G2
 - avvio C1 e C2, poi avvio P che invia N messaggi
 - conseguenze
 - ciascuno dei consumatori C1 e C2 riceve N messaggi



52

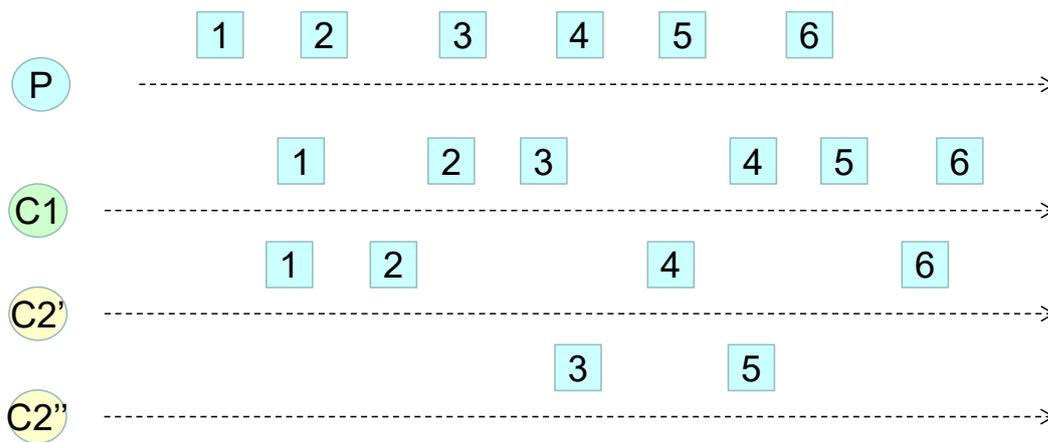
Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Alcuni esperimenti con Kafka

- Un topic T (più partizioni), un produttore P per T, più gruppi G1 e G2 di consumatori per T, un consumatore C1 per T in G1 e due consumatori C2' e C2'' per T in G2
 - avvio C1, C2' e C2'', poi avvio P che invia N messaggi
 - conseguenze
 - il consumatore C1 riceve N messaggi
 - C2' riceve X messaggi, C2'' riceve gli altri N-X messaggi



53

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



- Produttore, filtro e consumatore

- Consideriamo ora una semplice pipeline, con un produttore, un filtro e un consumatore, si scambiano messaggi testuali
 - il produttore invia messaggi sul topic **asw-alpha**
 - il filtro riceve messaggi dal topic **asw-alpha**, li elabora, e poi invia messaggi sul topic **asw-beta**
 - il consumatore riceve messaggi dal topic **asw-beta**
 - il produttore è come nell'esempio precedente
 - il consumatore è come nell'esempio precedente – ma riceve messaggi da **asw-beta** anziché da **asw-alpha** (cambia solo il file di configurazione)
 - anche il filtro può essere realizzato come un'ulteriore applicazione Spring Boot

54

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Filtro

- ❑ Realizziamo il filtro come un'applicazione Spring Boot, il cui package di base è **asw.simplefilter**
 - il filtro ha bisogno di un inbound adapter (**messagelister.kafka**) per Kafka – come il consumatore – per consentire la ricezione di messaggi da Kafka
 - il filtro ha anche bisogno di un outbound adapter (**messagepublisher.kafka**) per Kafka, con la rispettiva interfaccia/porta – come il produttore – per consentire l'invio di messaggi su Kafka
 - inoltre, il dominio deve definire, in un servizio, la logica di elaborazione (filtraggio) dei messaggi
 - per semplicità, supponiamo che il filtro debba inviare un messaggio per ciascuno dei messaggi ricevuti



Produttore

- ❑ Architettura esagonale del filtro





Filtro

- Il filtro definisce un servizio per l'elaborazione di messaggi testuali
 - è qui che va definita la logica di business del filtro

```
package asw.simplefilter.domain;

import org.springframework.stereotype.Service;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired

@Service
public class SimpleFilterService {

    @Autowired
    private SimpleMessagePublisherPort simpleMessagePublisher;

    public void filter(String inMessage) {
        String outMessage = ... elabora il messaggio message ricevuto ...
        simpleMessagePublisher.publish(outMessage);
    }
}
```

Qui va definita la logica di business del filtro.



