



Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Servizi web SOAP

dispensa asw520
ottobre 2024

*The nice thing about standards is that
you have so many to choose from.*

Andrew S. Tanenbaum



- Riferimenti

- ❑ Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
 - Capitolo 30, **Servizi web SOAP e REST**
- ❑ Papazoglou, M.P. **Web Services: Principles and Technology**. Pearson, 2008.
- ❑ Alonso, G., Casati, F., Kuno, H., and Machiraju, V. **Web Services: Concepts, Architectures and Applications**. Springer, 2004.



- Obiettivi e argomenti

□ Obiettivi

- presentare i servizi web SOAP e alcuni dei relativi standard

□ Argomenti

- introduzione
- servizi web SOAP
- discussione



* Introduzione

- Nell'architettura a servizi, un servizio è un componente software
 - ha lo scopo di implementare una funzionalità o un servizio di business di un'organizzazione
 - può essere scoperto e invocato dai suoi consumatori mediante un'interfaccia aperta e tramite tecnologie standard del web
 - presentiamo ora i servizi web SOAP



* Servizi web SOAP

- I **servizi web SOAP** – **SOAP web service** o **web service WS-*** o semplicemente **web service**
 - una delle prime e principali tecnologie a servizi
 - si basano su un ampio insieme di standard per l'interoperabilità – relativi sia a capacità funzionali di base che ad aspetti di qualità
 - gli standard principali sono SOAP, WSDL e UDDI – insieme ad XML
 - altri standard sono BPEL e le (numerose) estensioni WS-*
 - i principali responsabili degli standard per i servizi SOAP sono il consorzio **OASIS** (**Organization for the Advancement of Structured Information Standards**) e il **W3C** (**World Wide Web Consortium**)

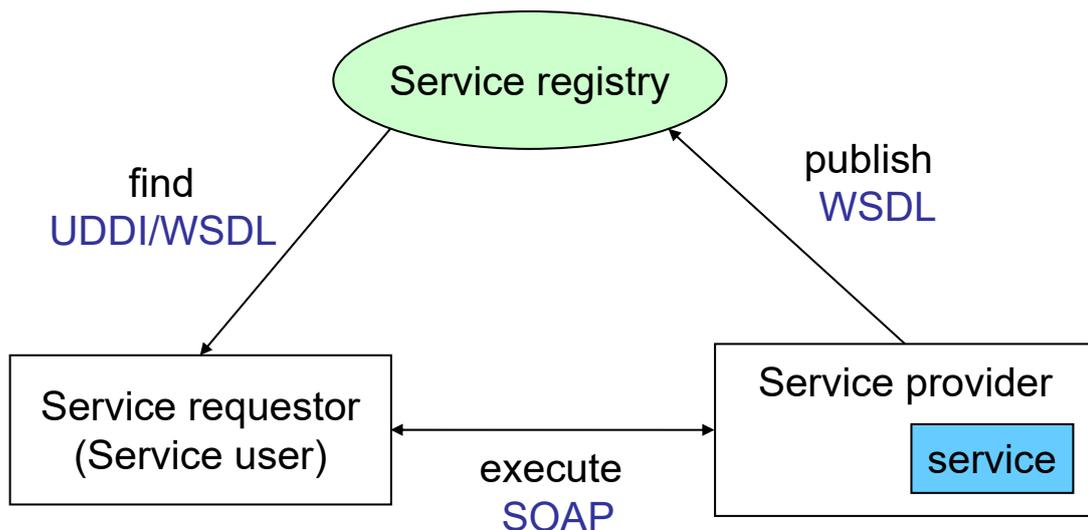
5

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



Interazione (di base) con i web service



6

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



- Standard fondamentali per servizi web

- Standard alla base dei servizi web SOAP (WS)
 - **SOAP**
 - per lo scambio di dati e messaggi strutturati
 - **WSDL – Web Services Description Language**
 - per la descrizione dell'interfaccia dei WS
 - **UDDI – Universal Description, Discovery and Integration**
 - per la scoperta di WS
 - **XML**
 - una sintassi comune
- un'infrastruttura minimale per i WS
 - è possibile comprendere questi standard ragionando sui problemi che intendono affrontare



- Sintassi per WS e XML

- È necessaria una sintassi comune per gli standard per i WS
 - deve sostenere portabilità ed estendibilità
 - deve sostenere l'indipendenza dalle piattaforme e dai linguaggi di programmazione
- La sintassi scelta è **XML – eXtensible Markup Language**
 - offre generalità e flessibilità
 - tuttavia introduce un overhead nella codifica, trasmissione, decodifica dei dati



- Interazione con i servizi web e SOAP

- È necessario un meccanismo per consentire l'interazione tra i WS e i suoi consumatori
 - deve supportare diverse forme di interazione
 - è necessario un formato comune per i messaggi scambiati
 - lo scambio di messaggi deve poter avvenire in modo indipendente dalla modalità di trasporto dei messaggi
- Le interazioni con e tra i WS sono basate su **SOAP**
 - la comunicazione è basata sullo scambio di **messaggi**
 - SOAP riguarda soprattutto il formato dei messaggi
 - è un protocollo stateless e one-way, che supporta diverse modalità di comunicazione ed è compatibile con diverse modalità di trasporto dei messaggi – ma il trasporto dei messaggi non è nella portata di SOAP

