

Auswahl von Netzwerktransportangeboten in einer Future-Internet-Architektur basierend auf funktionalen Blöcken

5. DFN-Forum Kommunikationstechnologien

Regensburg, 21.05.2012

Daniel Günther, Nathan Kerr and Paul Müller

University of Kaiserslautern

Department of Computer Science

Integrated Communication Systems ICSY

<http://www.icsy.de>

- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

Situationsbeschreibung

- ▶ In den letzten Jahren veränderte sich das Internet sowohl durch technische Entwicklungen
 - In den 60er/70er Jahren ein einfaches Datennetzwerk
 - Heute eine hochkomplexe Kommunikationsinfrastruktur mit unterschiedlicher technischer Kommunikationsbasis
- ▶ Als auch durch geänderte Anforderungscharakteristiken
 - Ursprüngliche Nutzung hauptsächlich durch Universitäten
 - Heute in jedem Lebensbereich eine Anwendung denkbar

Auftretende Problematik

- ▶ Eine Vielzahl der heute zur Verfügung stehenden Anwendungen und Methoden wurde in den 70er und 80er Jahren konzipiert, jedoch nicht oder kaum weiterentwickelt
 - Entwicklungen sind nicht mehr zeitgemäß
 - Methodenkompositionen folgen einem starren anforderungsunabhängigen Modell (ISO/OSI)

Situationsbeschreibung

- ▶ In den letzten Jahren veränderte sich das Internet sowohl durch technische Entwicklungen
 - In den 60er/70er Jahren ein einfaches Datennetzwerk
 - Heute eine hochkomplexe Kommunikationsinfrastruktur mit unterschiedlicher technischer Kommunikationsbasis
- ▶ Als auch durch geänderte Anforderungscharakteristiken
 - Ursprüngliche Nutzung hauptsächlich durch Universitäten
 - Heute in jedem Lebensbereich eine Anwendung denkbar

Auftretende Problematik

- ▶ Eine Vielzahl der heute zur Verfügung stehenden Anwendungen und Methoden wurde in den 70er und 80er Jahren konzipiert, jedoch nicht oder kaum weiterentwickelt
 - **Entwicklungen sind nicht mehr zeitgemäß**
 - **Methodenkompositionen folgen einem starren anforderungsunabhängigen Modell (ISO/OSI)**

Situationsbeschreibung

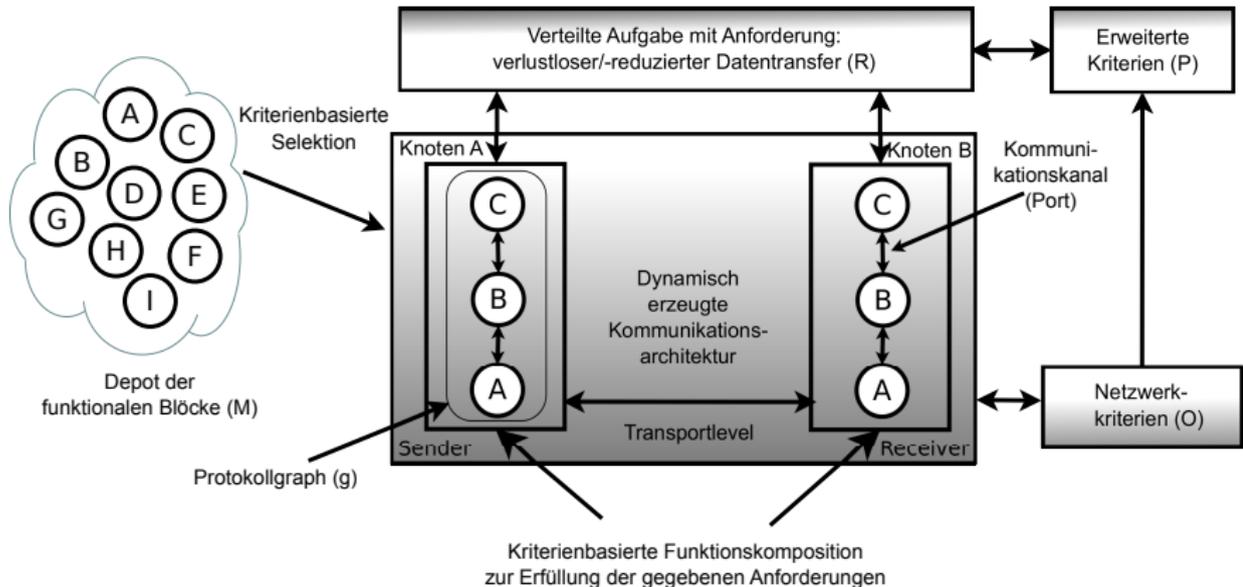
- ▶ In den letzten Jahren veränderte sich das Internet sowohl durch technische Entwicklungen
 - In den 60er/70er Jahren ein einfaches Datennetzwerk
 - Heute eine hochkomplexe Kommunikationsinfrastruktur mit unterschiedlicher technischer Kommunikationsbasis
- ▶ Als auch durch geänderte Anforderungscharakteristiken
 - Ursprüngliche Nutzung hauptsächlich durch Universitäten
 - Heute in jedem Lebensbereich eine Anwendung denkbar

