

Auswirkungen verschiedener Verkehrsformungsstrategien auf die Aggregation von hochprioren Datenströmen

Roland Bless, Uwe Walter

Institut für Telematik, Universität Karlsruhe (TH),
Zirkel 2, 76128 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608 6413/6402, Fax: +49 721 388097
{bless,walter}@tm.uka.de

Klaus Wehrle

International Computer Science Institute (ICSI),
1947 Center Street, Berkeley, CA, 94704-1198, USA
wehrle@icsi.berkeley.edu

Art der Arbeit: Forschungsprojekt, Diplomarbeit
Fachbereich GI: 3.1: Kommunikation und Verteilte Systeme

1 Motivation

Die Differentiated-Services-Architektur [BBCD⁺98] der IETF stellt eine skalierbare Möglichkeit zur Realisierung qualitätsbasierter Kommunikationsdienste dar. Jedoch ergeben sich durch die Einfachheit und Zustandslosigkeit dieser Architektur im Inneren des Netzes neben der gewünschten Eigenschaft der Skalierbarkeit auch problematische Effekte bei der Behandlung von aggregierten Datenströmen. In diesem Beitrag wird am Beispiel des domänenweiten Weiterleitungsverhaltens Virtual Wire PDB gezeigt, welches Ausmaß diese Aggregationseffekte annehmen können, und wie sie durch die geschickte Verwendung verschiedener Verkehrsformungsstrategien am Eingang eines Netzwerkwerkes gezielt beeinflusst werden können.

2 Verkehrsformungsstrategien für das Virtual Wire PDB

Die Nutzungskontrolle des Virtual Wire Per-Domain-Behaviors (VW-PDB) nach [JaNP00] schreibt vor, dass jeder Datenstrom, der über eine VW-Reservierung verfügt, im ersten Knoten individuell auf diese Rate überprüft werden und anschließend als geglätteter Datenstrom das DiffServ-Netzwerk betreten muss. Bei einer Überschreitung muss er entsprechend begrenzt werden. Die Glättung der Ströme soll vor

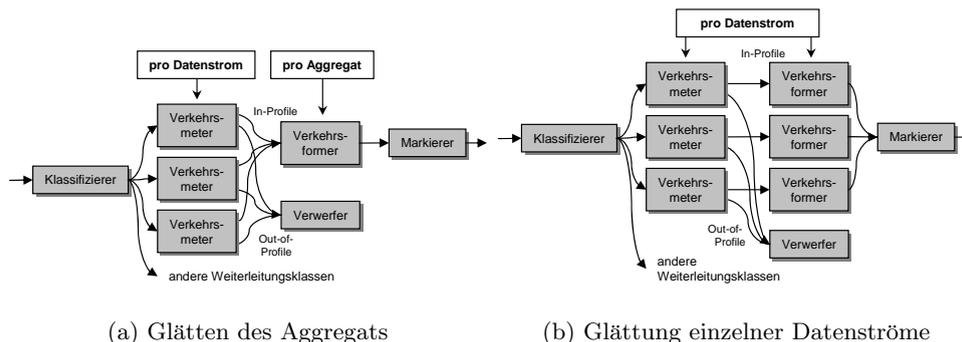
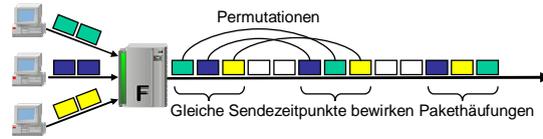


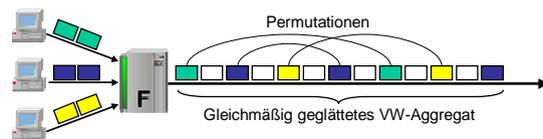
Abbildung 1. Realisierung des Virtual-Wire-PDBs im ersten Knoten (Verschiedene Arten der Verkehrsformung)



(a) Keine Glättung der Datenströme → Große Pakethäufungen (Bursts)



(b) Individuelles Glätten der Datenströme → Kleinere Pakethäufungen, geringer Jitter



(c) Glätten des Aggregats → Keine Pakethäufungen, größerer Jitter

Abbildung 2. Verschiedene Formen zur Verkehrsformung und deren Auswirkungen (*Burst-Bildung, Jitter durch Permutationen*)

allein dafür sorgen, dass durch gleichmäßig verteilte Pakete innerhalb der Datenströme mögliche Verklumpungseffekte (Bursts) bei der Aggregation mehrerer Datenströme in einem Differentiated-Services-Knoten weitestgehend minimiert werden.