9

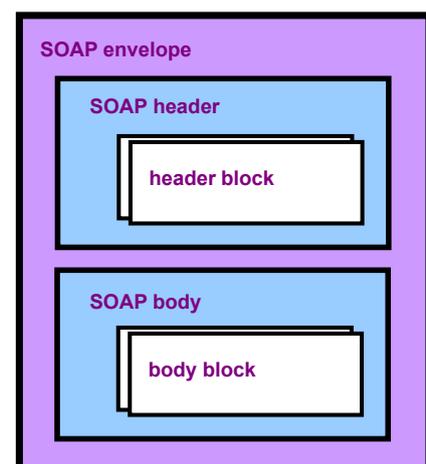
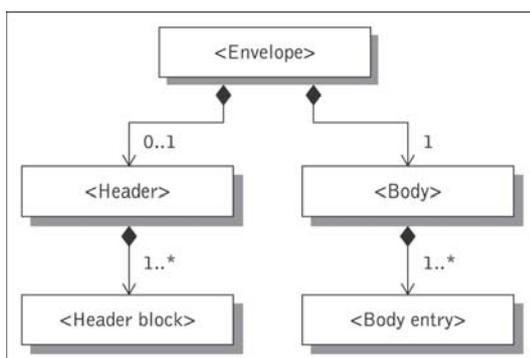
Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



Messaggi SOAP

- Un **messaggio SOAP** è costituito da una busta (**envelope**), che contiene un'intestazione e un corpo
 - il corpo (**body**) racchiude le informazioni che il messaggio vuole effettivamente trasmettere
 - l'intestazione (**header**) contiene metadati e altre informazioni “non funzionali”



10

Servizi web SOAP

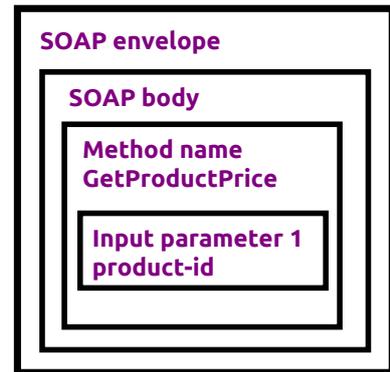
Luca Cabibbo ASW



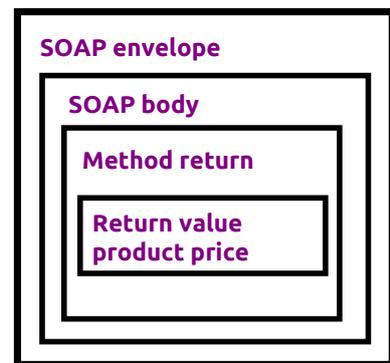
Messaggi SOAP: esempio

- Una coppia di messaggi SOAP in un'interazione in stile RPC

```
<env:Envelope
xmlns:SOAP="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
xmlns:m="http://www.plastics_supply.com/product-prices">
  <env:Header>
    <tx:Transaction-id
      xmlns:t="http://www.transaction.com/transactions"
      env:mustUnderstand='1'>
      512
    </tx:Transaction-id>
  </env:Header>
  <env:Body>
    <m:GetProductPrice>
      <product-id> 450R60P </product-id>
    </m:GetProductPrice >
  </env:Body>
</env:Envelope>
```



```
<env:Envelope
xmlns:SOAP="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
xmlns:m="http://www.plastics_supply.com/product-prices">
  <env:Header>
    <!-- - Optional context information -->
  </env:Header>
  <env:Body>
    <m:GetProductPriceResponse>
      <product-price> 134.32 </product-price>
    </m:GetProductPriceResponse>
  </env:Body>
</env:Envelope>
```



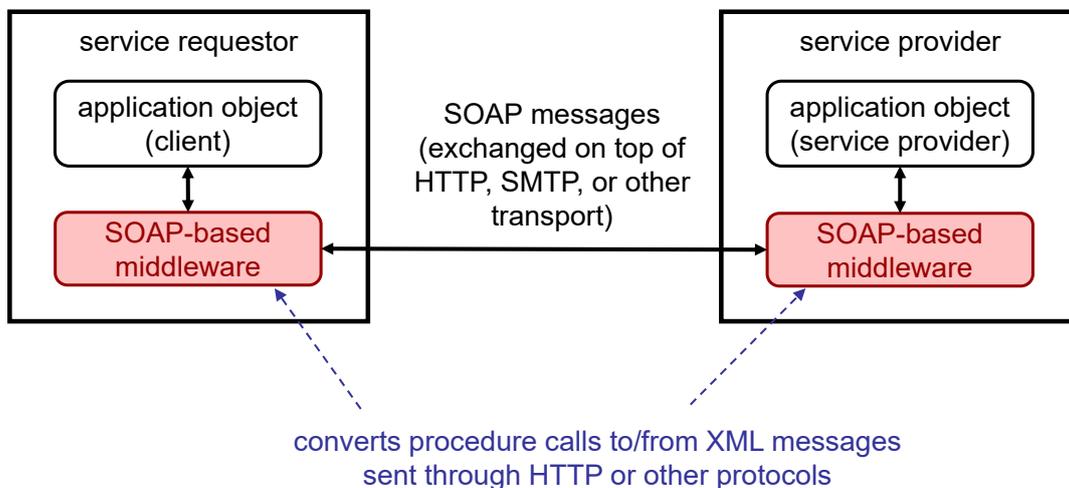
11

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



Interazione con SOAP



12

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



- Il modello di comunicazione di SOAP prevede diverse varianti, basate su due proprietà principali
 - **stile di comunicazione** – *RPC* oppure *document*
 - lo stile *RPC* consente di definire messaggi in corrispondenza alla richiesta di esecuzione di un'operazione o alla relativa risposta
 - lo stile *document (message)* consente di scambiare generici documenti (messaggi)
 - **stile di codifica (encoding)** – *encoded* oppure *literal*
 - lo stile *encoded* (solitamente usato con lo stile *RPC*) è basato su una codifica standard dei dati trasmessi – consente, ad es., la serializzazione di grafi di oggetti
 - lo stile *literal* (solitamente usato con lo stile *document*) non prevede nessuna codifica dei dati trasmessi