Filtro

- L'interfaccia per l'outbound port (**messagepublisher**)
 - è come per il produttore – in questo caso cambia solo il package

```
package asw.simplefilter.domain;

public interface SimpleMessagePublisherPort {

    public void publish(String message);

}
```



Filtro

- L'implementazione dell'outbound adapter (`messagepublisher.kafka`)
 - è come per il produttore – in questo caso cambia il package e il file di configurazione `application.properties`

```
package asw.simplefilter.messagepublisher.kafka;
import asw.simplefilter.domain.SimpleMessagePublisherPort;
import org.springframework.kafka.core.KafkaTemplate;
import ...

@Component
public class SimpleMessageKafkaPublisher
    implements SimpleMessagePublisherPort {

    ... vedi dopo ...
}
```



Filtro

- L'implementazione dell'outbound adapter (`messagepublisher.kafka`)
 - è come per il produttore – in questo caso cambia il package e il file di configurazione `application.properties`

```
@Value("${asw.kafka.channel.out}")
private String channel;
```

```
# application.properties
asw.kafka.channel.out=asw-beta
```

```
@Autowired
private KafkaTemplate<String, String> template;

public void publish(String message) {
    template.send(channel, message);
}
```



Filtro

- L'implementazione dell'inbound adapter (**messagelistener.kafka**)
 - è simile a quella del consumatore – cambia il package, il file di configurazione **application.properties** e, soprattutto, il servizio invocato quando viene ricevuto un messaggio

```
package asw.simplefilter.messagelistener.kafka;

import asw.simplefilter.domain.SimpleFilterService;

import org.springframework.kafka.annotation.KafkaListener;
import org.apache.kafka.clients.consumer.ConsumerRecord;

import ...

@Component
public class SimpleMessageKafkaListener {
    ... vedi dopo ...
}
```



Filtro

- L'implementazione dell'inbound adapter (**messagelistener.kafka**)
 - è simile a quella del consumatore – cambia il package, il file di configurazione **application.properties** e, soprattutto, il servizio invocato quando viene ricevuto un messaggio

```
@Value("${asw.kafka.channel.in}")
private String channel;
@Value("${asw.kafka.groupid}")
private String groupId;

@Autowired
private SimpleFilterService simpleFilterService;

@KafkaListener(topics="${asw.kafka.channel.in}",
               groupId="${asw.kafka.groupid}")
public void listen(ConsumerRecord<String, String> record)
                throws Exception {
    String message = record.value();
    simpleFilter.filter(message);
}
```

application.properties
asw.kafka.channel.in=asw-alpha
asw.kafka.groupid=simple-filter



- Un'occhiata al file **application.properties** – contiene sia le proprietà dei consumatori che quelle dei produttori

```
# NON ESEGUIRE COME APPLICAZIONE WEB
spring.main.web-application-type=NONE

# MESSAGING
asw.kafka.channel.in=asw-alpha
asw.kafka.channel.out=asw-beta
asw.kafka.groupid=simple-filter

# KAFKA
spring.kafka.bootstrap-servers=localhost:9092

# KAFKA CONSUMER
spring.kafka.consumer.group-id=${asw.kafka.groupid}
spring.kafka.consumer.auto-offset-reset=latest
spring.kafka.consumer.key-deserializer=...
spring.kafka.consumer.value-deserializer=...

# KAFKA PRODUCER
spring.kafka.producer.key-serializer=...
spring.kafka.producer.value-serializer=...
```



- Il servizio restaurant-service

- Consideriamo ora il servizio **restaurant-service** per la gestione di un insieme di ristoranti – nell'ambito di un'applicazione **efood** per la gestione di un servizio di ordinazione e spedizione a domicilio di pasti da ristoranti, su scala nazionale – già introdotto in una dispensa precedente
 - la gestione dei ristoranti avviene tramite il servizio **RestaurantService**
 - i ristoranti sono definiti come un'entità JPA **Restaurant** – con attributi **id**, **name** e **location**
 - internamente al servizio, i ristoranti vengono acceduti da una base di dati mediante un repository **RestaurantRepository**