Wie in Abbildung 1 gezeigt, wird im ersten Eingangsknoten der Domäne für jeden Datenstrom ein individuell konfiguriertes Verkehrsmeter (i.Allg. ein Token Bucket) verwendet, wobei der vorgeschaltete Klassifizierer die Zuordnung der Datenpakete zu den entsprechenden Reservierungen vornimmt. Nach der Überprüfung jedes Datenstroms werden die nicht konformen Pakete, wie in [JaNP00] spezifiziert, in einem Verwerfer verworfen. Die konformen Pakete werden nach dem Verkehrsmeter an die Verkehrsformung übergeben, die für einen „glatten“ Datenstrom beim Eintritt in die Domäne zu sorgen hat. Hierbei können nun zwei Alternativen für die Verkehrsformung ausgewählt werden, die unterschiedliche Einflüsse auf die Qualitätsmerkmale Verzögerung und Verzögerungsschwankung haben und deren Auswirkungen im Rahmen der Arbeiten [BIWe99,RiWe00,Walt02] ausführlich untersucht wurden, wobei im Folgenden ein Vergleich der beiden Alternativen zur Verkehrsformung gegeben wird – für eine ausführlichere Diskussion und Messergebnisse wird auf die genannten Arbeiten verwiesen, in denen auch Implikationen bei der Realisierung in realen Systemen betrachtet werden.

Nach der Konformitätsprüfung stehen einem Netzwerkdiensteanbieter nun zwei Alternativen zur Glättung der Datenströme zur Verfügung, deren extreme Unterschiede vor allem bei einem nahezu zeitgleichen (*synchronen*) Eintreffen der Pakete der unterschiedlicher VW-Datenströme deutlich werden.

2.1 Individuelle Formung jedes Datenstroms (*Per Flow Shaping*):

Die fairste Behandlung einzelner Datenströme und die niedrigsten Ende-zu-Ende-Verzögerungen garantiert die *Per-Flow-Verkehrsformung*, die jeden Datenstrom i mit einem eigenen Verkehrsformer individuell auf seine konfigurierte Datenrate R_i glättet. Der große Nachteil dieses Verfahrens ist die Tatsache, dass VW-Pakete, deren geplante Sendezeitpunkte nahe beieinander liegen, auf der Ausgangsleitung nacheinander als Paket-Burst weitergeleitet werden (in Abbildung 2 illustriert). Treffen solche Häufungen von hochpriorigen Paketen in inneren Knoten auf ähnliche Bursts mit VW-Paketen aus anderen Teilen der Domäne, können die Pakethäufungen theoretisch unbegrenzt zunehmen.

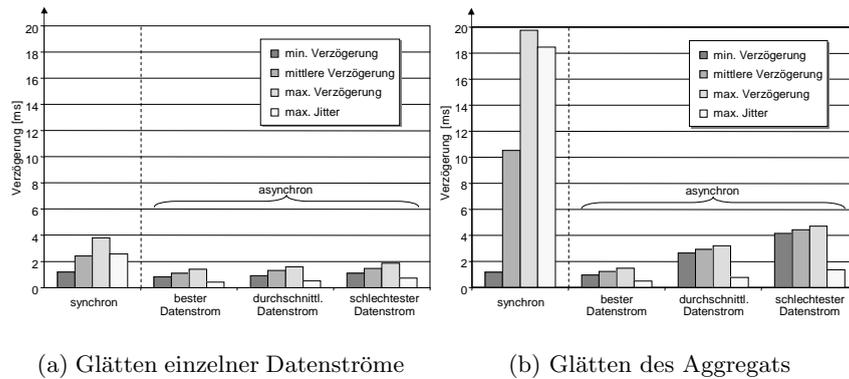


Abbildung 3. Auswirkungen der verschiedenen Formen zur Verkehrsformung auf die Ende-zu-Ende-Verzögerung

