

Diss. ETH No. 16671

Adaptive Optimization Techniques for Context-Aware Information Filters

A dissertation submitted to the
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
PETER MICHAEL FISCHER
Diplom-Informatiker (Univ.) TU München
born 15th of April 1977
citizen of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Donald Kossmann, examiner
Prof. Michael Franklin, co-examiner

2006

Zusammenfassung

Die Art und Weise, in der Daten verarbeitet werden, hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Statt wie bisher Daten erst zu speichern und dann abzufragen, dominiert nun ein neuer Ansatz, bei dem Daten direkt zu den passenden Empfängern geleitet werden. Dieser neue Ansatz wird vielen wissenschaftlichen Gemeinschaften aufgegriffen, worunter die Datenbankforschung nur eine von vielen ist. Informationsfilter stellen einen Kernbestandteil dieses neuen Ansatzes dar, da sie es erlauben, Sender und Empfänger von Nachrichten lose zu koppeln. Empfänger hinterlegen ein Profil mit ihren Interessen beim Informationsfilter, während die Anbieter von Information ihre Nachrichten zum Informationsfilter senden. Die Aufgabe des Informationsfilters ist es nun, zu diesen Nachrichten die passenden Profile zu finden, um die Nachrichten dann an die passenden Empfänger zu übertragen. Zu den Bereichen, in denen Informationsfilter eingesetzt werden, gehören Applikationsintegration, Übertragung personalisierter Inhalte, Netzwerküberwachung und viele andere mehr. Einfachere Versionen von Informationsfilter werden bereits als kommerzielle Produkte angeboten, während verschiedene Richtungen in der Forschung betrachtet werden.

Um das Konzept von Informationsfiltern umzusetzen, werden Methoden wie die Indexierung von Profilen und Stromverarbeitung verwendet. Der Schwerpunkt der Forschung lag bisher auf der Mächtigkeit von Profilen, der Skalierbarkeit nach der Anzahl von Profilen und der Verteilung von Informationsfiltern über Netzwerke.

Diese Arbeit trägt drei neue Aspekte zum Gebiet von Informationsfiltern bei: Skalierbarkeit in Richtung des Durchsatzes von Nachrichten, kontextsensitive Informationsfilter, die zusätzlichen Zustand zum Abgleich von Profilen und Nachrichten verwenden, und eine Studie zur Dienstgüte bei Informationsfiltern. Die Skalierbarkeit in Richtung des Durchsatzes von Nachrichten wird erreicht, indem Nachrichten in Gruppen und nicht, wie bisher, einzeln abgearbeitet werden. Dadurch werden die Kosten zur Bearbeitung einer einzelnen Nachricht reduziert. Kontextsensitive Informationsfilter erweitern bestehende zustandslose Informationsfilter, indem sie den Zustand von Kon-

texten in den Abgleich von Profilen und Nachrichten einbeziehen. Da dieser Zustand Änderungen unterworfen ist, besteht die Herausforderung beim Bau eines solchen kontextsensitiven Informationsfilters darin, mit hohen Nachrichtenraten ebenso gut umzugehen wie mit hohen Änderungsraten. Diese Arbeit beantwortet diese Herausforderungen mit zwei verschiedenen Ansätzen: AGILE, einer Methode, um die Indexgenauigkeit automatisch der Belastung durch Nachrichten und Änderungen anzupassen, sowie der Abarbeitung von Änderungen in Gruppen. Im zweiten Ansatz wird eine Menge von Änderungen zusammengefasst, um die Kosten der Verarbeitung zu reduzieren. Dienstgüte gewinnt mehr und mehr an Bedeutung, da Informationsfilter in Umgebungen eingesetzt werden, in denen die Belastung nicht vorhersagbar ist und die verfügbaren Kapazitäten überschreiten kann. Diese Arbeit untersucht, wie bestehende Ansätze, Dienstgüte umzusetzen, im Umfeld von Informationsfiltern eingesetzt werden können.

In allen Gebieten, die diese Arbeit betrachten, werden eine theoretische Analyse sowie eine ausführliche Leistungsuntersuchung durchgeführt. Auf diese Weise können die Vorteile und Besonderheiten der Ansätze ausgewertet werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Arbeit auf dem Gebiet der Informationsfilter Beiträge zur Verbesserung des Durchsatzes an Nachrichten, der Verwendung von Kontextzustand beim Abgleich von Profilen und Nachrichten sowie der Dienstgüte liefert. Die Ergebnisse dieser Arbeit können dazu beitragen, Informationsfilter weiter in den "Mainstream" der Datenverarbeitung zu bringen.

Abstract

In recent years, we have seen a shift in the way information is processed. Departing from the traditional paradigm in which information is first stored and then queried, we are quickly moving to a new paradigm in which new information is directly routed to the relevant recipients. This new paradigm is being adopted by several research communities, databases being only one of them. Information filters represent one of the key components of this new paradigm, as they loosely couple senders and receivers of data items. Receivers of information submit a profile of their interest to the information filter, while producers of information send messages to the information filter. The purpose of an information filter is then to match the messages to the profiles, so that the matching messages can be sent to the relevant receivers. Information filters are used in areas like application integration, personalized content delivery, networking monitoring and many other areas. Simpler versions of information filters are appearing as products on the market place, while research continues into several directions.

In order to enable the information filtering paradigm, techniques like profile indexing and stream processing are used. The main directions of research have been expressiveness of profiles, scalability in terms of profiles and distribution of information filters over networks.

This thesis contributes three new aspects to the area of information filtering: scalability in terms of message throughput, context-aware information filters that use state for the matching decision and a study of quality of service. Scalability in terms of message throughput is achieved by processing messages in batches instead of processing them one by one, thus reducing the cost of processing an individual message. Context-aware information filters augment existing, stateless information filters by including context state into the matching decision. Since this state receives updates, the key challenge in building such a context-aware information filter is to deal with high message rates and high update rates. The thesis addresses this challenge in two different ways: AGILE, a method to automatically adapt index accuracy to the workload parameters, and batched

processing of updates, where a set of updates is processed at once in order to reduce the cost. Quality of service becomes more and more important as information filters are used in settings where the load is unpredictable and might exceed the available resources. This work examines how state of the art approaches to implement quality of service apply to information filters. For the three areas contributed by this thesis, a theoretical analysis and an extensive performance study is provided, illustrating the benefits and trade-offs.

To sum up, this thesis contributes work to improve information filters by increasing the message throughput, including context state in the matching process and studying quality of service. The results provide further support for the adoption of information filters into the mainstream of information processing.