

Middleware

Motivation

Heterogenität

Kommunikation

Common Object Request Broker Architecture (CORBA)

Web Services



Problem: Heterogenität auf verschiedenen Ebenen

Bereich	Beispiele
Netzwerke	Medium, Technik, Topographie
Rechner-Hardware	Peripherie, Speicher, CPU
Prozessoren	Informationsdarstellung, Endianness
Betriebssysteme	Ausführungsumgebung, API
Programmiersprachen	Semantik, Pragmatik

Mögliche Lösung: Einsatz einer Middleware

- Softwareschicht zur Abstraktion von den jeweiligen Systemeigenheiten
- Varianten
 - Sprachenabhängig (z. B. Java RMI)
 - Sprachenunabhängig (z. B. CORBA, Web Services)
- Grundlegende Bausteine
 - Prozesse
 - Kommunikation per Nachrichtenaustausch

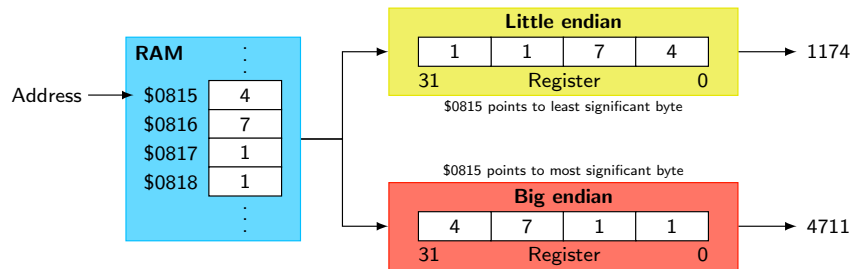


Heterogene Datenrepräsentationen

■ Uneinheitliche Speicherung / Darstellung (elementarer) Datentypen

- Natürliche/ganze Zahlen: vorzeichenbehaftet, {1,2}er-Komplement
- Fließkommazahlen: Basis, Mantisse, Exponent
- Zeichensätze: ISO-8859-Familie (ASCII), BCD, EBCDIC, Unicode
- Speicherreihenfolge („Byte Sex“): *Big Endian*, *Little Endian*

■ Beispiel: Endianness



⇒ Konvertierung von Daten erforderlich



Konvertierungsoptionen

■ Beidseitig

- Datenübertragung in einer **kanonischen Darstellung** (= Standardformat)
- Bei Bedarf jeweils Konvertierung beim Sender und/oder Empfänger
- Problemszenario
 - Sender und Empfänger nutzen intern dieselbe Datenrepräsentation
 - Standard weicht von der Datenrepräsentation der Kommunikationspartner ab
 - Nutzloser Mehraufwand durch eigentlich unnötige Konvertierungen

■ Sendeseitig („Sender makes it right“)

- Sender übermittelt Daten in der **Repräsentation des Empfängers**
- Probleme
 - Kommunikation mit mehreren heterogenen Empfängern (z. B. Multicast)
 - Zusätzlicher Aufwand beim Weiterleiten von Nachrichten

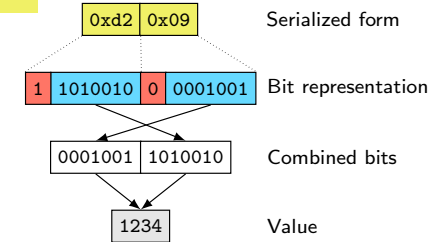
■ Empfangsseitig („Receiver makes it right“)

- Sender übermittelt Daten in seiner **eigenen Repräsentation**
- Metadaten enthalten (kanonische) Bezeichnung des Datenformats
- Empfänger konvertiert Daten bei Bedarf in eigene Repräsentation

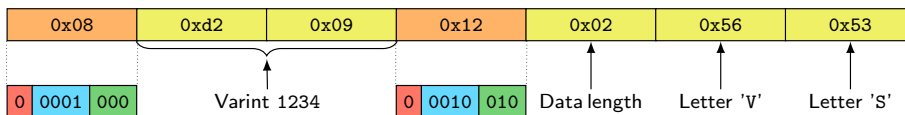


- Sprachbasierter Standard zur Beschreibung und Kodierung von Daten
 - **Implizite Typung**
 - Übermittlung der Variablenwerte
 - Variablentypen sind nicht Bestandteil von Nachrichten
 - Annahme: Bytes bzw. Oktete (d. h. Einheiten von 8 Bits) sind portabel
 - **Repräsentation von Daten**
 - Blockgröße: 4 Bytes
 - Bei Bedarf: Auffüllen mit Null-Bytes
 - Speicherreihenfolge: *Big Endian*
- **Bewertung**
 - Bevorzugung von Big-Endian-Architekturen (z. B. Motorola 68k, SPARC)
 - Benachteiligung von Little-Endian-Architekturen (z. B. Intel x86)
- Literatur
 - 📄 Sun Microsystems
XDR: External Data Representation Standard, RFC 1014, 1987.

