

LoadSpec - ein E-Learning Werkzeug zur Lastspezifikation

im Bereich der Telematik

Andrey Kolesnikov, Stephan Heckmüller
{kolesnikov, heckmueller}@informatik.uni-hamburg.de
AG Telekommunikation und Rechnernetze (TKRN)
Universität Hamburg, MIN-Fakultät, Department Informatik
Vogt-Kölln-Str. 30, 22527 Hamburg

Keywords: E-Learning, Lastmodellierung, Lastspezifikation, Lernwerkzeug.

1. Motivation und Zielsetzung

Experimente zur Leistungsanalyse und Erstellung von Verhaltensprognosen in Kommunikations- und Informationssystemen werden üblicherweise bei verschiedenen Belastungsniveaus durchgeführt. Der Einsatz von künstlichen (synthetischen) Lasten bei der Lastmodellierung besitzt gegenüber den Lasten von realen Anwendungen oder Diensten die Vorteile der Reproduzierbarkeit, Skalierbarkeit und Flexibilität in der Parametrisierung sowie einer vergleichsweise aufwandsarmen Realisierung. Aus diesen Gründen sind geeignete Methoden zur Spezifikation und Generierung von künstlichen Lasten von essentieller Bedeutung für die Telematik [CaS93] und bedürfen in der universitären Lehre einer entsprechenden ausführlichen Behandlung.

Eine formale Lastspezifikationstechnik wurde an der Arbeitsgruppe TKRN in [Wol99] erarbeitet und in [Con06] aktuell erweitert. Diese Technik basiert auf dem Konzept eines erweiterten endlichen *Benutzerverhaltensautomaten (BVA)*¹ und ermöglicht formale Spezifikation des Verhaltens von Benutzern und abstrakte Beschreibung der Aufträge von diesen Benutzern an verschiedenen Anwendungs- oder Dienstschnittstellen in modernen Kommunikations- und Informationssystemen.

Um die Methoden und Techniken der Lastmodellierung in der universitären Lehre den Studierenden besser vermitteln zu können, wurde im Rahmen des Projektes *TeleMuM* (das zur Verbesserung der Präsenzlehre im Bereich der Rechnernetze und Telematik an der Arbeitsgruppe TKRN in den Jahren 2004 bis 2006 durchgeführt wurde) u.a. eine erste Version des Werkzeugs *LoadSpec* entwickelt, in dem die erwähnte Lastspezifikationstechnik integriert ist [FHW04]. Mit *LoadSpec* sollte es für die Studierenden möglich sein, unter Verwendung von Abstraktions- und Aggregationstechniken Lastmodelle in Form von BVAs für Benutzer an verschiedenen wohldefinierten Anwendungs- oder Dienstschnittstellen (z. B. an einer Transportdienstschnittstelle) in Kommunikationssystemen zu definieren, geeignete Modellparameter zu spezifizieren und anschließend die Last als Sequenz von abstrakten Aufträgen zu generieren.

Die generierte Sequenz von abstrakten Aufträgen kann zur Veranschaulichung des lasterzeugenden Verhaltens von Anwendungen oder Diensten, zur Generierung von realen Aufträgen (z. B. von TCP-Aufträgen) an einer gewählten Schnittstelle (z. B. an der Transportdienstschnittstelle TCP) bei experimentellen Untersuchungen in realen Netzen mit Hilfe eines geeigneten Schnittstellen-Adapters [Kol06] oder in Emulationsstudien für Netze und Kommunikationssysteme in Verbindung mit einem Netzemulator (wie z.B. *NetEmu*, [Sch06]) genutzt werden. Mit diesen Funktionen soll die Möglichkeit zum *explorativen* und *experimentellen Lernen* [Nie03] für die Studierenden im Bereich der Telematik unterstützt und gefördert werden.

2. Eine formale Lastspezifikationstechnik

Der Einsatz von künstlichen (synthetischen) Lasten bei Lastmodellierung in der Telematik setzt eine geeignete Lastspezifikationstechnik voraus. Die in *LoadSpec* eingesetzte Lastspezifikationstechnik besteht im Wesentlichen aus folgenden vier Schritten:

- (1) Festlegung der Schnittstelle *IF* für die Lastmodellierung (z.B. eine Transportdienstschnittstelle); dadurch wird die Trennung der lastgenerierenden Umgebung *E* von dem auftragsbearbeitenden System *S* vorgenommen.
- (2) Spezifikation der möglichen abstrakten Auftragsstypen und dazugehöriger Auftragsattribute.
- (3) Spezifikation der möglichen Auftragssequenzen in einem zustandsbasierten Benutzerverhaltensautomaten (*BVA*).
- (4) Spezifikation der Übergabezeitpunkte der abstrakten Aufträge an *IF*.