Servizio restaurant-service e comunicazione asincrona

- Ecco alcune possibili applicazioni della comunicazione asincrona per il servizio **restaurant-service** – nel contesto dell'applicazione **efood**, in cui ci sono diversi servizi applicativi
 - pubblicazione di *eventi di dominio* relativi a cambiamenti di stato avvenuti in questo servizio
 - altri servizi potrebbero essere interessati a questi eventi, per poter eseguire delle azioni in corrispondenza al loro verificarsi
 - ascolto di *eventi di dominio* pubblicati da altri servizi applicativi
 - questo servizio potrebbe essere interessato a tali eventi, per poter eseguire delle azioni in corrispondenza al loro verificarsi



Servizio restaurant-service e comunicazione asincrona

- Ecco alcune possibili applicazioni della comunicazione asincrona per il servizio **restaurant-service** – nel contesto dell'applicazione **efood**, in cui ci sono diversi servizi applicativi
 - ricezione di *comandi* provenienti da altri servizi applicativi
 - questo servizio potrebbe fornire un'interfaccia asincrona per l'invocazione delle proprie operazioni
 - invio di *comandi* ad altri servizi applicativi
 - per invocare in modo asincrono le operazioni di altri servizi



Pubblicazione di eventi

- Il servizio per la gestione dei ristoranti può pubblicare eventi di dominio mediante una outbound port e un outbound adapter (**eventpublisher**)
 - questo richiede
 - la definizione degli eventi del dominio dei ristoranti
 - la specifica del canale su cui scambiare gli eventi del dominio dei ristoranti
 - la definizione di un'interfaccia per la porta per l'invio di eventi e l'implementazione di un adattatore **eventpublisher** (per Kafka)
 - l'utilizzo della porta/adattatore **eventpublisher** – ad es., da parte del servizio **RestaurantService**



Pubblicazione di eventi

- La definizione degli eventi del dominio dei ristoranti
 - l'interfaccia “radice” degli eventi di dominio per l'applicazione **efood**

```
package asw.efood.common.api.event;  
public interface DomainEvent {  
}
```



Pubblicazione di eventi

- ❑ La definizione degli eventi del dominio dei ristoranti
 - l'evento di dominio `RestaurantCreatedEvent`

```
package asw.efood.restaurantservice.api.event;
import asw.efood.common.api.event.DomainEvent;
public class RestaurantCreatedEvent implements DomainEvent {
    private Long id;
    private String name;
    private String location;
    ... costruttori e metodi get, set e toString ...
}
```



Pubblicazione di eventi

- ❑ La specifica del canale su cui scambiare gli eventi del dominio dei ristoranti

```
package asw.efood.restaurantservice.api.event;
public class RestaurantServiceEventChannel {
    public static final String channel =
        "restaurant-service-event-channel";
}
```

- il topic `restaurant-service-event-channel` va creato in sede di configurazione dell'applicazione



Pubblicazione di eventi

- La definizione di un'interfaccia per la porta per l'invio di eventi e l'implementazione di un adattatore **eventpublisher** (per Kafka)

```
package asw.efood.restaurant.service.domain;
import asw.efood.common.api.event.DomainEvent;
public interface RestaurantEventPublisher {
    public void publish(DomainEvent event);
}
```



Pubblicazione di eventi

- La definizione di un'interfaccia per la porta per l'invio di eventi e l'implementazione di un adattatore **eventpublisher** (per Kafka)

```
package asw.efood.restaurant.service.eventpublisher;
import ...
@Component
public class RestaurantEventKafkaPublisher
    implements RestaurantEventPublisher {
    @Autowired
    private KafkaTemplate<String, DomainEvent> template;
    private String channel = RestaurantServiceEventChannel.channel;
    public void publish(DomainEvent event) {
        template.send(channel, event);
    }
}
```



