

UniLoG – ein System zur verteilten Lastgenerierung in Netzen

Andrey Kolesnikov, Bernd E. Wolfinger und Martin Kulas
{kolesnikov|wolfinger|2kulas}@informatik.uni-hamburg.de

Echtzeit 2009

Boppard am Rhein, 19. - 20. November 2009

- 1 Einführung
- 2 UniLoG
- 3 UniLoG-Distributed
- 4 Fallstudie
- 5 Resümee

Motivation für Lastgeneratoren

- Konvergenz von Medien- und Kommunikationsdiensten auf der Basis des IP-Protokolls
- Moderne Netz- und Dienstinfrastrukturen (“Quadplay”) hochgradig komplex
- Steigende Anforderungen der Anwender (B2B, B2C)
- Leistungsanalysen und Verhaltensprognosen unter verschiedenen Lastszenarien für Anbieter (z.B. Telekoms, ISPs) sehr wichtig
- Einsatz von künstlichen Lasten gegenüber Lasten aus realen Anwendungen vorteilhaft
- Bedarf nach Tools zur Modellierung und Generierung von künstlichen Lasten (→ *Lastgeneratoren*).

Künstliche Lasten

- basieren i.d.R. auf einem Lastmodell (abgeleitet aus Messungen an einem realen Dienst oder Anwendung)
- werden mithilfe eines Lastgenerators in das Netz injiziert
- Vorteile:
 - + **Flexibilität:** vielfältige Parametrisierungsmöglichkeiten (z.B. durch Verteilungen, Traces)
 - + **Skalierbarkeit:** Veränderung der Anzahl aktiver Benutzer, Sitzungen, Paketströme
 - + **Reproduzierbarkeit:** Herstellung von vorgegebenen Lastprofilen
 - + **Kostensparnis:** Geringer Aufwand (für die Installation der Testumgebung und die Experimentvorbereitung).
- Realitätsgrad künstlicher Last ist abhängig von der Realitätsnähe des zugrundeliegenden Lastmodells.

Einige existierende Lastgeneratoren

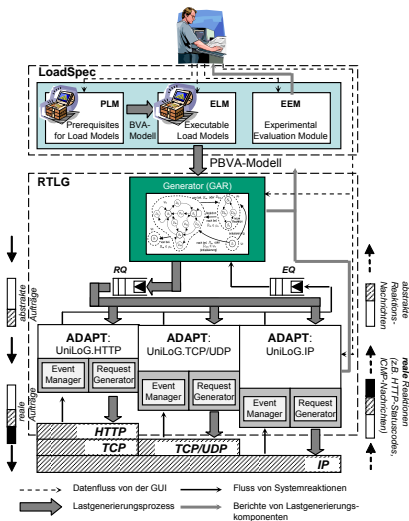
MGEN: Multi-Generator der Naval Research Laboratory (<http://www.nrl.navy.mil>). UDP-Testverkehr (über IPv4 oder IPv6 Sockets) mit CBR-, Poisson- und Burst-Mustern. Messungen von Durchsatz, Verlustrate und Übertragungsverzögerung.

RUDE/CRUDE: Linux-Kernel Tool → nur einfache UDP-Testverkehrsmuster, Einbindung von Lastmodellen schwierig.

BRUTE/BRUNO: Brawny and Robust Traffic Engine, Uni Pisa, SPECTS'05 und '08 (Linux, User-Space, IPv4/IPv6-Testverkehr, neues Lastmodell → neues Programm in C).

UNILOG: (**U**nified **L**oad **G**enerator) verallgemeinerter Lastgenerator der AG TKRN, Uni HH, mit integrierter formaler Lastspezifikationstechnik.