¹ Für eine ausführliche Beschreibung eines Benutzerverhaltensautomaten wird an dieser Stelle auf [Con06] verwiesen.

Eine solche Technik erlaubt es, die an der Schnittstelle IF in einem Zeitintervall T angebotene Last L_T als Sequenz von Aufträgen $L_T=(t_i, A_i), 0 \leq t_i \leq T, i=1,2,\dots,n$ zu beschreiben (t_i : Übergabezeitpunkt des Auftrags A_i , A_i : ein Auftrag mit dazugehörigen Auftragsattributen).

3. Funktionsumfang von LoadSpec

Das Werkzeug *LoadSpec* stellt für die Studierenden eine Arbeitsumgebung zur Verfügung, in der Modelle des Benutzerverhaltens spezifiziert und Sequenzen von abstrakten Aufträgen gemäß diesen Modellen generiert werden können. *LoadSpec* ermöglicht dem Benutzer die Bearbeitung folgender *Aufgabenstellungen*:

- (1) Vollständige Spezifikation eines Benutzermodells als *BVA*,
- (2) Flexible Parametrisierung des Benutzermodells in einem *parametrisierten BVA (PBVA)*,
- (3) Generierung von abstrakten Aufträgen gemäß dem Benutzermodell,
- (4) Analyse generierter Auftragssequenzen mit Hilfe von Zeitdiagrammen.

LoadSpec wurde in der Programmiersprache C++ realisiert und besitzt eine graphische Bedienungs Oberfläche, in der die einzelnen Teilkomponenten mit folgenden Funktionen integriert sind (vgl. Abb. 1):

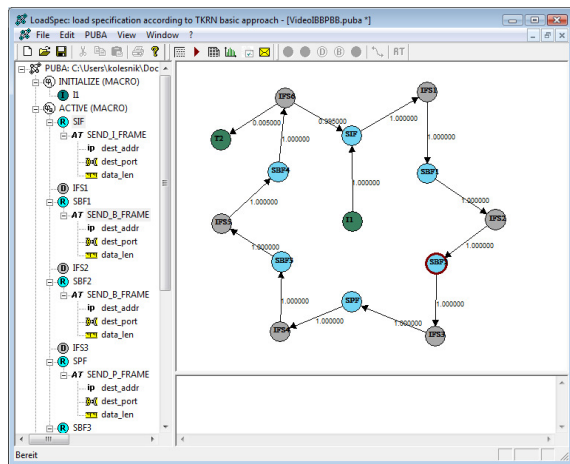


Abbildung 1: Konstruktion eines *BVA* für eine MPEG-codierte Videoquelle in *LoadSpec*.

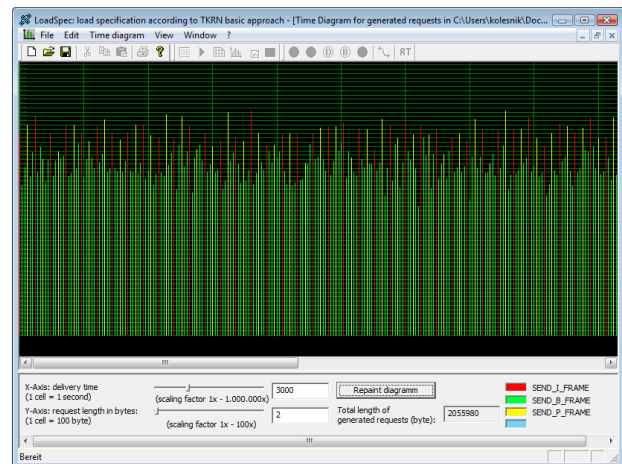


Abbildung 2: Graphische Visualisierung der generierten Auftragssequenzen in einem Zeitdiagramm.