Pubblicazione di eventi

- L'utilizzo della porta/adattatore **eventpublisher** – ad es., da parte del servizio **RestaurantService**
 - sono evidenziate in rosso le differenze rispetto alla versione precedente del servizio

```
package asw.efood.restaurant.service.domain;

import asw.efood.common.api.event.DomainEvent;
import asw.efood.restaurant.service.api.event.*;

import ...

@Service @Transactional
public class RestaurantService {

    @Autowired
    private RestaurantRepository restaurantRepository;

    @Autowired
    private RestaurantEventPublisher restaurantEventPublisher;

    ... vedi dopo ...

}
```

73

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Pubblicazione di eventi

- L'utilizzo della porta/adattatore **eventpublisher** – ad es., da parte del servizio **RestaurantService**
 - sono evidenziate in rosso le differenze rispetto alla versione precedente del servizio

```
public Restaurant createRestaurant(String name, String location) {

    Restaurant restaurant = new Restaurant(name, location);
    restaurant = restaurantRepository.save(restaurant);
    DomainEvent event = new RestaurantCreatedEvent(
        restaurant.getId(),
        restaurant.getName(),
        restaurant.getLocation()
    );
    restaurantEventPublisher.publish(event);
    return restaurant;

}
```

74

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Ricezione di comandi

- ❑ Il servizio per la gestione dei ristoranti può ricevere comandi per le proprie operazioni mediante un inbound adapter (**commandlistener**) e una relativa inbound port
 - questo richiede
 - la definizione dei comandi del servizio dei ristoranti
 - la specifica del canale su cui scambiare i comandi del servizio dei ristoranti
 - l'implementazione di un **command handler** (gestore dei comandi) per il servizio dei ristoranti – è un servizio che fa parte della logica di business e definisce implicitamente la porta per l'adapter **commandlistener**
 - l'implementazione dell'inbound adapter **commandlistener** (per Kafka)



Ricezione di comandi

- ❑ La definizione dei comandi del servizio dei ristoranti
 - l'interfaccia “radice” dei comandi per l'applicazione **efood**

```
package asw.efood.common.api.command;  
public interface Command {  
}
```



Ricezione di comandi

- La definizione dei comandi del servizio dei ristoranti
 - il comando `CreateRestaurantCommand`

```
package asw.efood.restaurantservice.api.command;
import asw.efood.common.api.command.Command;
public class CreateRestaurantCommand implements Command {
    private String name;
    private String location;
    ... costruttori e metodi get, set e toString ...
}
```



Ricezione di comandi

- La specifica del canale su cui scambiare i comandi del servizio dei ristoranti

```
package asw.efood.restaurantservice.api.command;
public class RestaurantServiceCommandChannel {
    public static final String channel =
        "restaurant-service-command-channel";
}
```

- il topic `restaurant-service-command-channel` va creato in sede di configurazione dell'applicazione



Ricezione di comandi

- L'implementazione di un command handler per il servizio dei ristoranti – è un servizio che fa parte della logica di business
 - definisce il metodo pubblico `onCommand` per la gestione dei comandi

```
package asw.efood.restaurant.service.domain;

import asw.efood.common.api.command.Command;
import asw.efood.restaurant.service.api.command.*;

import ...

@Service
public class RestaurantCommandHandler {

    @Autowired
    private RestaurantService restaurantService;

    public void onCommand(Command command) {
        ... vedi dopo ...
    }
}
```

79

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Ricezione di comandi

- L'implementazione di un command handler per il servizio dei ristoranti – è un servizio che fa parte della logica di business
 - il metodo `onCommand` per la gestione dei comandi può essere basato su un'istruzione condizionale per capire quale comando è stato richiesto

```
public void onCommand(Command command) {

    if (command instanceof CreateRestaurantCommand cmd) {
        this.createRestaurant(cmd);
    } else if (command instanceof AnotherOpCommand cmd) {
        this.anotherOp(cmd);
    } else {
        ... unknown command ...
    }
}
```

