Überblick

Middleware

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

Motivation

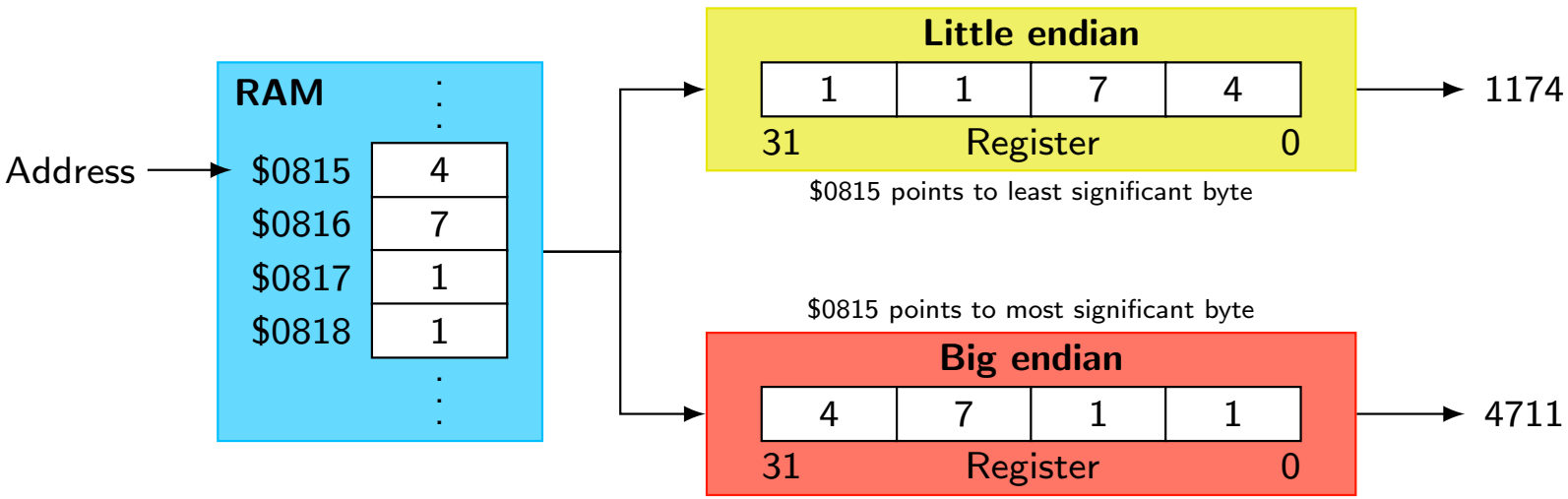
- Problem: Heterogenität auf verschiedenen Ebenen

Bereich	Beispiele
Netzwerke	Medium, Technik, Topographie
Rechner-Hardware	Peripherie, Speicher, CPU
Prozessoren	Informationsdarstellung, Endianess
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* vs. *Little Endian*
- Beispiel: Endianess



⇒ **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

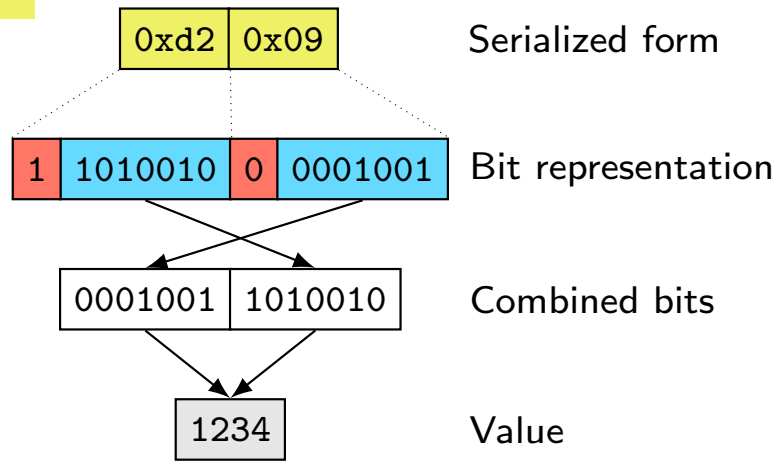
    → Nutzloser Mehraufwand durch eigentlich unnötige Konvertierungen
- Sendeseitig („Sender makes it right“)
  - Sender übermittelt Daten in der Repräsentation des Empfängers
  - Probleme
    - Kommunikation mit mehreren heterogenen Empfängern (z. B. Multicast)
    - Zusätzlicher Aufwand beim Weiterleiten 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

External Data Representation (XDR)

- 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)
  - 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