Forschungsansätze

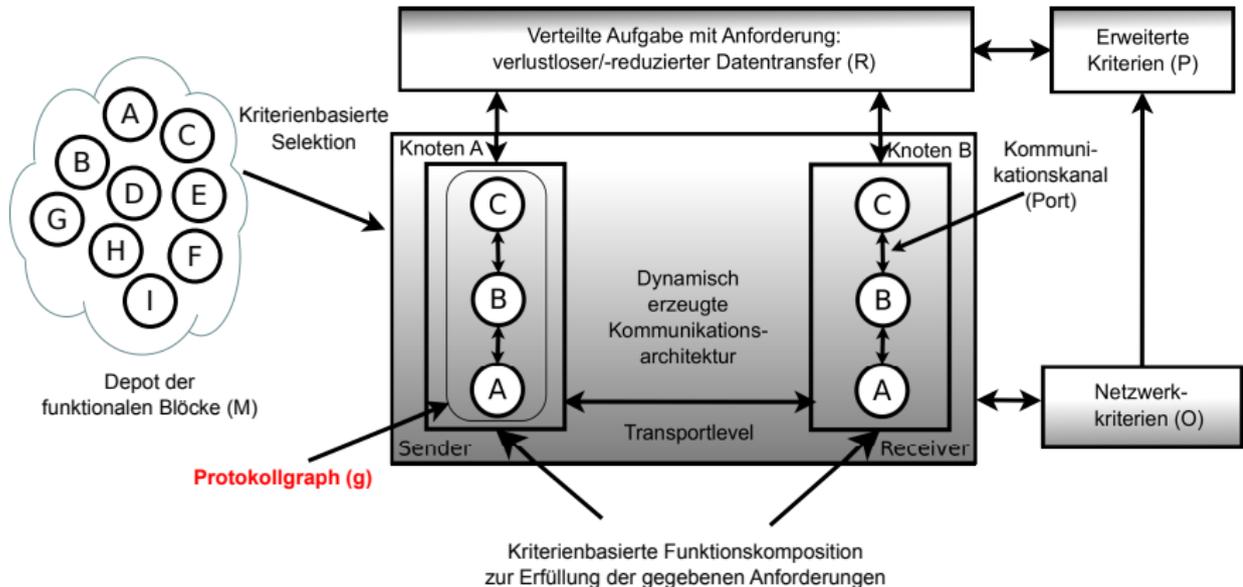
- ▶ Future-Internet-Forschung
 - Initiative interdisziplinärer Forschergruppen → Datentransfer
- ▶ Ansätze
 - Funktionale Komposition (speziell Netzwerkfunktionalitäten, wie Verlustreduktion oder CRC), austauschbare Netzwerkstapel, virtuelle Netzwerke

- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

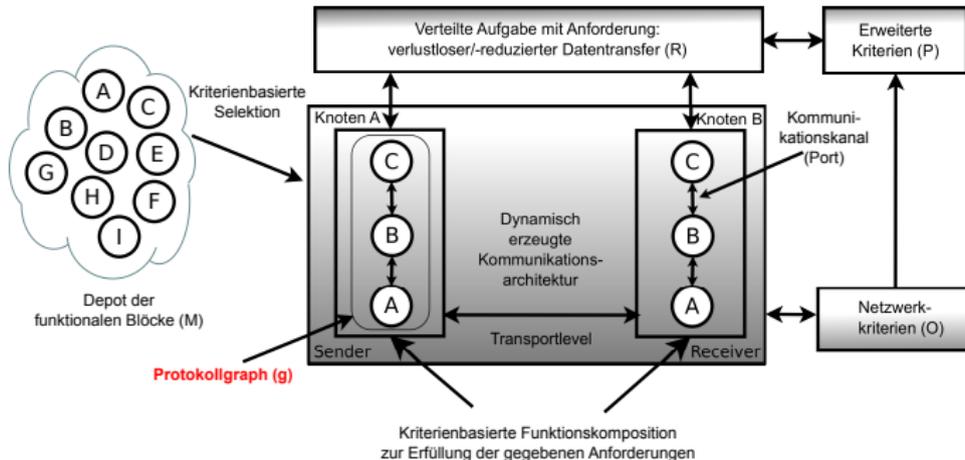
Generelles Modell einer flexiblen Netzwerkarchitektur basierend auf funktionalen Blöcken