- SOAP definisce un semplice meccanismo per codificare dati e consentirne lo scambio tra applicazioni distribuite
 - è un “wire protocol” – si occupa della forma con cui i servizi distribuiti possono scambiarsi dati (a livello applicativo)
 - non è un “transport protocol” (come TCP o UDP) – non si occupa dello scambio concreto dei dati tra servizi distribuiti
 - lo scambio di messaggi SOAP avviene sulla base di altri protocolli – ad es., HTTP
 - il binding di messaggi SOAP viene considerato nel contesto di WSDL
 - non definisce nessuna semantica – questo lo rende adatto a essere usato in una varietà di sistemi – da *RPC* al messaging
 - non si occupa di aspetti come il routing o lo scambio affidabile di messaggi – ma è adatto a contesti in cui è necessario scambiare informazioni in modo flessibile ed estensibile



- Descrizione di servizi e WSDL

- È necessario anche un meccanismo per la descrizione di servizi
 - per descrivere l'interfaccia di un WS
 - per descrivere indirizzamento e la modalità di trasporto del WS
- La descrizione dei servizi web è basata su **WSDL – Web Services Description Language** – una specifica WSDL di un WS contiene
 - una **parte astratta** – descrizione dell'interfaccia
 - che cosa fa il WS (operazioni e porte) e come è possibile invocare il WS (messaggi e tipi di dati)
 - una **parte concreta** – descrizione dell'“implementazione”
 - lega la definizione astratta del servizio con degli indirizzi di rete concreti e dei protocolli di trasporto specifici – in termini di uno o più binding

15

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



```
<wSDL:definitions name="PurchaseOrderService"
  targetNamespace="http://supply.com/PurchaseService/wSDL"
  xmlns:tns="http://supply.com/ PurchaseService/wSDL"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:soapbind="http://schemas.xmlsoap.org/wSDL/soap/"
  xmlns:wSDL="http://schemas.xmlsoap.org/wSDL/">
  <wSDL:types>
    <xsd:schema
      targetNamespace="http://supply.com/PurchaseService/wSDL"
      <xsd:complexType name="CustomerInfoType">
        <xsd:sequence>
          <xsd:element name="CusNamer" type="xsd:string"/>
          <xsd:element name="CusAddress" type="xsd:string"/>
        </xsd:sequence>
      </xsd:complexType>
      <xsd:complexType name="POType">
        <xsd:sequence>
          <xsd:element name="PONumber" type="integer"/>
          <xsd:element name="PODate" type="string"/>
        </xsd:sequence>
      </xsd:complexType>
      <xsd:complexType name="InvoiceType">
        <xsd:all>
          <xsd:element name="InvPrice" type="float"/>
          <xsd:element name="InvDate" type="string"/>
        </xsd:all>
      </xsd:complexType>
    </xsd:schema>
  </wSDL:types>
  <wSDL:message name="POMessage">
    <wSDL:part name="PurchaseOrder" type="tns:POType"/>
    <wSDL:part name="CustomerInfo" type="tns:CustomerInfoType"/>
  </wSDL:message>
  <wSDL:message name="InvMessage">
    <wSDL:part name="Invoice" type="tns:InvoiceType"/>
  </wSDL:message>
  <wSDL:portType name="PurchaseOrderPortType">
    <wSDL:operation name="SendPurchase">
      <wSDL:input message="tns:POMessage"/>
      <wSDL:output message="tns:InvMessage"/>
    </wSDL:operation>
  </wSDL:portType>
</wSDL:definitions>
```

Abstract data type definitions

Data that is sent

Data that is returned

Port type with one operation

An operation with request (input) & response (output) message

16

Luca Cabibbo ASW



```

<wsdl:definitions> . ...
  <import namespace="http://supply.com/PurchaseService/wsdl"
    location="http://supply.com/PurchaseService/wsdl/PurchaseOrder-interface.wsdl"/>
  <!-- location of WSDL PO interface from Listing-1-->
  <!-- wsdl:binding states a serialisation protocol for this service -->
  <!-- type attribute must match name of portType element in Listing-1-->
  <wsdl:binding name="PurchaseOrderSOAPBinding"
    type="tns:PurchaseOrderPortType">
    <!-- leverage off soapbind:binding synchronous style -->
    <soapbind:binding style="rpc"
      transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"/>
    <wsdl:operation name="SendPurchase">
      <!-- again bind to SOAP -->
      <soapbind:operation
        soapAction="http://supply.com/PurchaseService/wsdl/SendPurchase" style="rpc"/>
      <!-- further specify that the messages in the wsdl:operation use SOAP -->
      <wsdl:input>
        <soapbind:body use="literal"
          namespace="http://supply.com/PurchaseService/wsdl"/>
      </wsdl:input>
      <wsdl:output>
        <soapbind:body use="literal"
          namespace="http://supply.com/PurchaseService/wsdl"/>
      </wsdl:output>
    </wsdl:operation>
  </wsdl:binding>
  <wsdl:service name="PurchaseOrderService">
    <wsdl:port name="PurchaseOrderPort" binding="tns:PurchaseOrderSOAPBinding">
      <!-- give the binding a network endpoint address or URI of service -->
      <soapbind:address location="http://supply.com:8080/PurchaseOrderService"/>
    </wsdl:port>
  </wsdl:service>
</wsdl:definitions>