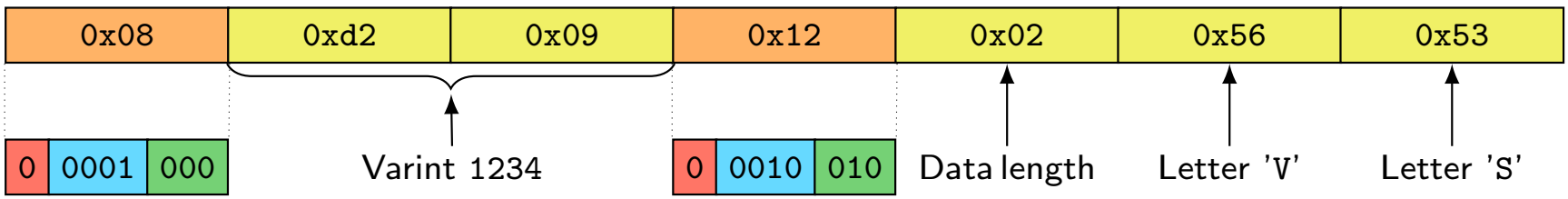
- Literatur

Protocol Buffers Developer Guide – Encoding
https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/encoding

- Datenbeschreibungssprache zur Spezifizierung von Nachrichten
  - Kennzeichnung optionaler Felder
  - Vergabe von Feldindices

```
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

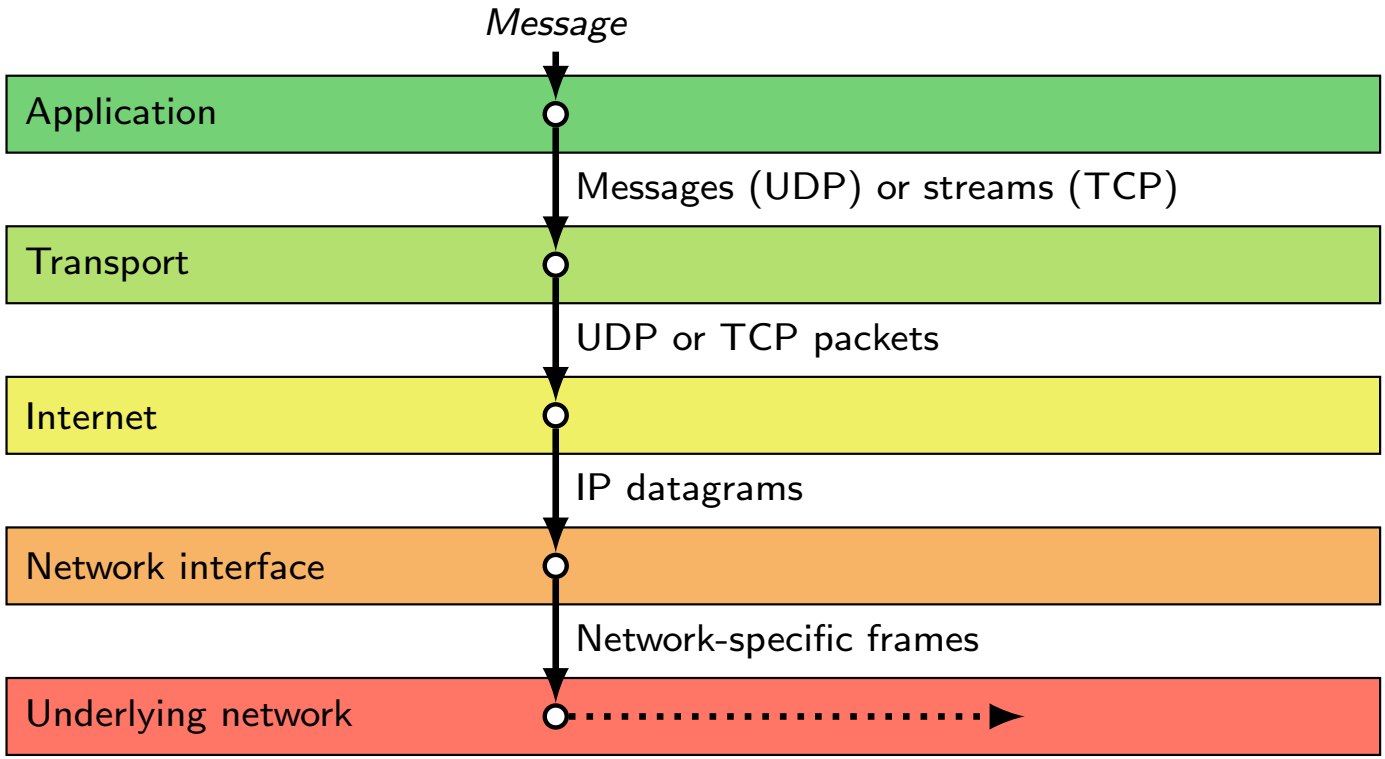


Netzwerke

- 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
  - Synchrone 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

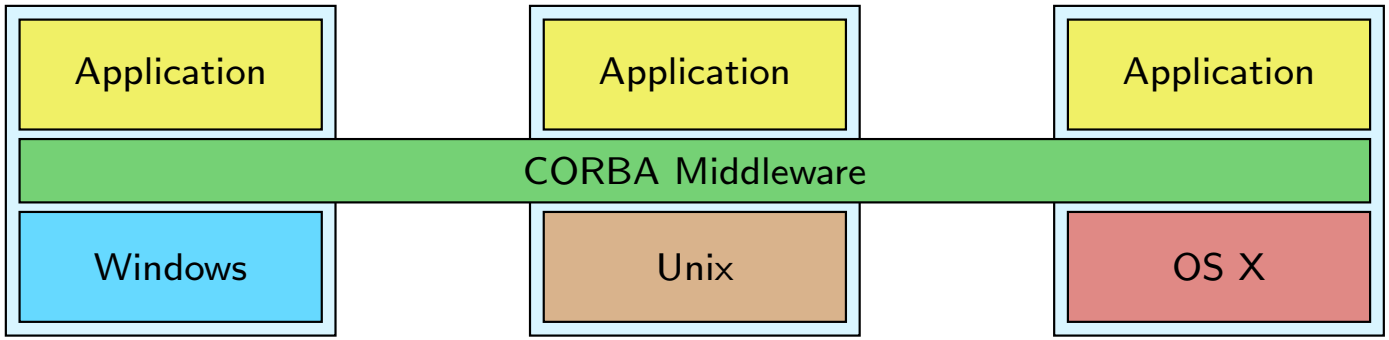
Barbara Liskov