Generelles Modell einer flexiblen Netzwerkarchitektur basierend auf funktionalen Blöcken



Identifizierte erkenntnisleitende Fragestellung



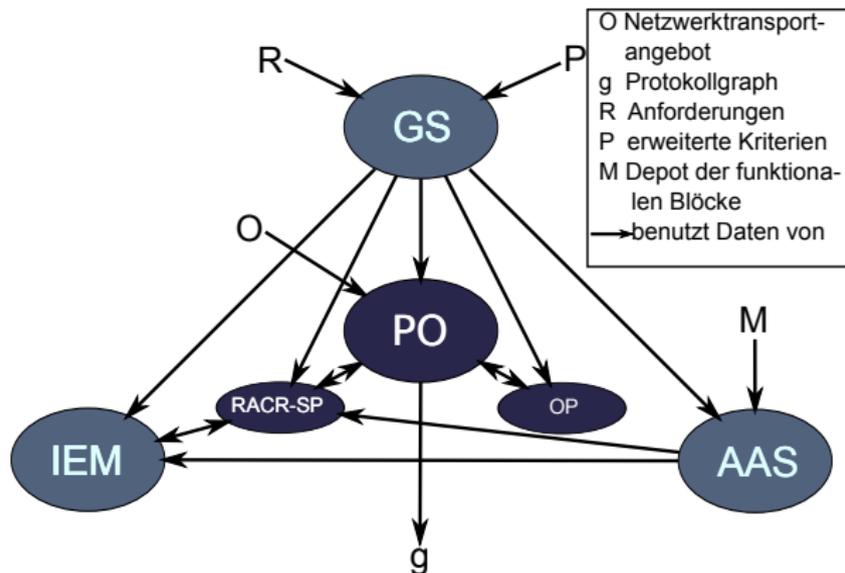
Gegeben seien eine Menge von funktionalen Blöcken (M), eine Menge von Anforderungen (R), eine Menge von erweiterten Kriterien (P) sowie eine Menge von Netzwerktransportangeboten (O). Gesucht ist der Protokollgraph (g) aus Elementen von O und M , welcher die Kriterien von R und P am besten erfüllt.

→ Wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesem Problem führt zu neuen Forschungsfragen

- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

Systematisches mehrstufiges Vorgehensmodell – MPM

Gegeben seien eine Menge von funktionalen Blöcken (M), eine Menge von Anforderungen (R), eine Menge von erweiterten Kriterien (P) sowie eine Menge von Netzwerktransportangeboten (O). Gesucht ist der Protokollgraph (g) aus Elementen von O und M , welcher die Kriterien von R und P am besten erfüllt.



Wissenschaftliche Forschungsfragen

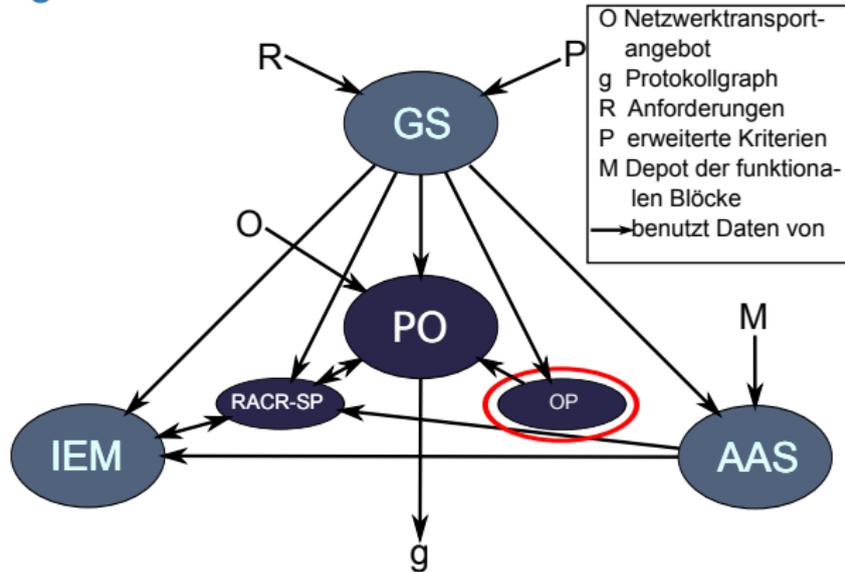
- ▶ Sind Anforderungen, Kriterien und Angebot vereinbar (GS)?
- ▶ Welche Auswirkung hat ein möglicher funktionaler Block (AAS) [1]?
- ▶ Welche Auswirkung hat die Komposition unterschiedlicher funktionaler Blöcke (IEM) [2]?
- ▶ Wie kann evaluiert werden, ob funktionale Kompositionen gestellte Anforderungen erfüllen (IEM)?
- ▶ Wie können funktionale Kompositionen gefunden werden, die die Anforderungen erfüllen (PO, RACR-SP [3], IEM, OP) ?
- ▶ Wie können Funktionskompositionen (Netzwerktransportangebote) ausgewählt werden (OP)?
- ▶ ...