```

Bind an abstract operation to this implementation and

map the abstract input and output messages to these concrete messages

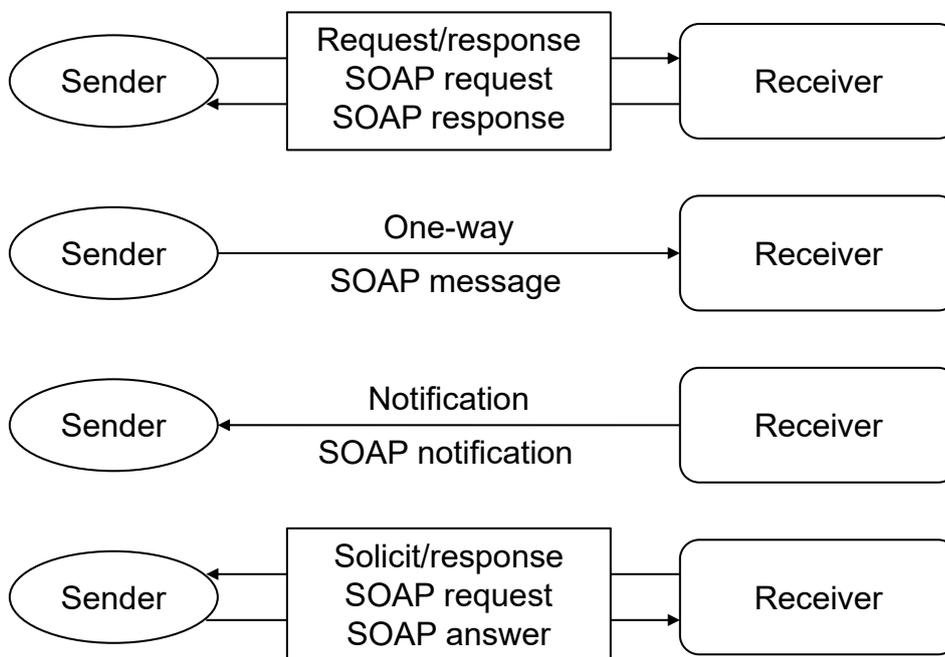
Service name

Network address of service



Message Exchange Pattern

- In WSDL, ogni operazione può avere un solo messaggio di input e/o un solo messaggio di output
 - ci sono quattro possibili pattern per lo scambio di messaggi tra servizi (*Message Exchange Pattern* o *MEP*)





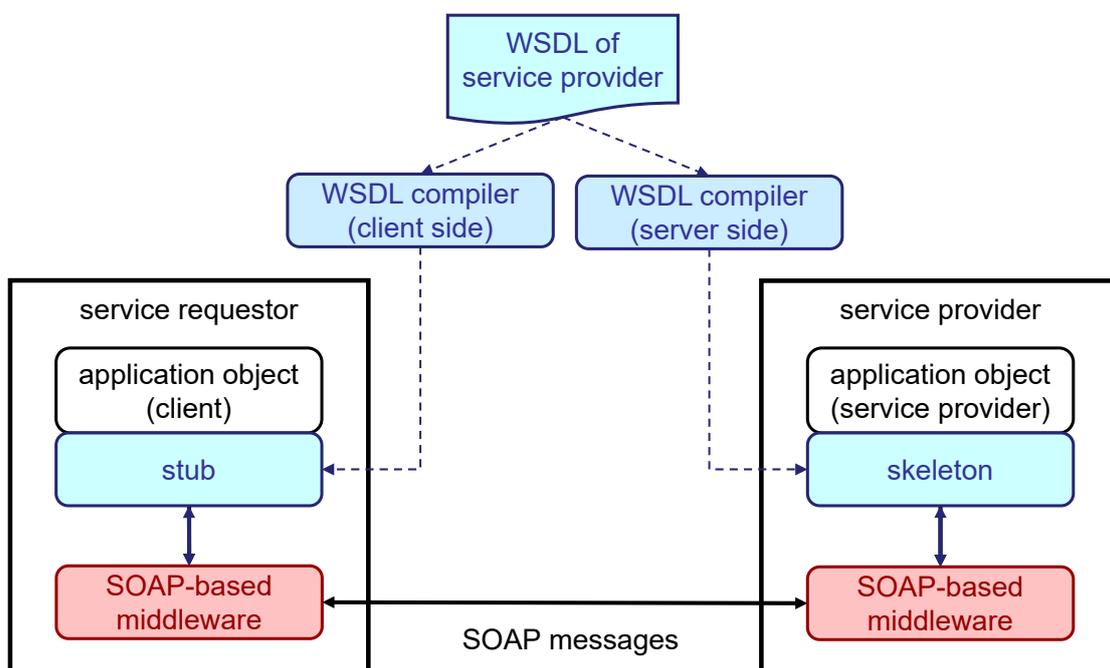
Message Exchange Pattern

- ❑ **Request/response**
 - un'operazione in cui il servizio riceve un messaggio, e poi invia una risposta al suo client – è una forma di invocazione remota
- ❑ **One way**
 - il client invia un messaggio al servizio, ma il servizio non invia risposta al suo client – è una forma di comunicazione asincrona
- ❑ **Notification**
 - il servizio invia un messaggio a un client, senza attendere risposta – è una forma di notifica di eventi ai client
- ❑ **Solicit/response**
 - il servizio invia un messaggio a un client, e poi ne riceve una risposta – è complementare a request/response