80

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Ricezione di comandi

- L'implementazione di un command handler per il servizio dei ristoranti – è un servizio che fa parte della logica di business
 - inoltre, il command handler definisce un metodo di supporto per ciascuno dei comandi – a cui delegare il controllo quando viene ricevuto uno specifico comando

```
private void createRestaurant(CreateRestaurantCommand command) {  
    restaurantService.createRestaurant(  
        command.getName(),  
        command.getLocation()  
    );  
}
```



Ricezione di comandi

- L'implementazione dell'adapter **commandlistener** (per Kafka)
 - alla ricezione di un messaggio per un comando (qui viene usato il group-id dell'applicazione), invoca il command handler

```
package asw.efood.restaurantService.commandlistener;  
  
import ...;  
  
@Component  
public class RestaurantCommandKafkaListener {  
    @Autowired  
    private RestaurantCommandHandler restaurantCommandHandler;  
  
    @KafkaListener(topics = RestaurantServiceCommandChannel.channel)  
    public void listen(ConsumerRecord<String, Command> record)  
        throws Exception {  
  
        Command command = record.value();  
  
        restaurantCommandHandler.onCommand(command);  
    }  
}
```



Configurazione

- Un'occhiata al file `application.properties` del servizio dei ristoranti – limitatamente alla configurazione di Kafka producer e consumer

```
# KAFKA CONSUMER
spring.kafka.consumer.group-id=${spring.application.name}
spring.kafka.consumer.auto-offset-reset=earliest

spring.kafka.consumer.key-deserializer=
    org.apache.kafka.common.serialization.StringDeserializer
spring.kafka.consumer.value-deserializer=
    org.springframework.kafka.support.serializer.JsonDeserializer
spring.kafka.consumer.properties.spring.json.trusted.packages=asw.efood.*

# KAFKA PRODUCER
spring.kafka.producer.key-serializer=
    org.apache.kafka.common.serialization.StringSerializer
spring.kafka.producer.value-serializer=
    org.springframework.kafka.support.serializer.JsonSerializer
```



Configurazione

- Alcune osservazioni sul file `application.properties`
 - le proprietà `spring.kafka.producer.value-serializer` e `spring.kafka.consumer.value-deserializer` specificano l'uso di JSON come formato per l'interscambio dei messaggi – il framework Spring si occupa di effettuare automaticamente le conversioni da e verso le classi Java per i comandi e gli eventi