Wissenschaftliche Forschungsfragen

- ▶ Sind Anforderungen, Kriterien und Angebot vereinbar (GS)?
- ▶ Welche Auswirkung hat ein möglicher funktionaler Block (AAS) [1]?
- ▶ Welche Auswirkung hat die Komposition unterschiedlicher funktionaler Blöcke (IEM) [2]?
- ▶ Wie kann evaluiert werden, ob funktionale Kompositionen gestellte Anforderungen erfüllen (IEM)?
- ▶ Wie können funktionale Kompositionen gefunden werden, die die Anforderungen erfüllen (PO, RACR-SP [3], IEM, OP) ?
- ▶ **Wie können Funktionskompositionen (Netzwerktransportangebote) ausgewählt werden (OP)?**
- ▶ ...

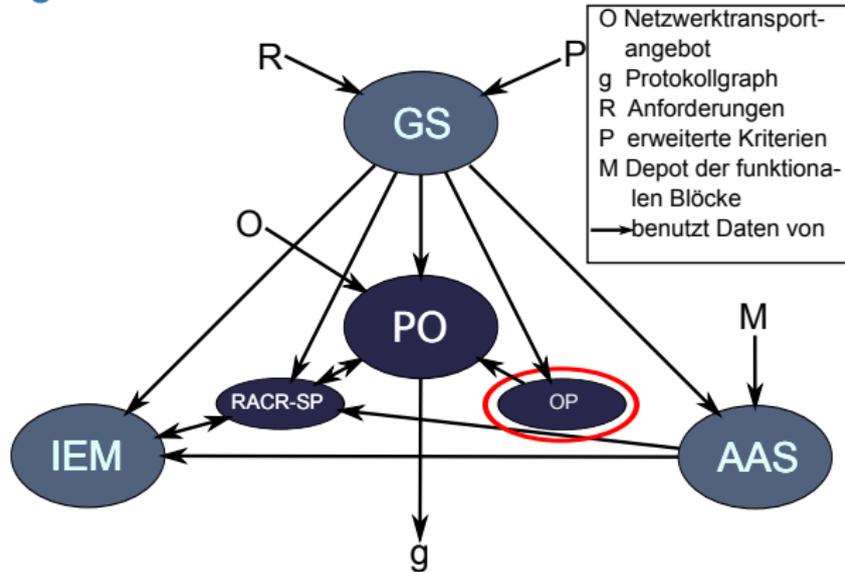
- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

Abgrenzung des Problems



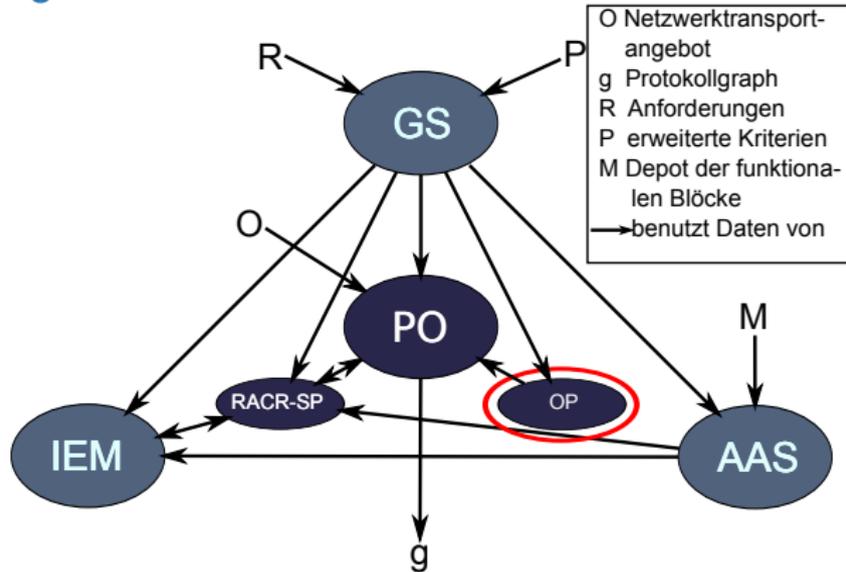
- ▶ **Problem:** Wie können Netzwerktransportangebote ausgewählt werden?
- ▶ *Barriere:* Mehrere Eigenschaften sind zu beachten
- ▶ **Lösung:** Eine sequentielle Eliminierungsmethode