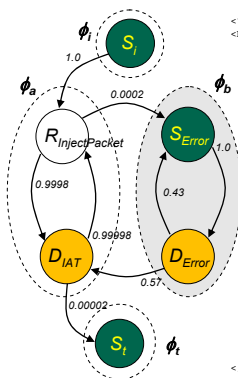
Die UNILOG-Architektur



Zuständigkeiten eines Adapters
(am Beispiel von UNILOG.IP):

- Entgegennahme abstrakter IP-Aufträge aus RQ
- Konvertierung in reale (schnittstellenkonforme) Aufträge und Übergabe an die IP-Schicht (`libnet`)
- Erfassung von Reaktionen an der IP-Schicht (`libpcap`)
- Erzeugung von abstrakten Reaktionsnachrichten (für Blockierungszustände des BVAs)

Formale Lastspezifikation mit Benutzerverhaltensautomaten



```

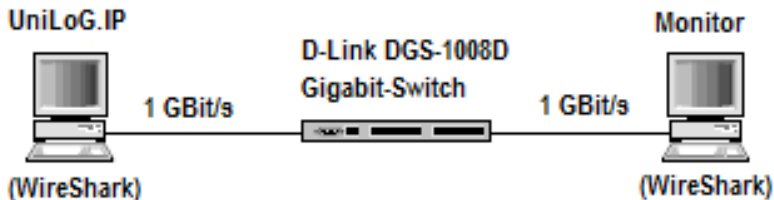
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<RequestType id="InjectPacket">
  <Mandatory>Yes</Mandatory>
  <Description>Inject an IPv4 datagram from
    the specified source to the destination
  </Description>
  <RequestAttributes>
    <Attribute id="payloadLength" dataType="uint16">
      <Mandatory>Yes</Mandatory>
      <Description>
        The length of payload in bytes
      </Description>
    </Attribute>
    <Attribute id="destAddr" dataType="ipv4addr">
      <Mandatory>Yes</Mandatory>
      <Description>
        32-bit destination IP-address
      </Description>
    </Attribute>
    <Attribute id="protocol" dataType="uint8">
      <Mandatory>No</Mandatory>
      <Description>Protocol field (17=UDP, 6=TCP,
        253-254=Test Traffic)</Description>
    </Attribute>
    ...
  </RequestAttributes>
</RequestType>

```

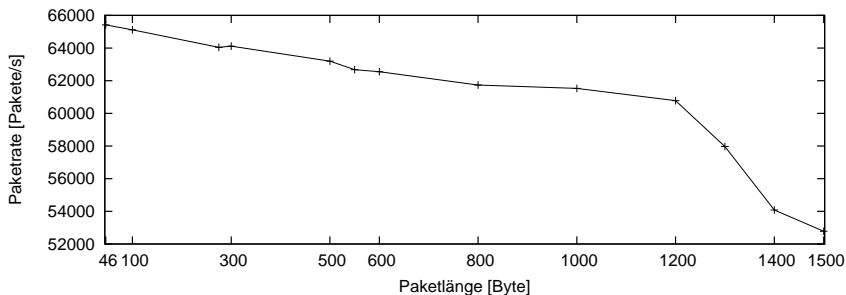
Definition eines abstrakten IP-Auftragstyps InjectPacket und ein exemplarischer Benutzerverhaltensautomat an der IP-Schicht.

Experimentaufbau für Leistungstests

- Rechner: DELL-PC mit Intel Core 2, 2,13 GHz, 1 GByte RAM,
- Netzadapter: Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet PCI Controller
- Betriebssystem: FreeBSD 7.0
- Netz: Gigabit Ethernet