Primitives for distributed computing
Proc. of the 7th Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '79), S. 33–42, 1979.

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)

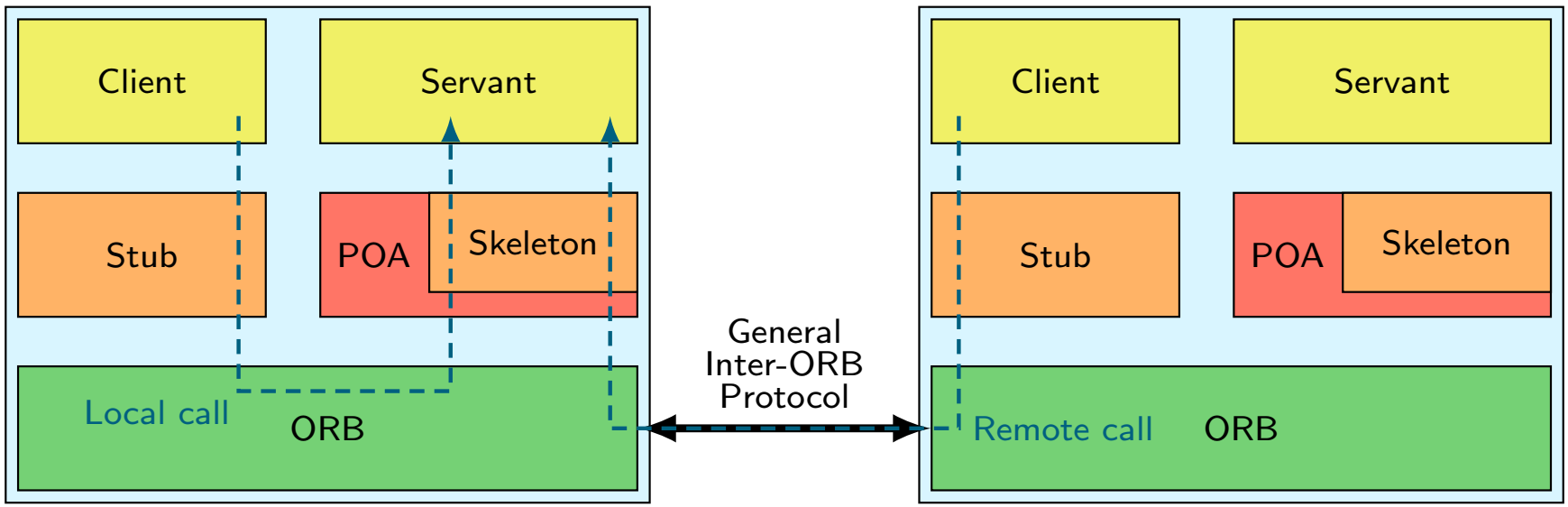
[Nähere Details in der nächsten Vorlesung.]

  - 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.

Architektur

- *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 lassen sich bei Bedarf dynamisch aktivieren
    - Persistente Objekte können die Laufzeit eines Servers überdauern



Web Services

- 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.