Abgrenzung des Problems



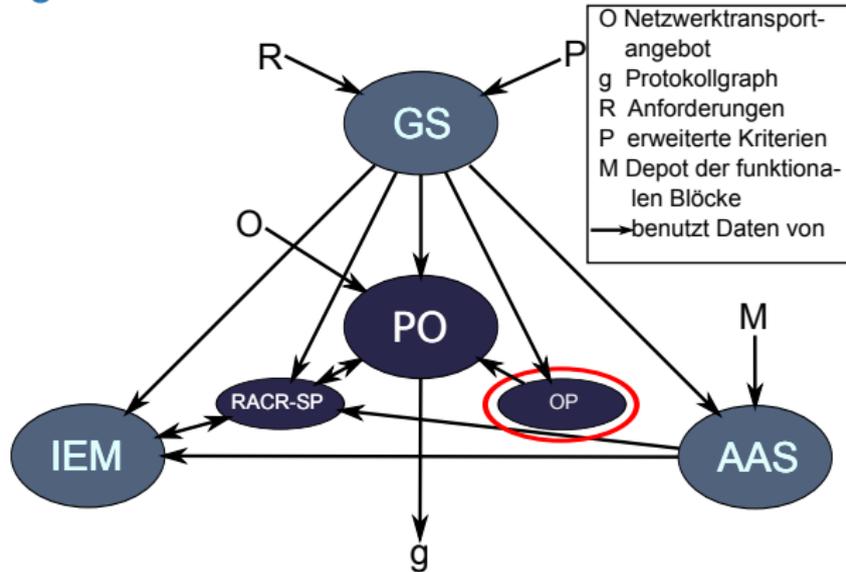
- ▶ **Problem: Wie können Netzwerktransportangebote ausgewählt werden?**
- ▶ *Barriere: Mehrere Eigenschaften sind zu beachten*
- ▶ **Lösung: Eine sequentielle Eliminierungsmethode**

Abgrenzung des Problems



- ▶ **Problem:** Wie können Netzwerktransportangebote ausgewählt werden?
- ▶ **Barriere:** *Mehrere Eigenschaften sind zu beachten*
- ▶ **Lösung:** Eine sequentielle Eliminierungsmethode

Abgrenzung des Problems



- ▶ **Problem: Wie können Netzwerktransportangebote ausgewählt werden?**
- ▶ **Barriere: Mehrere Eigenschaften sind zu beachten**
- ▶ **Lösung: Eine sequentielle Eliminierungsmethode**

Strukturierung und Identifikation des Problems

- ▶ Alternativen sind unabhängig
- ▶ Eigenschaften bilden konjunktive Bedingungen
- ▶ Konkurrierende Ziele möglich
- ▶ Entscheidung unter Sicherheit

→ **Multikriterielles Problem**

Generelle Problemmodellierung I

- ▶ Ein MCDM ist ein Tupel (A, f)
- ▶ A = Menge der zur Verfügung stehenden Alternativen (a)
 - n ist die Anzahl der Alternativen
- ▶ f = Bewertungsfunktion ($f : A \rightarrow \mathbb{R}^q, q \geq 2$)
 - f weist allen Alternativen Eigenschaftswerte (e_j) zu
- ▶ q = Anzahl der Eigenschaften einer Alternative

Generelle Problemmodellierung II

- ▶ Für alle $a \in A$ wird $f(a)$ dargestellt als
 - $f(a) = (f_1(a), \dots, f_q(a))$

→ Entscheidungsmatrix Z

f	e_1	\dots	e_q
a_1	$f_1(a_1)$	\dots	$f_q(a_1)$
\vdots	\vdots		\vdots
a_n	$f_1(a_n)$	\dots	$f_q(a_n)$

