

## Middleware

- Motivation
- Heterogenität
- Kommunikation
- Common Object Request Broker Architecture (CORBA)
- Web Services

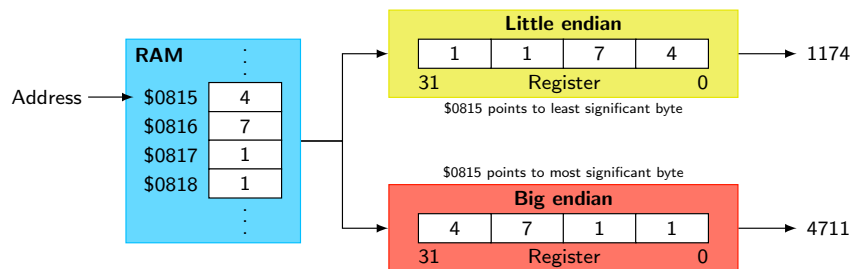
- Problem: Heterogenität auf verschiedenen Ebenen

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



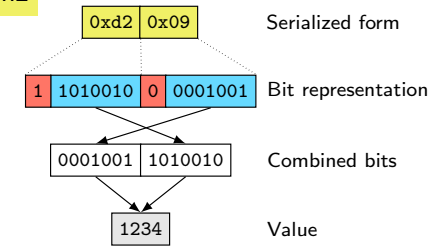
⇒ Konvertierung von Daten erforderlich

## Konvertierungsoptionen

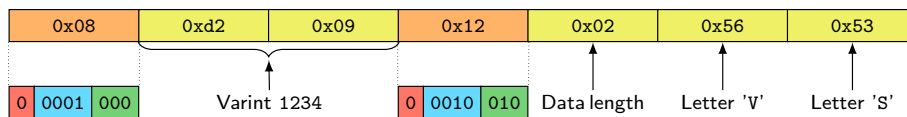
- Beidseitig
  - Datenübertragung in einer kanonischen Darstellung (= Standardformat)
  - Bei Bedarf jeweils Konvertierung beim Sender und/oder Empfänger
  - Problemszenario
    - Sender und Empfänger nutzen intern dieselbe Datenrepräsentation
    - Standard weicht von der Datenrepräsentation der Kommunikationspartner 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>



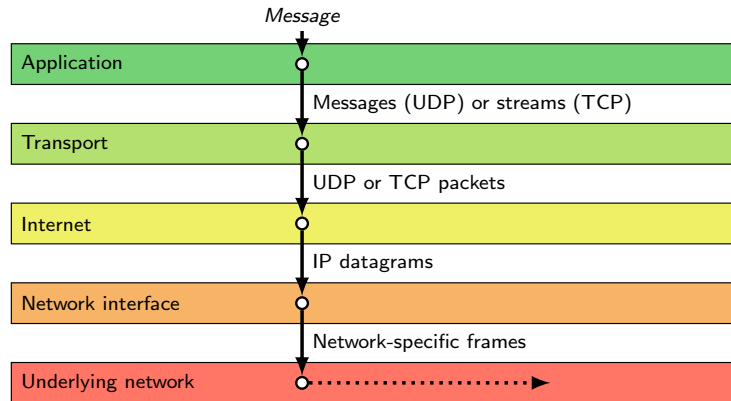
- Datenbeschreibungssprache zur Spezifizierung von Nachrichten
    - Kennzeichnung optionaler Felder
    - Vergabe von Feldindizes
- ```
message VSMMessage {
  required int32 key = 1; // Field #1
  optional string value = 2; // Field #2
}
```
- Kodierung einer VSMMessage mit key = 1234 und value = „VS“
    - 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 sein Kommunikationssystem erreicht hat
  - 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, sobald er vom Empfänger eine Antwort erhält

### Literatur

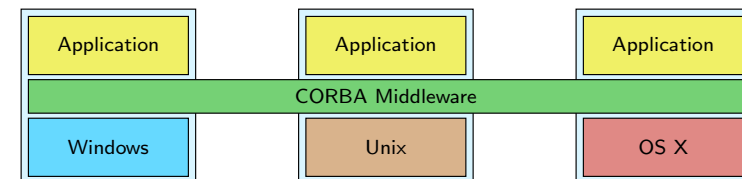
- Barbara Liskov  
**Primitives for distributed computing**  
*Proc. of the 7th Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '79)*, S. 33–42, 1979.

## Indirekte Kommunikation

- Gruppenkommunikation
  - Abstraktionsmechanismus für mehrere Nachrichtenempfänger
  - 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

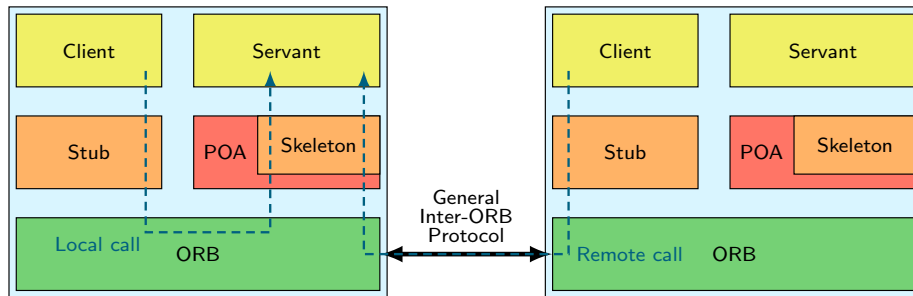


- Interface Definition Language (IDL) [Nähere Details in der nächsten Vorlesung.]
  - Spezifizierung von Schnittstellen
  - Automatische Generierung von Stubs und Skeletons für Fernaufrufe

### 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 unabhängig, 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.