Uso di WSDL e SOAP

- ❑ Gli strumenti di sviluppo per WS possono utilizzare WSDL e SOAP per la costruzione automatica di oggetti proxy – sia lato del servizio che lato client





- Alcune funzionalità degli strumenti per WSDL e SOAP
 - generazione top-down del servizio – contract-first
 - da una specifica WSDL, viene generato il codice (skeleton) dell'implementazione del servizio (da completare)
 - generazione bottom-up del servizio – contract-last
 - dall'implementazione del servizio (ad es., un enterprise bean stateless esposto come servizio web), viene definito il servizio e generata la specifica WSDL
 - generazione del proxy lato client
 - da una specifica WSDL, viene generato il codice (stub) del proxy del servizio

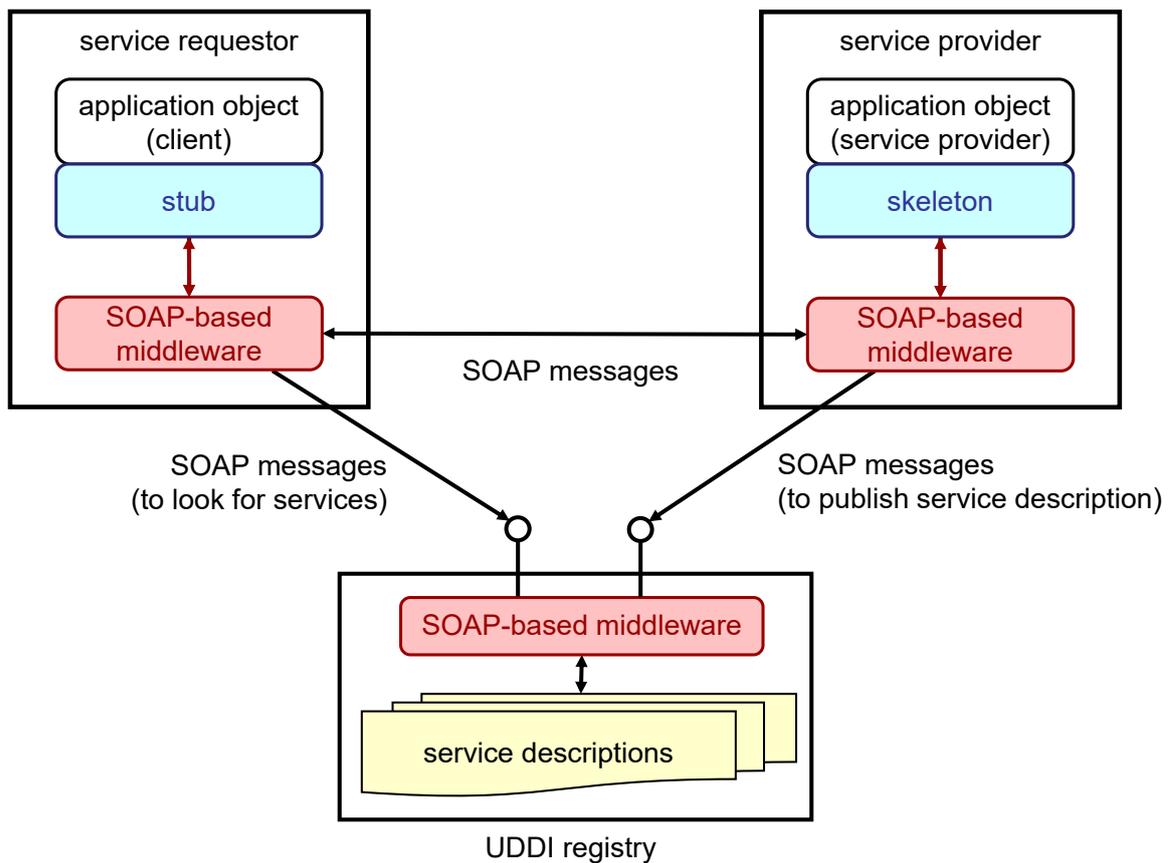


- Scoperta di servizi e UDDI

- È anche utile un meccanismo per la scoperta di WS – ovvero, un servizio di directory (un registry) dei servizi
- Un servizio di directory per i servizi web può essere basato sullo standard *UDDI – Universal Description, Discovery, and Integration*
 - due elementi
 - il registry – con diverse modalità di classificazione e ricerca dei WS
 - un'API per l'accesso al registry



Directory per Web Services



23

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



Uso del servizio di directory

- Alcuni possibili utilizzi di un registry di servizi
 - uso “statico”
 - utilizzato in sede di sviluppo di un’applicazione a servizi
 - supporta il riuso dei WS in più applicazioni – e la condivisione di WS tra organizzazioni
 - uso “dinamico”
 - utilizzato a runtime
 - ad es., per supportare il brokering di servizi e consentire la selezione dinamica tra servizi