Entscheidungsmatrix Z

- ▶ Optimierungsparameter
 - $O = \{\leq, \geq\}$, $K = \{k_1, \dots, k_m \mid k_i \in O\}$
 - O = Ordnungsrelationen, K = Optimierungskriterien
 - Jedem e_j wird ein k_j zugeordnet
 - P = Prioritäten = $\{1, \dots, n\}$

- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

Optimierungsprozess (OP)

Methode: Sequenzielle Eliminierung

- 1: Rangfolgebildung der Eigenschaften $e_1 \dots e_q$
 - 2: **while** Es gibt noch nicht betrachtete Eigenschaften **do**
 - 3: **if** $|A| = 1$ **then**
 - 4: **return** Alternative a
 - 5: **else**
 - 6: e = nächste Eigenschaft
 - 7: k = Ordnung von e
 - 8: Sortierung der Alternativen in e bezüglich k
 - 9: Eliminiere in Z die nicht in e optimalen Alternativen
 - 10: **end if**
 - 11: **end while**
-

→ **Vorteil:** Immer optimales Ergebnis hinsichtlich erster Priorität

Beispielszenario - Definition Optimierungskriterien - VoIP-Transfer

	Eigenschaft	k_j	P
e_4	Framegröße in Byte	\geq (maximieren)	4
e_3	Datenrate in Kbit/s	\geq (maximieren)	3
e_1	Paketverlustwahrscheinlichkeit	\leq (minimieren)	1
e_2	Verzögerung in ms	\leq (minimieren)	2

- ▶ e_j = Eigenschaft einer Alternative
- ▶ P = Priorität (1 \equiv "höchste Priorität")
- ▶ k_j = Ordnungsrelation

Beispielszenario

	e_1	e_2	e_3	e_4		e_1	e_2	...	
a_1	0.0025	204	99733.3	1496	→	a_4	0.000125	208	...
a_2	0.000125	206	66488.9	1496		a_2	0.000125	206	...
a_3	0.0025	206	99466.7	1492		a_1	0.0025	204	...
a_4	0.000125	208	66311.1	1492		a_3	0.0025	206	...
a_5	0.0025	206	99466.7	1492		a_5	0.0025	206	...

- ▶ Eigenschaftswerte durch MPM berechnet
- ▶ Rangfolgebildung der Eigenschaften
- ▶ Permutation der Zeilen in Z

Beispielszenario

	e_1	e_2	e_3	e_4		e_1	e_2	...	
a_4	0.000125	208	66311.1	1492	→	a_4	0.000125	208	...
a_2	0.000125	206	66488.9	1496		a_2	0.000125	206	...
a_1	0.0025	204	99733.3	1496		a_1	0.0025	204	...
a_3	0.0025	206	99466.7	1492		a_3	0.0025	206	...
a_5	0.0025	206	99466.7	1492		a_5	0.0025	206	...

- ▶ Eliminierung der nicht optimalen Alternativen
- ▶ Eliminierung in Z erfolgt zeilenweise
- ▶ a_1 , a_3 und a_5 werden aus Z entfernt

Beispielszenario

	e_1	e_2	e_3	e_4		e_1	e_2	...	
a_2	0.000125	206	66488.9	1496	→	a_2	0.000125	206	...
a_4	0.000125	208	66311.1	1492		a_4	0.000125	208	...

- ▶ Ordnung der Alternativen in Z nach e_2
- ▶ Eliminierung der nicht in e_2 optimalen Alternativen in Z
- ▶ Z verfügt nun nur noch über eine Alternative

→ Die Alternative a_2 ist hier das Resultat der Auswahl

- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

Kriterienanalyse - Simulationsszenarios

→ **Zielstellung 1:** Einfluss der Priorisierung der Kriterien auf Resultat und Methode

e_1	e_2	e_3	e_4	a	E_o	E_b
1	2	3	4	a_2	e_1, e_4	e_1, e_2
2	1	3	4	a_1	e_2, e_3, e_4	e_2
2	3	1	4	a_1	e_2, e_3, e_4	e_3
2	3	4	1	a_2	e_1, e_4	e_1, e_4
...

▶ E_o = Optimale Eigenschaften (e_i)

▶ E_b = Betrachtete Eigenschaften (e_i)

→ **Resultat 1:** Es wird immer ein optimales Ergebnis hinsichtlich der höchsten Priorität erreicht

→ **Resultat 2:** Es werden nicht in jedem Fall niederpriorisierte Eigenschaften im Entscheidungsprozess verwendet

Kriterienanalyse - Simulationsszenarios

→ **Zielstellung 1:** Einfluss der Priorisierung der Kriterien auf Resultat und Methode

e_1	e_2	e_3	e_4	a	E_o	E_b
1	2	3	4	a_2	e_1, e_4	e_1, e_2
2	1	3	4	a_1	e_2, e_3, e_4	e_2
2	3	1	4	a_1	e_2, e_3, e_4	e_3
2	3	4	1	a_2	e_1, e_4	e_1, e_4
...