Diese Bursts haben verschiedene negative Auswirkungen, wie zum Beispiel längere Verzögerungen bei der Bearbeitung anderer Dienstklassen. Vor allem aber steigt der Pufferbedarf in den Warteschlangen zunehmend an, was dazu führen kann, dass der Pufferspeicher erschöpft ist und VW-Pakete verworfen werden müssen. Da die VW-Spezifikation jedoch keine Paketverluste erlaubt, dürfen die Warteschlangen nicht überlaufen und beanspruchen demnach zunehmend Ressourcen. Im schlimmsten Fall einer großen Domäne, die auf zahlreichen Eingängen VW-Verkehr annimmt, der *zeitgleich* zu *einem* Ausgangs-Router geleitet wird, kann die Menge an schnell hintereinander eintreffenden und zu puffernden Datenpaketen in den Megabyte-Bereich und darüber hinaus ansteigen, wie in [Juda00] analytisch untersucht wurde. Jedoch tritt dieser schlimmste Fall praktisch relativ selten auf, wie einige nachfolgend präsentierte simulative Untersuchungen zeigen.

2.2 Aggregierte Formung jedes Datenstroms (*Aggregate Shaping*):

Die *Aggregat-Verkehrsformung* verringert die Wahrscheinlichkeit von großen VW-Pakethäufungen, indem die einzelnen Datenströme bei der Glättung nicht mehr unterschieden, sondern als Aggregat betrachtet werden, d. h. sie werden auf die Summe der Einzelströme geglättet (vgl. Abbildung 2(c)). Hierdurch vergrößern sich die Abstände zwischen den Einzelpaketen des aggregierten Datenstroms (solange die Datenrate des Aggregats unterhalb der Geschwindigkeit der Übertragungsleitung liegt, was im Allgemeinen der Fall sein dürfte) und verteilen sich zu einem nahezu gleichmäßigen Datenstrom. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass sich in den nachfolgenden inneren Knoten durch die Aggregation mit anderen VW-Aggregaten größere Pakethäufungen bilden. Allgemein sind bei dieser Form der Glättung deutlich geringere Warteschlangenlängen in den inneren Knoten zu beobachten.

Leider steht diesen Vorteilen, auch ein gewichtiger Nachteil gegenüber: Im Falle nahezu zeitgleich eintreffender Pakete, kann die Ende-zu-Ende-Verzögerung einzelner Pakete unter Umständen deutlich höher sein, als bei der individuellen Verkehrsformung. Und gerade die Vermeidung von zu großen Verzögerungen war ein Ziel bei der Entwicklung des Virtual Wire PDBs nach [JaNP00] und seiner Varianten. Die Abwägung dieses Zielkonflikts lässt sich nicht umgehen. Ein Netzwerkdienstanbieter muss sich bei der Realisierung von Virtual Wire für eine der beiden Alternativen entscheiden. Entweder werden möglicherweise längere Verzögerungen in Kauf genommen mit dem Vorteil kürzerer Warteschlangen im Inneren des Netzes und gleichmäßigerer Aggregate, oder die Verzögerung wird im ersten Knoten geringer, wobei dann mit größeren Verklumpungseffekten im Inneren des Netzes gerechnet werden muss.

3 Auswirkungen der verschiedenen Verkehrsformungsstrategien

In umfangreichen simulativen Untersuchungen im Rahmen der schon zuvor erwähnten Arbeiten wurden die beiden Varianten der soeben beschriebenen Glättungsmechanismen untersucht (s. Abbildung 3)¹.

¹ Eine Beschreibung der einzelnen Simulationsläufe findet sich in [Walt02].