24

Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



- Per utilizzare un servizio, un consumatore (client) deve determinare l'interfaccia del servizio, localizzarlo e poi invocarlo
 - nel binding (collegamento) **statico**, interfaccia e locazione del servizio sono determinate durante l'implementazione (o il deployment) del consumatore del servizio
 - nel binding **dinamico**, la locazione del servizio è determinata a runtime, con l'ausilio di un service registry
 - l'accoppiamento tra produttore e consumatore è ridotto
 - è possibile ad esempio che la locazione del servizio cambi – senza impatto sul consumo del servizio
 - c'è un overhead sulle prestazioni
 - talvolta, anche l'interfaccia del servizio è determinata a runtime
 - è però necessario che il consumatore e il fornitore del servizio abbiano un accordo predefinito sulla sintassi e la semantica delle interfacce



- Ulteriori standard ed estensioni per WS

- Esistono anche altri standard (oltre 100!) per i WS – indicati complessivamente come **WS-***
 - alcuni sono relativi ad aspetti specifici dell'interazione tra servizi web – ad esempio
 - WS-Addressing si occupa di indirizzamento dei servizi, in modo neutrale rispetto ai meccanismi di trasporto
 - i WS sono solitamente stateless – ma è possibile definire servizi stateful sulla base di WS-Resource
 - molte estensioni sono relative alla gestione delle qualità dei servizi – ad esempio
 - sicurezza – WS-Security
 - affidabilità della comunicazione – WS-ReliableMessaging
 - transazioni – WS-Coordination, WS-Transaction
 - requisiti, capacità e preferenze – WS-Policy
 - alcune estensioni sono complementari, altre in competizione



Estensioni e profili

- ❑ Le estensioni WS-* non sono però accettate o sostenute allo stesso modo dai diversi produttori di software
 - per favorire l'interoperabilità, le estensioni sono state organizzate in *profili*
 - ad esempio
 - il profilo **WS-I Basic** ("Interoperability") fa riferimento soprattutto a SOAP, WSDL, UDDI, XML, insieme a XML-Schema, HTTP, HTTPS e WS-Addressing
 - il profilo **Reliable-Secure-Profile** estende il profilo Basic con l'adozione di WS-ReliableMessaging, WS-SecureConversation, WS-MakeConnection e WS-SecurityPolicy
 - solo alcuni profili sono accettati in modo diffuso

27

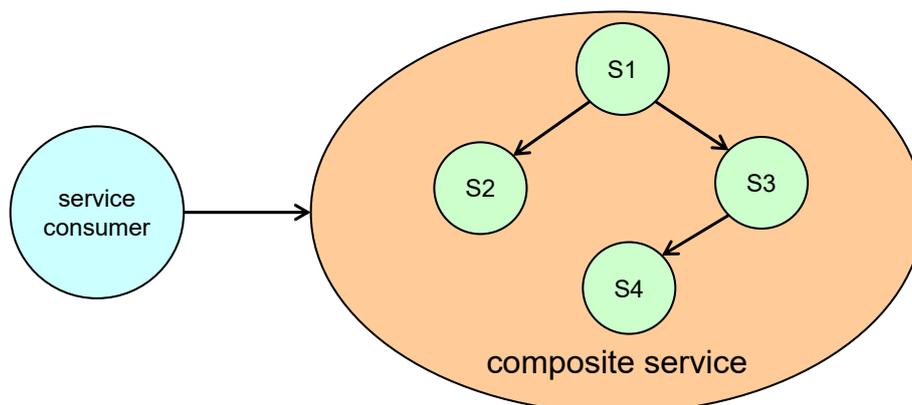
Servizi web SOAP

Luca Cabibbo ASW



- Composizione di servizi web

- ❑ Una capacità fondamentale delle tecnologie a servizi è poter definire nuovi servizi come *composizione* di altri servizi



- nel caso dei WS, la composizione di servizi
 - deve specificare come un insieme di servizi "componenti" possano interagire in modo coordinato ed effettivo per dar luogo a un nuovo servizio "composto"
 - deve fornire flessibilità nella composizione – anche quando i servizi sono forniti da organizzazioni o sistemi diversi