- Ansatz zur Serialisierung bzw. Deserialisierung **strukturierter Daten**
 - Entwicklung von Google
 - Ziel: Reduzierung der zu übertragenden Datenmenge
 - Einsatz von **Integern variabler Länge (Varints)**
 - Kodierung eines Werts als **Byte-Sequenz**
 - Strukturierung eines Bytes
 - **Höchstwertiges Bit**
 - * 1, falls weitere Bytes folgen
 - * 0, falls letztes Byte der Sequenz
 - Restliche 7 Bits: **Nutzdaten**
 - Beginn der Sequenz: Byte mit den niedrigstwertigen Nutzdaten
- Literatur
 - 📄 Protocol Buffers Developer Guide – Encoding
<https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/encoding>



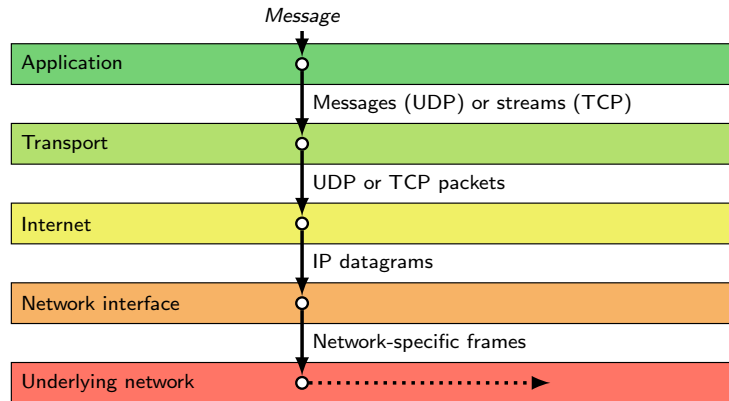
- Datenbeschreibungssprache zur **Spezifizierung von Nachrichten**
 - Einsatz vordefinierter Datentypen
 - Vergabe von Feldindizes
- ```
message VSMessage {
 required int32 key = 1; // Field #1
 optional string value = 2; // Field #2
}
```
- Kodierung einer VSMessage mit key = 1234 und value = „VS“
    - **Steuer-Varints** mit **Feldindex** und **Serialisierungstyp** (*Wire Type*)
    - Beispiele für Serialisierungstypen
      - 000: Varint
      - 010: Längenbegrenzte Daten



- Kommunikation per **Nachrichtenaustausch**
  - Übertragung von Daten in Paketen begrenzter Länge
  - Einzelne Nachricht ist in manchen Fällen Teil eines Datenstroms
- Unterscheidung
  - Asynchrone Netze
    - **Keine Garantien** über die Verzögerungszeiten von Nachrichten
    - Regelfall in den meisten verteilten Systemen
  - Synchroner Netze
    - **Netzwerk garantiert Obergrenzen** für Verzögerungszeiten
    - Einsatz von Spezial-Hardware ermöglicht präzisere Fehlererkennung
- **Häufige Annahmen** bei der Entwicklung von verteilten Systemen
  - Asynchrones Netz
  - Unzuverlässige Zustellung von Nachrichten
  - Vermittlungsknoten (z. B. Router und Switches) sind für den Sender und Empfänger einer Nachricht transparent

## Protokolle

- Regeln und Formate für den Austausch von Nachrichten
- **Aufteilung in Schichten**
  - Trennung verschiedener Aufgaben, die bei einer Übertragung anfallen
  - Schichtenspezifische Paketgrößen möglich
  - Unterschiedliche Adressierung: Prozesse, Rechner, Vermittlungsknoten,...
  - Eventuell **Verschmelzung von Schichten in der Implementierung**



## Interprozesskommunikation

- *No-wait Send*
  - Sender wartet, bis die Nachricht **in seinem Kommunikationssystem** ist
  - Keine Bestätigung, ob die Nachricht den Empfänger erreicht hat
- *Synchronization Send*
  - Sender wartet, bis die Nachricht **beim Empfänger** angekommen ist
  - Synchronisation zwischen Sende- und Empfangsprozess
- *Remote-invocation Send*
  - Sender wartet, bis die Nachricht **vom Empfänger bearbeitet** wurde
  - Sender deblockiert erst, sobald er vom Empfänger eine Antwort erhält

### Literatur



Barbara Liskov

**Primitives for distributed computing**

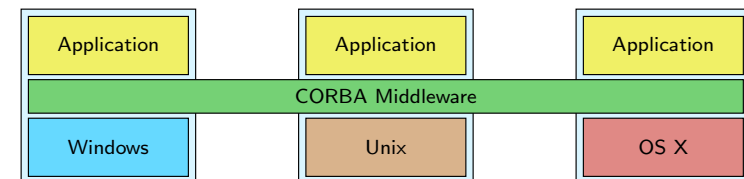
*Proc. of the 7th Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '79), S. 33-42, 1979.*