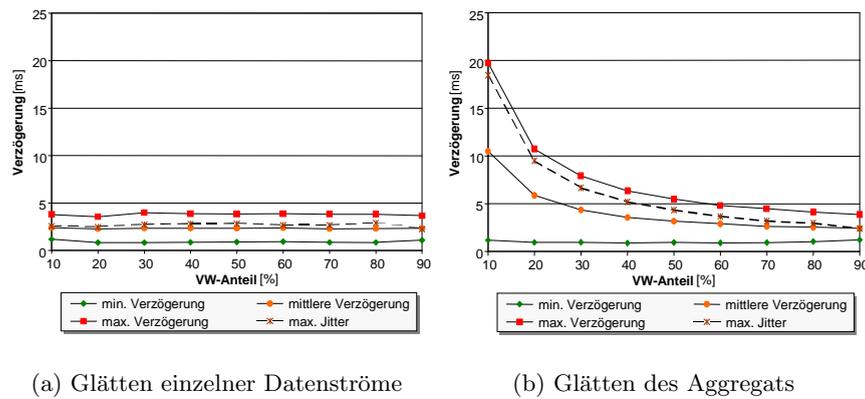


Abbildung 4. Auswirkungen der verschiedenen Formen zur Verkehrsformung in Abhängigkeit des VW-Anteils an der Gesamtbandbreite auf die Ende-zu-Ende-Verzögerung

Dabei wurde einerseits der „schlimmste“ Fall provoziert (in Abbildung 3 mit „synchron“ bezeichnet), indem die Verkehrsgeneratoren synchronisiert wurden, d. h. dass immer Pakete zeitgleich im ersten Knoten eintrafen, und andererseits verschiedene „realistische“ Szenarien simuliert, in denen die Verkehrsgeneratoren unabhängig voneinander arbeiteten und somit die Pakete in der Regel asynchron im ersten Knoten eintrafen. Es ist deutlich zu erkennen, dass bei der Aggregat-Glättung im schlimmsten Fall die Verzögerungen deutlich größer sind als bei der Glättung einzelner Datenströme. Aber auch im realistischen Fall liegt die Verzögerung bei der Glättung einzelner Datenströme deutlich niedriger als bei der Aggregat-Glättung.

Ein weiterer Vorteil der separaten Glättung der Datenströme zeigen die Ergebnisse in Abbildung 4. Hier wurde durch simulative Untersuchungen die Abhängigkeit der Ende-zu-Ende-Verzögerung vom Virtual-Wire-Anteil an der gesamten Bandbreite für beide Verkehrsformungsarten untersucht. Bei der individuellen Glättung bleibt die Verzögerung relativ konstant, während sie bei der Aggregat-Glättung für niedrige VW-Anteile sehr groß ist und dann erst mit zunehmendem VW-Anteil an die geringen Verzögerungen der individuellen Glättung heranreicht.

Somit kann als Fazit die Glättung einzelner Datenströme favorisiert werden, wobei ein Netzwerkdienstanbieter zeitweise den Füllstand der VW-Warteschlangen in internen Knoten prüfen sollte. Bei zu großen Pakethäufungen wäre dann doch eine Aggregat-Glättung zu erwägen (wie sie auch an den Übergabepunkten zwischen DiffServ-Domänen notwendig ist), denn die Vermeidung von Paketverlusten hat gegenüber einer etwas höheren Verzögerung durchaus Priorität.

Literatur

- BBCD⁺98. S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang und W. Weiss. An Architecture for Differentiated Services. RFC 2475 (Informational), Dezember 1998.
- BIWe99. R. Bless und K. Wehrle. Evaluation of Differentiated Services using an Implementation under Linux. In *Proceedings of the 7th IFIP Workshop on Quality of Service*. IEEE Press, Juni 1999, S. 97–106. ISBN 0-7803-5671-3, London.
- JaNP00. V. Jacobson, K. Nichols und K. Poduri. The Virtual Wire Per-Domain Behavior. draft-ietf-diffserv-pdb-vw-00, Juli 2000. Arbeitsdokument der IETF.
- Juda00. M. Judaschke. Modellierung von Aggregationseffekten in Differentiated-Services-Netzwerken. Diplomarbeit am Institut für Telematik, Universität Karlsruhe (TH), September 2000.
- RiWe00. H. Ritter und K. Wehrle. Traffic Shaping in ATM and IP networks using standard end systems. In *Proc. of Conference on High Performance Switching & Routing, HPSR 2000, Heidelberg, Germany*, Juni 2000.
- Walt02. U. Walter. Untersuchung von Dienstgütemechanismen zur Behandlung von hochpriorien Datenpaketen im Internet der nächsten Generation. Diplomarbeit am Institut für Telematik, Universität Karlsruhe (TH), Januar 2002.