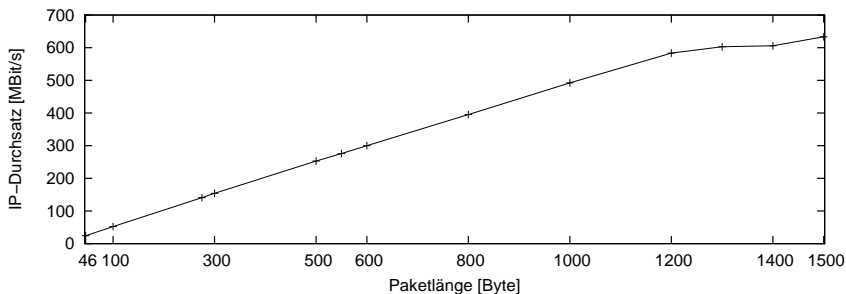


Leistungsfähigkeit des IP-Adapters



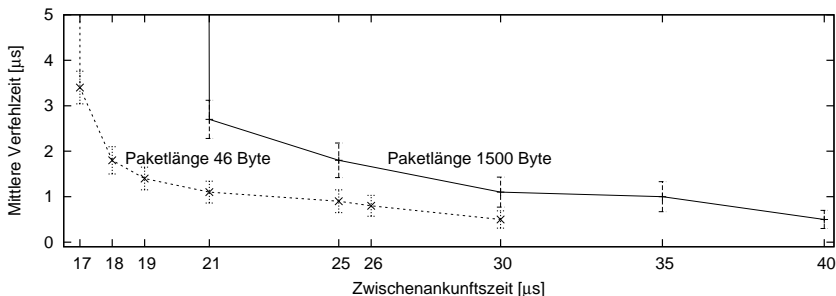
Paketrate [Pakete/s] der generierten IP-Paketströme in Abhängigkeit von der Paketgröße (inkl. des IP-Headers)

Leistungsfähigkeit des IP-Adapters



Datenrate [MBit/s] der generierten IP-Paketströme in
Abhängigkeit von der Paketgröße (inkl. des IP-Headers)

Auftragsübergabepräzision im IP-Adapter



Mittlere Verfehlzeit [μs] der Übergabe von IP-Injektionsaufträgen in Abhängigkeit von der vorgegebenen Zwischenankunftszeit (exemplarisch für Paketlängen 1500 und 46 Byte)
→ Generierungsoverhead von ca. $18\mu\text{s}$ pro IP-Paket.

Potentielle Einsatzgebiete verteilter Lastgeneratoren

- Erzeugung von Testverkehr mit sehr hohen Datenraten (im Bereich mehrerer Gbit/s) in einem Subnetz, einem Netzknoten oder auf einer bestimmten Übertragungsstrecke.
- Untersuchungen von (realen) Anwendungen (HTTP, VoIP, Videostreaming, CIFS, NFS) unter Hintergrundlast.
- Generierung großer Anzahl von Benutzeranfragen für Lasttests (VoIP-Gateways, IPTV Multicast Router, WWW-Server).
- Erzeugung von verschiedenen Verkehrsmixen (z.B. Daten-, VoIP- und Web-Verkehr) zur Leistungsanalyse von QoS- und Lastausgleichstechniken, Routing-Algorithmen.

Systemarchitektur für die verteilte Lastgenerierung

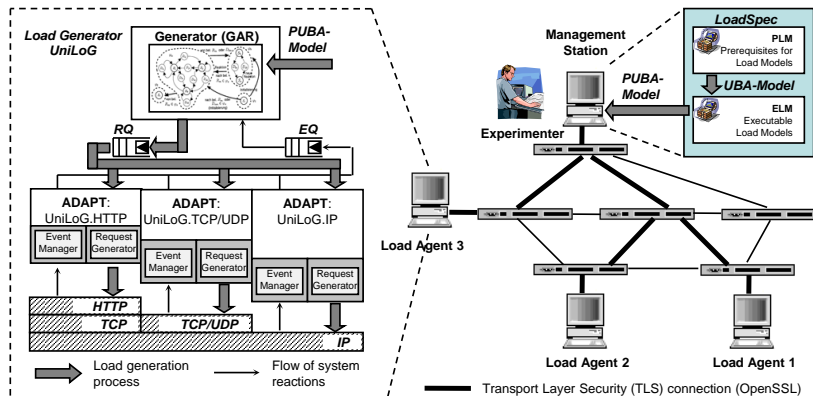
Funktionale Hauptkomponenten:

Lastgeneratoren: Software-Komponenten von UniLoG, die künstliche Lasten gemäß BVA-Spezifikation erzeugen.

