

Specification and Analytical Evaluation of Heterogeneous Dynamic Quorum-based Data Replication Schemes

– Kurzzusammenfassung –

Christian Storm

Datenreplikation unter Verwendung von Quoren-Systemen ist ein weit verbreitetes Konzept, um die Operationsverfügbarkeit auf kritischen Datenobjekten in verteilten Systemen mit hohen Anforderungen an die Datenkonsistenz zu erhöhen. Es ist daher ein wichtiges Basiskonzept zur Konstruktion zuverlässiger verteilter Systeme. Moderne verteilte Systeme sind naturgemäß dynamisch in ihrer Struktur, da Prozesse das System zur Laufzeit verlassen und neue hinzukommen können. Bisherige Replikationsverfahren sind allerdings entweder statisch, d.h., sie benutzen ein feststehendes und nicht an variierende Prozessanzahlen anpassbares Quoren-System, oder ihre Dynamik in der Anpassung des Quoren-Systems an variierende Prozessanzahlen ist meist durch eine zur Entwicklungszeit festgelegte obere Grenze beschränkt. Diese dynamischen Replikationsverfahren sind homogen in dem Sinne, dass zur Konstruktion des Quoren-Systems die gleiche verfahrensspezifische Quoren-Konstruktionsvorschrift für jede Prozessanzahl benutzt wird. Ebenso wie es kein einzelnes Replikationsverfahren gibt, das für alle Einsatzszenarien optimal ist, gibt es auch keines, das für alle Prozessanzahlen optimal ist. Daher erlauben heterogen-dynamische Replikationsverfahren die Benutzung verschiedener Quoren-Konstruktionsvorschriften für verschiedene Prozessanzahlen.

Der erste Beitrag der Dissertation ist eine uniforme Spezifikationsmethode für quoren-basierte Replikationsverfahren, die das Potenzial heterogen-dynamischer Replikationsverfahren mit einer unbeschränkten Flexibilität in der Anzahl der Prozesse zur Laufzeit kombiniert. Dadurch bietet diese Methode die Möglichkeit, spezifisch angepasste Replikationsverfahren für ein bestimmtes Einsatzszenario unter Verwendung der jeweils besten Kombination von Quoren-Konstruktionsvorschriften zu entwickeln.

Die Auswahl eines Replikationsverfahrens im Entwurfsraum, der durch statische und dynamische, unstrukturierte und strukturierte sowie durch homogene und heterogene Replikationsverfahren aufgespannt wird, ist eine wichtige Entscheidung im Hinblick auf die Performanz und die Zuverlässigkeit eines Systems, weshalb sie sorgfältig evaluiert werden muss. Angesichts sich ständig wandelnder moderner verteilter Systeme kann diese Entscheidung nicht abschließend zur Entwurfszeit getroffen werden, sondern muss wiederholt zur Laufzeit überprüft und auf ein sich änderndes Einsatzszenario angepasst werden. Evaluationsmethoden, die auf Simulation basieren, sind aufgrund ihrer großen Zeitkomplexität bzw. ihrer approximativen Ergebnisse unter Laufzeitbeschränkung dafür unzureichend. Im Gegensatz dazu sind Evaluationsmethoden, die auf Analyse basieren, schnell und präzise. Allerdings benötigen diese ein sorgfältig erstelltes Systemmodell, das handhabbar ist und sinnvolle Ergebnisse liefert. Bisher ist die analytische Evaluation dynamischer Replikationsverfahren beschränkt auf eine bestimmte Untermenge unstrukturierter homogen-dynamischer Verfahren. Existierende Ansätze sind speziell auf ein Replikationsverfahren ausgerichtet und daher nicht anwendbar auf andere Replikationsverfahren.

Der zweite Beitrag der Dissertation ist ein allgemeiner und umfassender Ansatz zur analytischen Evaluation von Replikationsverfahren, der sowohl statische als auch unstrukturierte und strukturierte homogen-dynamische und darüber hinaus heterogen-dynamische Replikationsverfahren unterstützt. Verschiedene Replikationsverfahren werden im Systemmodell abgebildet, indem lediglich ihre Spezifikation ausgetauscht wird. Das Systemmodell erlaubt die Evaluation weiterer Qualitätsmaße neben der Operationsverfügbarkeit, wie z.B. der Operationskosten, sowohl für die Schreiboperation als auch für die Leseoperation.

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Oliver Theel, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Prof. Dr. Wilhelm Hasselbring, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Disputation: 30. März 2011