- **PLM (prerequisites for load models):** graphische Konstruktion von Benutzermodellen als *BVA* mithilfe eines Assistenten zur Definition von Auftragsstypen, Hinzufügen von Zuständen und Zustandsübergängen (Transitionen) in den *BVA*.
- **ELM (executable load models):** umfangreiche Parametrisierungsmöglichkeiten für *BVA*-Modelle. Die Spezifikation der Zustandsübergänge ist deterministisch oder mithilfe von Übergangswahrscheinlichkeiten möglich. Die Werte der Auftragsattribute und die Dauer der Verzögerungen können als Konstante bzw. mithilfe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen oder Traces (die z.B. aus Messungen an einer realen Schnittstelle in einem Knoten eines Rechnernetzes gewonnen werden können) angegeben werden.
- **GAR (generator for sequences of abstract requests):** Ausführung des Lastgenerierungsprozesses für eine bestimmte Lastgenerierungsdauer. Dabei werden abstrakte Aufträge gemäß den Spezifikationen in dem ausgewählten *PBVA* generiert und in einer Auftragsdatei für weitere Untersuchungen gespeichert. Die Auftragsgenerierung ist reproduzierbar, d.h. eine generierte Auftragssequenz kann später jederzeit wiederholt werden.
- **EEM (experimental evaluation module):** Graphische Visualisierung der generierten Auftragssequenz (mit Angabe der Übergabezeitpunkte und der Länge der Aufträge) in einem Zeitdiagramm mit erweiterten Möglichkeiten zur Betrachtung der generierten Last in einem ausgewählten Zeitintervall (vgl. Abb. 2).

Das Werkzeug *LoadSpec* kann u.a. in verschiedenen Experimenten zur Modellierung der gängigen Lastquellen in IP-basierten Rechnernetzen eingesetzt werden. Dabei wird die Last von einer realen Anwendung durch eine Sequenz von abstrakt spezifizierten Aufträgen modelliert. Mithilfe der skizzierten Lastbeschreibungstechnik können in *LoadSpec* *BVA*-Modelle für verschiedene Lastquellen vorbereitet und als ausführbare (parametrisierte) *PBVA*-Modelle für Experimente zur Verfügung gestellt werden, z.B.:

- eine MPEG-Videoquelle (Alternativmodelle für verschiedene GOP-Muster sind möglich),
- einen VoIP-Sprachbenutzer (Alternativmodelle mit oder ohne Pausenunterdrückung sind möglich),
- eine UDP-Datenquelle,
- Benutzer eines FTP-Dienstes (auf der Clientseite),
- Benutzer eines HTTP-Dienstes oder einer Web-Anwendung (Web-Verkehr).

Neben der Vermittlung der oben beschriebenen Lastspezifikationstechnik in der universitären Lehre kann *LoadSpec* auch zur Illustration komplexer mathematischer Modelle genutzt werden. In diesem Bereich konzentrieren wir uns zur Zeit insbesondere auf die Klasse der *Batch Markovian Arrival Processes (BMAP)* [Luc93]. Ein solcher *BMAP* besteht - wie die *BVAs* - aus einer endlichen Menge von Zuständen, wobei diese mit einer zustandsabhängigen Rate verlassen werden. Bei jedem Zustandswechsel wird eine variable Anzahl zeitgleicher Ankünfte erzeugt. Die Anzahl von Ankünften und der einzunehmende Folgezustand sind durch zustandsabhängige Wahrscheinlichkeiten gegeben. Die Spezifikation eines solchen Prozesses erfolgt üblicherweise durch eine beliebig lange Sequenz von Matrizen.

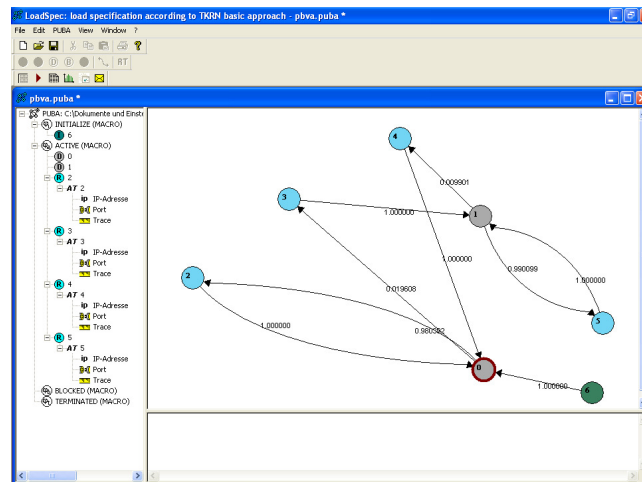


Abbildung 3: Darstellung eines Markovschen Ankunftsprozesses als *BVA* in *LoadSpec*.