Lastagenten: überwachen und steuern die Aktivitäten in den Lastgeneratoren und bieten damit einen *Lastgenerierungsdienst* für autorisierte Experimentatoren.

Managementstation: zuständig für die Fernsteuerung, Fernkonfiguration und Überwachung von Lastgeneratoren von einer zentralen Stelle im Netz.

UniLoG-Distributed



Steuerbefehle an den Lastagenten

Befehl	Beschreibung
<code>uploadPbva</code>	Hochladen eines PBVA-Lastmodells zum Lastagenten
<code>uploadTrace</code>	Hochladen eines (Parameter-)Traces zum Lastagenten
<code>startLoadGeneratorNow</code>	Unverzögerlicher Start der Lastgenerierung
<code>startLoadGeneratorAt</code>	Start der Lastgenerierung zum vorgegebenen Zeitpunkt
<code>stopLoadGenerator</code>	(Unverzögerliches) Beenden der Lastgenerierung
<code>getStatus</code>	Abfragen des Lastgeneratorstatus (aktiv, terminiert)
<code>getReport</code>	Holen eines Lastgenerierungsberichtes

Steuerbefehle an den Lastagenten (für den Transport in HTTP-GET/POST-Nachrichten verpackt)

Thema der Fallstudie

Untersuchung der Übertragungsqualität
von Audio- und Videoströmen eines Films
im WLAN
unter verschiedenen künstlichen IP-Hintergrundlasten

Fallstudienidee

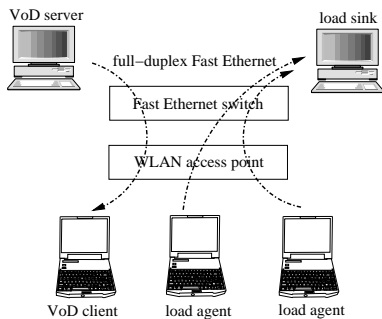
- Die Fallstudie stellt eine mögliche Hotspotsituation nach.
- Ein Benutzer empfängt über ein WLAN Audio- und Videoströme eines qualitativ hochwertigen Films.
- Lastgeneratoren stellen andere WLAN-Teilnehmer dar, indem sie IP-basierte Hintergrundlasten erzeugen.
- Frage: Ab welcher Hintergrundlast verschlechtert sich die Übertragung von Audio- und Videoinhalten signifikant?
- Frage: Welche Bedeutung hat die Art der Hintergrundlast?
- Frage: Spielt es eine Rolle, ob die Hintergrundlast aus kleinen oder großen Paketen besteht (bei gleichem IP-Durchsatz)?

Kommunikationsprotokolle in der Fallstudie

Die folgenden Protokolle spielen eine Rolle in der Fallstudie:

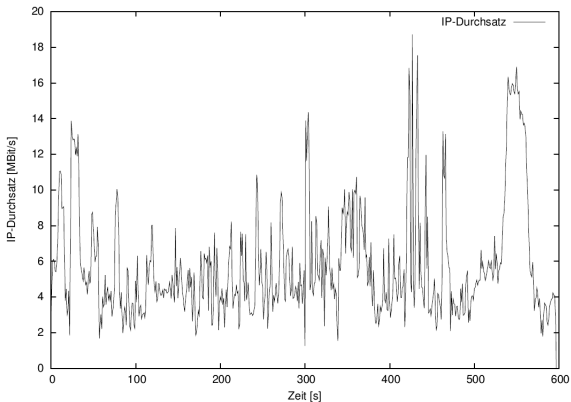
- IEEE 802.11** Definition der Bitübertragungs- und der Datensicherungsschicht in der Funkzelle.
- RTSP** Real-Time Streaming Protocol steuert die Streamingsitzung.
- RTP** Real-Time Transport Protocol überträgt Daten, welche Echtzeitanforderungen besitzen.
- RTCP** RTP Control Protocol steuert das Übertragen der RTP-Pakete und liefert Daten zur Übertragungsqualität wie z. B. Jitter, Anzahl verlorener Pakete und RTT.