▶ E_o = Optimale Eigenschaften (e_i)

▶ E_b = Betrachtete Eigenschaften (e_i)

→ **Resultat 1:** Es wird immer ein optimales Ergebnis hinsichtlich der höchsten Priorität erreicht

→ **Resultat 2:** Es werden nicht in jedem Fall niederpriorisierte Eigenschaften im Entscheidungsprozess verwendet

Kriterienanalyse - Simulationsszenarios

→ **Zielstellung 1**: Einfluss der Priorisierung der Kriterien auf Resultat und Methode

e_1	e_2	e_3	e_4	a	E_o	E_b
1	2	3	4	a_2	e_1, e_4	e_1, e_2, e_3, e_4
2	1	3	4	a_1	e_2, e_3, e_4	e_1, e_2, e_3, e_4
2	3	1	4	a_1	e_2, e_3, e_4	e_1, e_2, e_3, e_4
2	3	4	1	a_2	e_1, e_4	e_1, e_2, e_3, e_4
...

- ▶ E_o = Optimale Eigenschaften (e_i)
- ▶ E_b = Betrachtete Eigenschaften (e_i)

→ **Resultat 1**: Es wird immer ein optimales Ergebnis hinsichtlich der höchsten Priorität erreicht

→ **Resultat 2**: Es werden nicht in jedem Fall niederpriorisierte Eigenschaften im Entscheidungsprozess verwendet

Komplexitätsbetrachtung

→ **Zielstellung:** Überprüfung der Vermutung, dass der Intuition: *„die Lösung eines multikriteriellen Entscheidungsproblems benötigt hohen Rechenaufwand“* oft tatsächlich nur ein geringer Rechenaufwand entgegen steht

→ **Evaluationsmethode:** Simulation (innerhalb des Prototypen zur Realisierung des MPM [4])

→ **Resultat 3:** Komplexität der Entscheidungsfindung

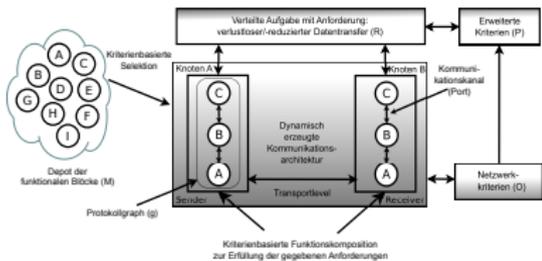
- ▶ Sortieralgorithmus = $O(n \cdot \log n)$ [5]

- ▶ Sortieralgorithmus wird q -mal ausgeführt

 - $O(n \cdot \log n \cdot q)$

- ▶ **Einleitung**
 - Situationsbeschreibung
- ▶ **Stand der Forschung und Technik**
 - Ansatz zur Realisierung flexibler Netzwerke
- ▶ **Analyse und Eingrenzung**
 - Identifizierte Forschungsfragen
- ▶ **Problemstellung**
 - Statement
 - Modellierung
- ▶ **Lösungsansatz**
 - Methode
 - Beispielszenario
- ▶ **Evaluation**
 - Kriterienanalyse
 - Komplexitätsbetrachtung
- ▶ **Zusammenfassung und Ausblick**

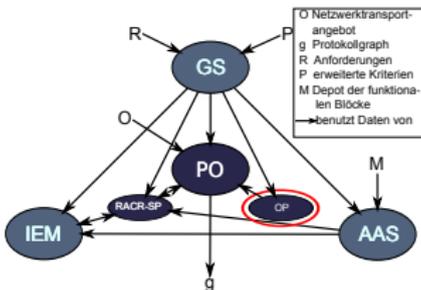
Motivation Forschungsgebiet



Definition erkenntnisleitender Fragestellung

Gegeben seien M , R , P und O .
Gesucht ist der Protokollgraph (g) aus O und M , der die Kriterien von R und P am besten erfüllt.

Wissenschaftlicher Lösungsansatz: MPM



Identifizierte Forschungsfragen (Fokus)

- ▶ ...
- ▶ Wie können Netzwerktransportangebote ausgewählt werden?
- ▶ ...