Da diese Repräsentation für die Vermittlung in der Lehre eher ungeeignet erschien, haben wir die Funktionalität eines Programmes, welches wir zur Verarbeitung von *BMAPs* erstellt haben, um die Möglichkeit *BVAs* zu exportieren erweitert. So gelangen wir einerseits zu einer intuitiveren Darstellung der Prozesse und können andererseits die Eigenschaften derselben anhand von generierten Sequenzen illustrieren (vgl. Abb. 2). Ein solcher *BVA* ist in Abbildung 3 dargestellt; es können direkt Übergangswahrscheinlichkeiten und -raten abgelesen werden.

4. Einsatz in der Lehre und Evaluation

Das hier präsentierte Werkzeug *LoadSpec* wurde bisher in den Übungen und Praktika im Grund- und Hauptstudium sowie im Bachelor-Studiengang Informatik zur Lösung von Übungsaufgaben und praktischen Fallstudien eingesetzt und wurde einer formativen Evaluation durch die Studierenden unterzogen. Besonders positive Bewertung fanden die Möglichkeit der Vermittlung der skizzierten Lastspezifikationstechnik und der experimentellen Untersuchungen in realen Netzen mit Hilfe von Adaptern für Schnittstellen TCP, UDP und HTTP (in Kombination mit Verkehrsanalytoren wie *WireShark*).

LoadSpec befindet sich zur Zeit - gemeinsam mit anderen eLearning-Werkzeugen *LoadTrafo*, *InternetExplorativ* sowie *MedienExplorativ* aus dem TeleMuM-Projekt - nach Abschluss entsprechender Lizenzverträge an der *Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST-INFRES)*, Paris, dem *Laboratoire de l'Informatique (LIP6)* der *Université P. et M. Curie*, Paris sowie an der *Universität Rostock* im Einsatz in der dortigen Informatiklehre.

An der Arbeitsgruppe TKRN ist eine Weiterentwicklung des hier präsentierten Werkzeugs in zukünftigen Arbeiten der Autoren geplant. Die Integration der Beschreibungssprache ASN.1 zur Definition der abstrakten Auftragsstypen und die Entwicklung von weiteren Adaptern für IP- und MAC-Schnittstellen sind überdies vorgesehen. Es ist zu hoffen und zu erwarten, dass das entwickelte Werkzeug zu einem sehr nützlichen Tool zur Lastspezifikation in der Lehre und Praxis der Telematik werden wird.

Referenzen

- [CaS93] Calzarossa, M., Serazzi, G.: Workload Characterization: A Survey, Proc. of the IEEE, Vol. 81 No. 8, August 1993, pp. 1136-1150.
- [Con06] Cong J., Load Specification and Load Generation for Multimedia Traffic Load in Computer Networks, Dissertation, Department Informatik, Universität Hamburg, 2006, erschienen in: Wolfinger B.E. (Hrsg.), Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt Telekommunikation und Rechnernetze, Band 5, Shaker-Verlag, Aachen, 2006.
- [FHW04] Fiolka, K.; Heidtmann K.; Wolfinger B.: Experimentelles und exploratives Lernen mit selbstentwickelten eLearning Werkzeugen im Bereich der Telematik, 2. Deutsche Fachtagung der GI (DELFI 2004), Paderborn, Sept. 2004.
- [Kol06] Kolesnikov, A.: Konzeption und Entwicklung eines echtzeitfähigen Lastgenerators für Multimedia-Verkehrsströme in IP-basierten Rechnernetzen, MMBnet 2007, GI/ITG-Workshop, Hamburg, 13./14. September 2007.
- [Nie03] Niegemann, H.M., et al., E-Learning Kompendium, Heidelberg, Springer, 2003.
- [Luc93] Lucantoni, D. M.: The BMAP/G/1 QUEUE: A Tutorial. In Performance Evaluation of Computer and Communication Systems, Joint Tutorial Papers of Performance '93 and Sigmetrics '93, L. Donatiello and R. D. Nelson, Eds. Lecture Notes In Computer Science, vol. 729, 1993 Springer-Verlag, London, pp. 330-358.
- [Sch06] Scherpe, C.: Emulation gekoppelter Rechnernetze mit lastabhängigem Verzögerungs- und Verlustverhalten, Shaker-Verlag, Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, 2006.
- [Wol99] Wolfinger, B.: Characterization of Mixed Traffic Load in Service-Integrated Networks, Systems Science Journal, Vol. 25, No. 2 (1999), S. 65-86.