Aufbau des Fallstudienetzes



- Aus der Umgebung des Fallstudienetzes empfängt man Beacon-Rahmen von 11 weiteren aktiven Access-Points (3 davon senden auf dem Kanal 1, der vom Access-Point der Fallstudie benutzt wird).

"Big Buck Bunny"-Kurzfilm



IP-Durchsatz (auf Seiten des VoD-Servers) beim Streaming von "Big Buck Bunny" (10 min, 1280x720 Pixeln, H.264-Video, MPEG-4-Audio) über Fast-Ethernet ohne Hintergrundlast.

Wahl der Hintergrundlast

- 4 Experimentserien mit CBR- und VBR-Last:

ZAZ / Frachtlänge	50 Byte	1480 Byte
Konstant	CBR_1	CBR_2
Exp. verteilt	VBR_1	VBR_2

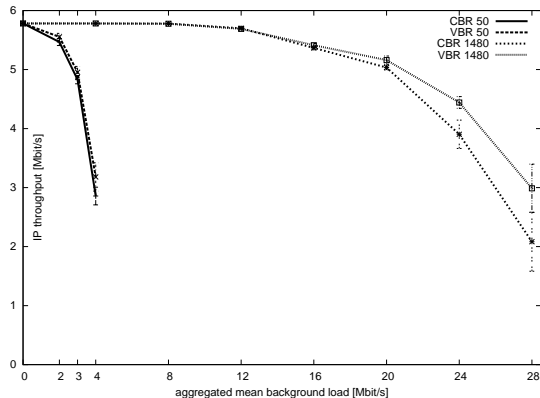
- Vordefinierte BVAs für 0.5, 1, 2, 4, 8, 10, 12 und 16 MBit/s (mittleren) IP-Durchsatz (ZAZ bei CBR bzw. $E[ZAZ]$ bei VBR entsprechend gewählt).
- Beide Lastgeneratoren führen den gleichen BVA aus (aggregierte IP-Hintergrundlast von 1, 2, 4, 8, 16, 20, 24 und 32 MBit/s).
- IP-Hintergrundlast mit Frachtlänge von 50 Byte wurde auf 4 MBit/s beschränkt (max. möglicher IP-Durchsatz im WLAN ca. 4.9 MBit/s für 50 Byte-Pakete).

Maße zur Bestimmung der Übertragungsqualität

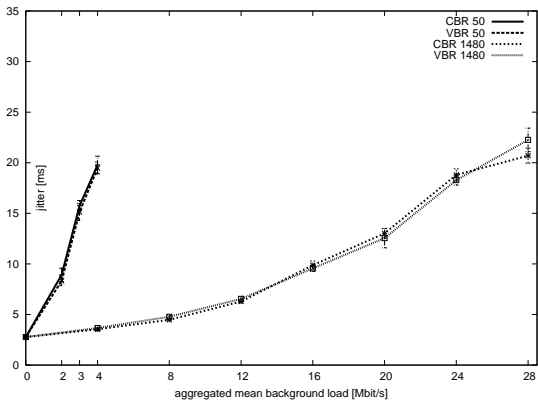
Folgende Maße bestimmen die Übertragungsqualität:

- 1 Jitter nach RFC3550 nur aus Audiostrom-RR (RFC3984) (\bar{J})
- 2 Paketverlust aus RR (\bar{N}_{loss})
- 3 Sequenzfehleranzahl berechnet aus RTP-Paketen (\bar{N}_{SF})
- 4 Duplikatsanzahl berechnet aus RTP-Paketen (\bar{N}_{dup})
- 5 IP-Durchsatz ist der Quotient aus der Summe der Längen von IP-Paketen (erhalten und gesendet vom VoD-Client) und der Sitzungsdauer (\bar{T}_{IP}).