## Indirekte Kommunikation

- Gruppenkommunikation
  - Abstraktionsmechanismus für mehrere Nachrichtempfänger
  - Sender schickt **Nachricht an Gruppe**, nicht an die konkreten Empfänger
- *Publish-Subscribe*-Mechanismen
  - Sender (*Publisher*) verteilen Dateneinheiten (*Events*)
  - Empfänger (*Subscriber*) registrieren sich anhand **bestimmter Kriterien**
  - System übernimmt Übermittlung von Dateneinheiten an Empfänger
- Tupelräume
  - **Persistenter Speicherbereich** für strukturierte Dateneinheiten (*Tupel*)
  - Kommunikation erfolgt per Erzeugen, Lesen und Löschen von Tupeln
  - Sender und Empfänger müssen nicht zwingend gleichzeitig existieren
- Verteilter **gemeinsamer Speicher**
  - Sender und Empfänger greifen auf (scheinbar) lokale Datenstrukturen zu
  - System sorgt für Synchronisation und Konsistenz

## CORBA

- Common Object Request Broker Architecture (CORBA)
  - **Plattformunabhängige Middleware-Architektur** für verteilte Objekte
  - Erste umfangreiche Normierung von Middleware-Konzepten



- Interface Definition Language (IDL) [Nähere Details in der nächsten Vorlesung.]
  - **Spezifizierung von Schnittstellen**
  - Automatische Generierung von Stubs und Skeletons für Fernaufrufe

### Literatur

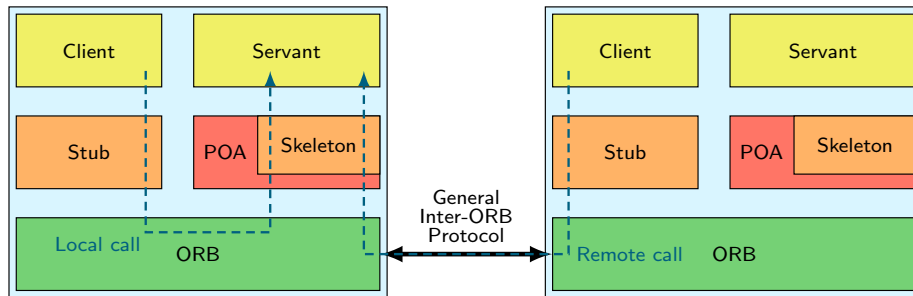


Steve Vinoski

**CORBA: Integrating diverse applications within distributed heterogeneous environments**

*IEEE Communications Magazine, 35(2):46-55, 1997.*

- **Object Request Broker (ORB)**
  - **Vermittlung von Methodenaufrufen** zwischen Objekten
  - Interaktion mit anderen ORBs
- **Portable Object Adapter (POA)**
  - Portabilität von Objektimplementierungen zwischen verschiedenen ORBs
  - **Trennung von Objekt und Objektimplementierung** (*Servant*)
    - Objektimplementierung lässt sich bei Bedarf dynamisch aktivieren
    - Persistente Objekte können die Laufzeit eines Servants überdauern



- **Web Services Description Language (WSDL)**
  - XML-basierte **Beschreibung von Diensten**
  - Bestandteile von WSDL-Beschreibungen
    - Datentypen und Schnittstellen
    - Kommunikationsendpunkte und Abbildung auf Kommunikationsprotokolle
- **SOAP**
  - **Kommunikationsprotokoll** für Web-Service-Nachrichten
  - Bestandteile von SOAP-Nachrichten
    - Header-Blöcke: Kontrollflussinformationen für Kommunikationspartner
    - Body: Nutzdaten


„A **Web service** is a software system designed to support **interoperable machine-to-machine interaction over a network**. It has an interface described in a machine-processable format (specifically **WSDL**). Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using **SOAP messages**, typically conveyed using **HTTP** with an XML serialization in conjunction with other Web-related standards.“

[Web Services Architecture – W3C Working Group Note 11, <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>]

## Vergleich: CORBA vs. Web Services

- **CORBA**
  - Auslegung auf **einzelne Organisation**
  - Einsatz eines eigenständigen Namensdiensts
  - Installation einer eigenen Plattform erforderlich
  - Nachrichten im Binärformat
- **Web Services**
  - Interaktion **unabhängiger, per Internet verbundener Knoten**
  - Auflösung von Namen mittels DNS
  - Gängige Technologien (z. B. HTTP, XML) als Basis
  - Nachrichten im Textformat (XML)

### Literatur

 George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, and Gordon Blair  
**Distributed systems: Concepts and design**  
Addison-Wesley Publishing Company, S. 398–399, 2011.