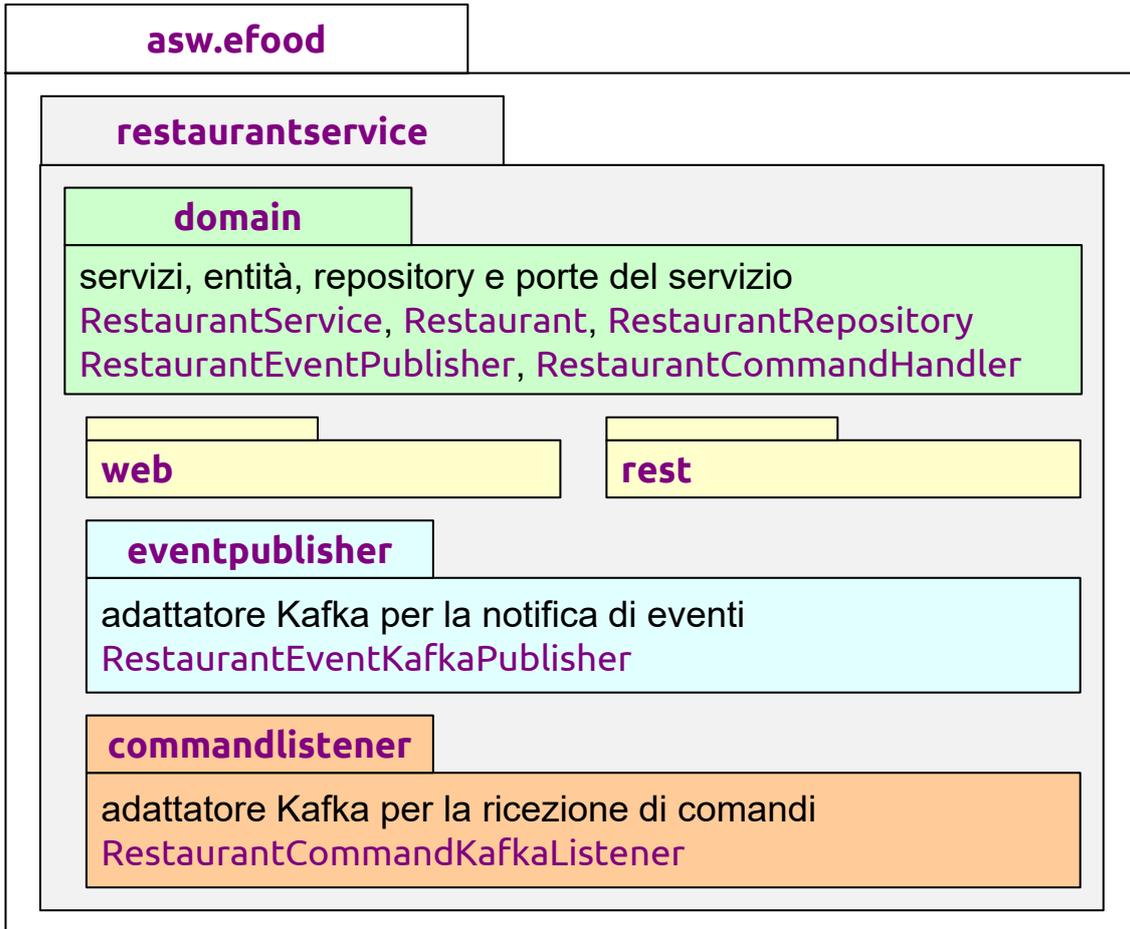
```
spring.kafka.producer.value-serializer=
    org.springframework.kafka.support.serializer.JsonSerializer
spring.kafka.consumer.value-deserializer=
    org.springframework.kafka.support.serializer.JsonDeserializer
```

- la proprietà `spring.kafka.consumer.properties.spring.json.trusted.packages` elenca i package ritenuti sicuri e che vanno quindi deserializzati (altrimenti viene sollevata un'eccezione) – in questo caso, tutti i package dell'applicazione, che sono contenuti in `asw.efood`

```
spring.kafka.consumer.properties.spring.json.trusted.packages=asw.efood.*
```



Architettura esagonale



85

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Esercizi

- ❑ Con riferimento al servizio per la gestione dei ristoranti
 - realizzare un consumatore per gli eventi di dominio dei ristoranti
 - realizzare un produttore di comandi
- ❑ In un precedente esercizio è stato richiesto di estendere il servizio per la gestione dei ristoranti con la gestione dei menu dei ristoranti
 - qui si chiede di definire e realizzare nuovi comandi (ad es., `CreateRestaurantMenuCommand` e `ReviseRestaurantMenuCommand`) e nuovi eventi di dominio (ad es., `RestaurantMenuCreatedOrRevisedEvent`) relativi alla gestione dei menu dei ristoranti

86

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



- Discussione

- Ecco alcune considerazioni sull'utilizzo di Kafka
 - consente di inviare e ricevere messaggi (eventi) tramite canali (topic) – con un modello basato su gruppi che generalizza quello dei canali point-to-point e publish-subscribe
 - ogni componente può agire sia da produttore che da consumatore di messaggi
 - i messaggi scambiati possono essere documenti, eventi di dominio e comandi – ciascuna tipologia di essi richiederà un canale specifico