28

Servizi web SOAP

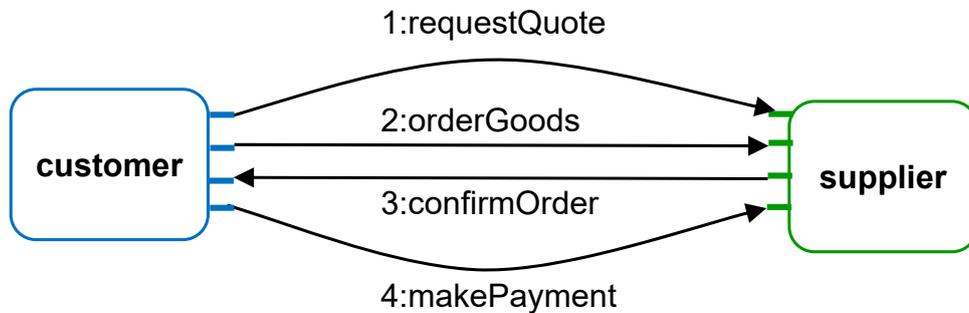
Luca Cabibbo ASW



Composizione di servizi



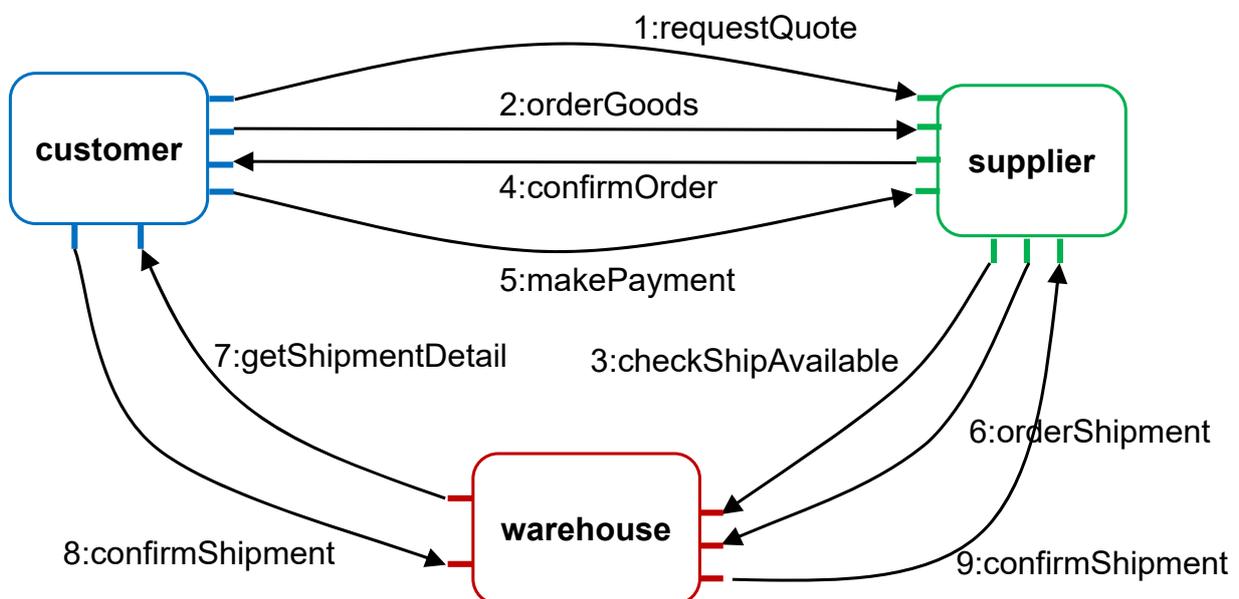
- La composizione di WS si basa sulla collaborazione e lo scambio di messaggi tra i servizi componenti
 - ad es., la conversazione tra due servizi per gestire l'approvvigionamento di prodotti



Composizione di servizi



- La composizione di WS si basa sulla collaborazione e lo scambio di messaggi tra i servizi componenti
 - una conversazione più complessa: il fornitore delega la consegna al magazzino – il magazzino interagisce direttamente con il cliente per accordarsi sulla spedizione





Requisiti per la composizione di servizi

- Alcuni requisiti specifici per la composizione di servizi
 - flessibilità – deve supportare la composizione di servizi forniti da organizzazioni o sistemi software diversi
 - agilità – deve essere possibile definire rapidamente un nuovo servizio come composizione di altri servizi esistenti – oppure anche ridefinire un servizio come una nuova composizione di servizi
 - deve poter essere specificata da esperti del dominio di business
 - complessivamente, la composizione di servizi deve poter essere effettuata come un'attività di **assemblaggio** di servizi – e non come un'attività di **sviluppo**



Composizione di servizi, in pratica

- Come realizzare, in pratica, la composizione di servizi?
 - una possibilità è utilizzare dei linguaggi di programmazione tradizionali
 - è una soluzione poco flessibile – che non risponde ai requisiti per la composizione di servizi
 - una soluzione più comune (con i WS) si basa su dei linguaggi specializzati per la composizione di WS
 - **BPEL** è un linguaggio di programmazione specializzato per la composizione di servizi web SOAP
 - **BPMN** è un linguaggio visuale per la modellazione di servizi e processi di business, che può essere utilizzato direttamente dagli esperti di dominio del business
 - va anche usato un compilatore da BPMN a BPEL