Fokussierte Betrachtung

Problemmodellierung

► Identifikation (MCDM)

f	e_1	...	e_q
a_1	$f_1(a_1)$...	$f_q(a_1)$
\vdots	\vdots		\vdots
a_n	$f_1(a_n)$...	$f_q(a_n)$

Entscheidungsmatrix Z

Evaluation - Resultate

- Lösungsansatz liefert immer optimales Ergebnis
- Lineare Laufzeitkomplexität

Lösungsbeitrag

► Methode & Beispiel

- 1: Rangfolgebildung der Eigenschaften $e_1 \dots e_q$
- 2: **while** Es gibt noch nicht betrachtete Eigenschaften **do**
- 3: **if** $|A| = 1$ **then**
- 4: **return** Alternative a
- 5: **else**
- 6: $e =$ nächste Eigenschaft
- 7: ...
- 8: **end if**
- 9: **end while**

Ausblick

- Automatische Auswahl von Entscheidungsmethoden oder -kriterien
- Beitrag zur Schaffung neuen Wissens im Forschungsgebiet Future Internet

Auszug:

- [1] GÜNTHER, D. ; VEITH, E. MSP ; MÜLLER, P.: Extracting Decision Criteria by Modeling Retransmission and Forward Error Correction in a Future Internet Architecture. In: *37th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA2011), Oulu, Finland, 30.08.-02.09.2011*, 2011. – ISBN 978-3-902457-30-1
- [2] GÜNTHER, D. ; KERR, N. ; MÜLLER, P.: A Simulation Model for Evaluating the Impact of Communication Services in a Functional-block-based Network Protocol Graph. In: *15th Communications and Networking Symposium (CNS'2012) at SpringSim'12, Orlando, USA, 2012*
- [3] GÜNTHER, D. ; KERR, N. ; MÜLLER, P.: A Requirement Aware Method to Reduce Complexity in Selecting and Composing Functional-block-based Protocol Graphs. In: *4th International Conference on Networked Digital Technologies (NDT 2012), Dubai, VAE, 2012*
- [4] GÜNTHER, D. ; KERR, N. ; MÜLLER, P.: A Multistep Process Model for Selecting and Composing Functional Blocks in a Future Internet Architecture. In: *The Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS-2012), Palermo, Italy, 2012*
- [5] NETWORK, The C++ R.: *STL Algorithms*.
<http://www.cppplusplus.com/reference/algorithm/sort/>. Version:2011

Danke!

Fragen?



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN



Dipl.-Inf. Daniel Günther

Integrierte Kommunikationssysteme ICSY

Technische Universität Kaiserslautern

Fachbereich Informatik

Postfach 3049

67653 Kaiserslautern

Telefon: +49 (0)631 205-25 91

Telefax: +49 (0)631 205-30 56

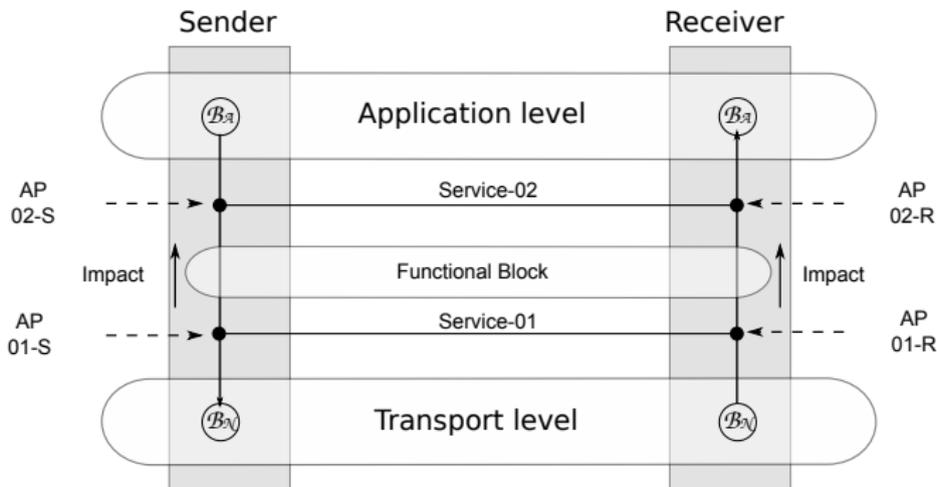
E-Mail: guenther@informatik.uni-kl.de

Internet: <http://www.icsy.de>



Backup Slides

A typical impact evaluation model (IEM)



Model for evaluating the impact of communication services in a functional-block-based network architecture

Simulation Results (RACR-SP)