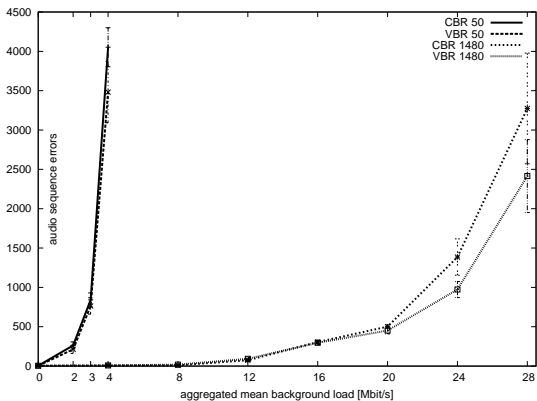
IP-Durchsatz des Films unter künstlichen Hintergrundlasten



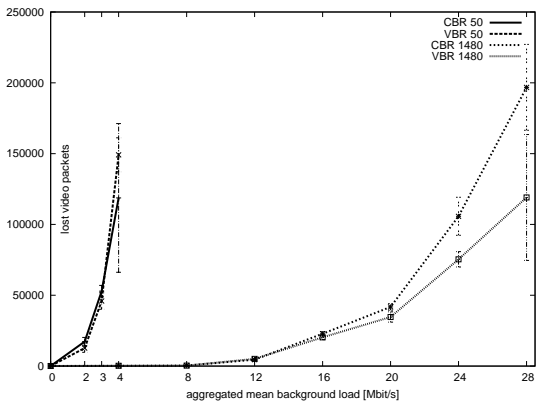
Jitter unter künstlichen Hintergrundlasten



Sequenzfehleranzahl im Audiostrom



Paketverlust im Videostrom



250. ausgegebenes Bild unter künstlichen VBR-Lasten mit 1480 Byte langen IP-Frachten

8 MBit/s



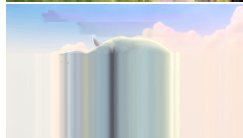
16 MBit/s



24 MBit/s



32 MBit/s



Zusammenfassung der Fallstudie

- Hochlastbereich für das Filmstreaming beginnt bei ca. 16 MBit/s, wenn Hintergrundlast 1480 Byte lange IP-Frachten benutzt.
 - Hintergrundlast von bereits 4 MBit/s treibt Fallstudienetz in Hochlastbereich, wenn Hintergrundlast Frachtlängen in Höhe von 50 Byte verwendet.
 - (Fast) kein Unterschied zwischen CBR- und VBR-Lasten in den Fallstudienversuchen.
- Kleine IP-Pakete sind “tödlich” für die Leistungsfähigkeit eines Funknetzes nach IEEE-802.11g-Standard.

Zusammenfassung

- 1 Hoher Grad an Flexibilität und Universalität bei der Lastmodellierung mit UNiLoG-DISTRIBUTED gegeben (durch die Verwendung von BVAs zur formalen Spezifikation abstrakter Lasten)
- 2 Präzise und leistungsfähige Generierung von realen Verkehrsströmen mithilfe verschiedener UniLoG-Adapter möglich (am Beispiel von UNiLoG.IP präsentiert)
- 3 Weitere Adapter für Lastgenerierung an UDP-, TCP- und HTTP-Schnittstellen vorhanden
- 4 UNiLoG.IP-Adapter wurde im Rahmen einer umfangreichen Fallstudie zur Lastgenerierung für ein realistisches WLAN-Szenario eingesetzt.

Ausblick

Folgende Aufgaben stehen für die Zukunft an:

- 1 Entwicklung von weiteren Adaptern (z.B. für FTP, SIP, IPv6, CIFS, Exchange)
- 2 Bereitstellung von vordefinierten BVAs für verschiedene (auch aggregierte) Lastquellen (z.B. VoIP, H.264-Videostreaming)
- 3 www.unilog.org ?

Schluss

Danke für die Aufmerksamkeit!