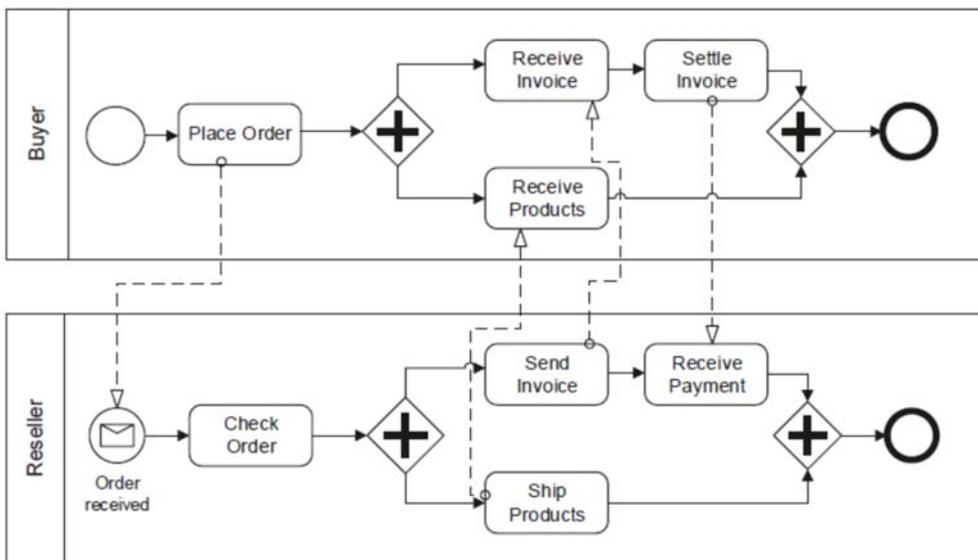
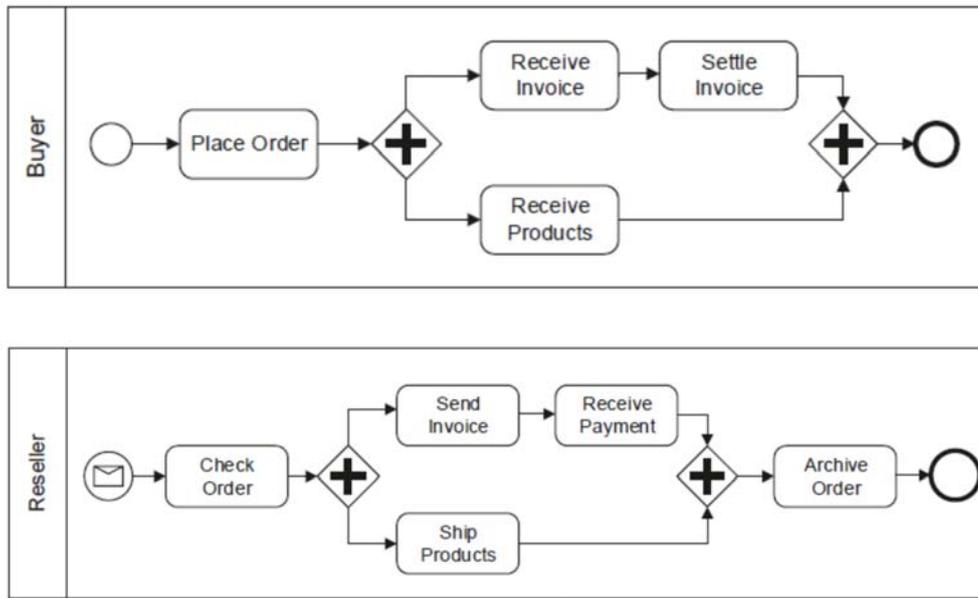
BPEL

- **Business Process Execution Language (BPEL o WS-BPEL)**
 - un linguaggio di programmazione/scripting per servizi web
 - definisce primitive per la fruizione di servizi – come **invoke**, **receive**, **reply**, **throw** e **wait**
 - contiene costrutti di controllo tradizionali – assegnazione, sequenza, istruzioni condizionali e ripetitive
 - contiene anche un costrutto per l'esecuzione concorrente di attività – **flow**
 - la sintassi è basata su XML
 - il codice BPEL può essere eseguito da un motore BPEL – ad es., in un application server – che coordina l'invocazione dei servizi, usando il codice BPEL come uno script
 - BPEL supporta soprattutto l'orchestrazione di servizi



BPMN

- **Business Process Model and Notation (BPMN)**
 - un linguaggio visuale standard per la modellazione di processi di business
 - quattro categorie principali di costrutti
 - **oggetti flusso** – gli elementi principali di un diagramma, per rappresentare eventi, attività e gateway (condizioni) – le attività possono essere completamente automatizzate oppure possono richiedere un intervento di un utente umano
 - **oggetti connessione** – per collegare oggetti flusso e per descrivere le loro dipendenze
 - **corsie** – per descrivere chi è responsabile di svolgere le attività
 - **elaborati** – per descrivere i flussi di dati tra le attività
 - un diagramma BPMN può essere “compilato” in BPEL





* Discussione

- I servizi web SOAP sono una delle principali tecnologie a servizi
 - si basano su un piccolo insieme di standard fondamentali (accettati in modo diffuso) – insieme a numerose estensioni
 - l'uso di SOAP garantisce indipendenza dai protocolli – sia di trasporto, che quelli relativi alle qualità, dichiarate negli header SOAP
 - l'uso di WSDL sostiene ulteriormente l'indipendenza dalla piattaforma per la definizione e la fruizione dei servizi web
 - BPEL supporta la composizione di servizi
 - insieme a BPMN, la composizione di servizi può essere effettuata in modo flessibile e agile
 - altri standard sostengono diversi attributi di qualità
 - la disponibilità di strumenti e di piattaforme per lo sviluppo e l'esecuzione di WS nasconde agli sviluppatori molta della complessità di questi standard



Discussione

- I servizi web SOAP sono una delle principali tecnologie a servizi
 - il vantaggio principale dei servizi SOAP è la loro **completezza**
 - soprattutto nel supporto alla composizione e alle qualità
 - lo svantaggio principale dei servizi SOAP è la loro **pesantezza**
 - per l'uso estensivo di XML, ma anche per la complessità di molte estensioni
 - la semplicità con cui è possibile esporre componenti software esistenti come servizi web può dar luogo a un uso poco efficace dei WS
 - inoltre, è anche possibile che si verifichino in pratica dei problemi di interoperabilità tra un servizio e i suoi client
 - come vedremo meglio (nella seconda parte del capitolo), il vantaggio principale dei servizi REST è la loro semplicità – il loro svantaggio principale è la mancanza di un supporto diretto a diverse qualità dei servizi