- Discussione

- Ecco alcune considerazioni sull'utilizzo di Kafka
 - con riferimento all'architettura esagonale
 - l'invio di messaggi, da parte di un produttore, richiede la definizione di un outbound adapter (e della relativa porta)
 - la ricezione di messaggi, da parte di un consumatore, richiede la definizione di un inbound adapter (e della relativa porta)
 - in termini di pattern per il Messaging, questi adapter sono dei *message endpoint* [POSA4] – più precisamente, sono dei *messaging gateway* [EIP]
 - un message endpoint è un connettore che consente lo scambio di messaggi
 - un messaging gateway è un message endpoint che ha lo scopo di disaccoppiare i componenti dalla tecnologia di messaging utilizzata



Discussione

- Ecco alcune considerazioni sull'utilizzo di Kafka
 - i componenti produttori e consumatori agiscono da client nei confronti di Kafka
 - i produttori e consumatori comunicano con Kafka, come client, in modo sincrono
 - tuttavia, i produttori e consumatori comunicano tra loro in modo asincrono
 - i messaggi vengono scambiati con Kafka tramite un protocollo specifico per Kafka
 - i messaggi sono “opachi” per Kafka (che ne ignora il contenuto) – e possono essere scambiati tra i client Kafka nel formato di interscambio preferito – negli esempi precedenti, in JSON, ma è anche possibile utilizzare XML o Protocol Buffers



Discussione

- Ecco alcune considerazioni sull'utilizzo di Kafka
 - come realizzare un'applicazione Spring Boot che è interessata a ricevere due tipi di messaggi da due diversi canali?
 - ad es., un applicazione che è sia un ascoltatore di comandi (da un canale **comandi**) che un ascoltatore di eventi (da un canale **eventi**)
 - ci sono almeno due possibilità
 - usare un unico **@KafkaListener** per entrambi i canali e i tipi di messaggi
 - usare due diversi **@KafkaListener**, uno per ciascun canale e tipo di messaggi (di solito preferibile)



Discussione

- ❑ Ecco alcune considerazioni sull'utilizzo di Kafka
 - come realizzare un'applicazione Spring Boot che è interessata a ricevere due tipi di messaggi da due diversi canali?
 - usare un unico **@KafkaListener** per entrambi i canali e i tipi di messaggi
 - bisogna anche definire un supertipo dei messaggi

```
@Component
public class RestaurantMessageKafkaListener {

    @Autowired
    private RestaurantMessageListener restaurantMessageListener;

    @KafkaListener(topics = { "comandi", "eventi" })
    public void listen(ConsumerRecord<String, Message> record)
        throws Exception {

        Message message = record.value();
        restaurantMessageListener.onMessage(message);
    }
}
```

91

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



Discussione

- ❑ Ecco alcune considerazioni sull'utilizzo di Kafka
 - come realizzare un'applicazione Spring Boot che è interessata a ricevere due tipi di messaggi da due diversi canali?
 - usare due diversi **@KafkaListener**, uno per ciascun canale e tipo di messaggi (di solito preferibile)
 - ogni listener però deve appartenere ad un gruppo differente

```
@Component
public class RestaurantCommandKafkaListener {

    @Autowired
    private RestaurantCommandHandler restaurantCommandHandler;

    @KafkaListener(topics = "comandi",
        groupId = "restaurant-command-listener")
    public void listen(ConsumerRecord<String, Command> record)
        throws Exception {

        Command command = record.value();
        restaurantCommandHandler.onCommand(command);
    }
}
```

92

Comunicazione asincrona: Kafka

Luca Cabibbo ASW



* Discussione

- In questa dispensa abbiamo presentato Apache Kafka come piattaforma per la comunicazione asincrona
 - Kafka consente di agire da message broker – ovvero supporta il pattern publish-subscribe per la trasmissione di stream di eventi (flussi di messaggi)
 - i canali (chiamati topic e organizzati in partizioni) consentono di pubblicare e di ricevere eventi
 - i produttori possono pubblicare flussi di messaggi (eventi) su uno o più topic
 - i consumatori possono ricevere flussi di messaggi (eventi) da uno o più topic
 - i consumatori di messaggi sono organizzati in gruppi – utilizzati per la distribuzione dei messaggi ai consumatori – secondo un modello che generalizza quello dei canali point-to-point e publish-subscribe