

CASE STUDY

INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE PHYSIK (IMP)

»DAS FUJITSU CELSIUS R670 SYSTEM HILFT UNS IM TÄGLICHEN FORSCHERALLTAG, WENN ES DARUM GEHT, ZEITNAH PUBLIZIEREN ZU KÖNNEN UND MIT DEN INDUSTRIEPARTNERN IMMER EINEN VORSPRUNG GEGENÜBER DER KONKURRENZ ZU HABEN.«

Prof. Dr. Marc Kachelrieß, Institut für Medizinische Physik



IMP VERFEINERT 3D-REKONSTRUKTION VON CT-AUFNAHMEN

Das Institut für Medizinische Physik (IMP) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen arbeitet an Verfahren für die bildgebende Diagnostik. In diesem Kontext befasst sich das IMP unter anderem mit den Themen Herzbildgebung, Dosismessung und -berechnung sowie Bildqualität und Artefaktreduktion der röntgenbasierten Computertomographie (CT).

Zur Verbesserung der Bildqualität und Artefaktreduzierung in der CT entwickelt das IMP beispielsweise Algorithmen, um Herzkranzgefäße, deren Querschnitt im Millimeterbereich oder darunter liegt, darzustellen. Aus den Querschnittsbildern der CT müssen mit Hilfe von sehr aufwändigen mathematischen Verfahren 3D-Bilder rekonstruiert werden. Ziel ist es, Rekonstruktionen mit sehr hoher Bildqualität in Echtzeit zu berechnen, um so die bildgebenden Diagnosemöglichkeiten weiter zu verbessern.

Das IMP arbeitet hierbei eng mit Fujitsu zusammen, da aus wirtschaftlicher Sicht die Bildrekonstruktionen in Echtzeit, parallel zur CT-Messung, mit kostengünstiger Industriestandard-Technologie durchgeführt werden müssen.

IMP ERHÖHT 3D-BILDQUALITÄT MIT CELSIUS R670 IN ECHTZEIT

Um schnell und effizient auch hochkomplexe und iterative Verfahren zu entwickeln und zu erproben, setzt die Gruppe für Medizinische Bildgebung um Prof. Dr. Marc Kachelrieß auf die CELSIUS R670 Workstation von Fujitsu. Die vom IMP eingesetzte CELSIUS R670 basiert auf der Intel® Nehalem Prozessorarchitektur. Um Möglichkeiten für zusätzliche Performancegewinne auszuschöpfen, kommen NVIDIA® Tesla™ C1060 Computing-Prozessorkarten zum Einsatz.

DER KUNDE

Institut für Medizinische Physik (IMP) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen.
www.imp.uni-erlangen.de



DAS PROJEKT

Unterstützung der Weiterentwicklung von Verfahren zur Erhöhung der Bildqualität aus computertomographischen (CT) Untersuchungen durch Einsatz von Hochleistungs-Workstations.

DIE LÖSUNG

CELSIUS R670 Workstation von Fujitsu.

»EIN SCHNELLES SYSTEM MIT EINEM GROSSEN ARBEITSSPEICHER SICHERT UNS OPTIMALE ERGEBNISSE ZU. EINE FÜR DEN MITARBEITER BEKANNTE PLATTFORM ERFORDERT KEINE EINARBEITUNGSZEIT. DARAUS ERGIBT SICH DIE WERTSCHÖPFUNG DES SYSTEMS FÜR DAS INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE PHYSIK.«

Prof. Dr. Marc Kachelrieß, Institut für Medizinische Physik

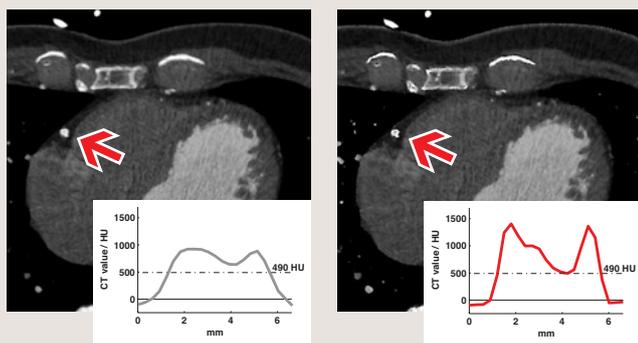
DIE AUFGABENSTELLUNG

Die Untersuchung von Patienten mittels Computertomographie (CT) ist eine der wichtigsten bildgebenden Diagnosemöglichkeiten und gehört somit zum Standard der medizinischen Diagnostik. Die Zahl der CT-Untersuchungen und die wirtschaftliche Bedeutung der Modalität steigen ebenso wie die Ansprüche an die Bildqualität und Dosiseffizienz stetig. Wesentliche Fortschritte in der CT-Technik werden einerseits hardwareseitig durch Verbesserungen der Röntgenröhrentechnologie oder der Detektoren und andererseits softwareseitig durch neue Bildberechnungsverfahren, auch Bildrekonstruktion genannt, gemacht.

Die Arbeitsgruppe Medizinische Bildgebung am Institut für Medizinische Physik (IMP) beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Algorithmenentwicklung zur Verbesserung der Bildqualität und Artefaktreduzierung in der CT. Ziel ist es, bei gegebener Patientendosis möglichst gute Bilder zu berechnen oder, alternativ dazu, eine gegebene Bildqualität mit möglichst geringer Patientendosis zu erreichen. Nachdem in den ersten Jahrzehnten der klinischen CT hierzu hauptsächlich analytische Verfahren entwickelt und implementiert wurden, lässt sich die Bildqualität heutzutage oft nur mit wesentlich komplexeren Methoden noch weiter verbessern. Meist ist hierzu die korrekte Modellierung des physikalischen Messprozesses nötig. Algorithmen mit einer besseren physikalischen Modellierung basieren leider häufig auf einem iterativen Ansatz und haben dadurch den Nachteil, dass sie wesentlich rechenaufwändiger sind als die momentan in der klinischen Routine eingesetzten Algorithmen.

Die zu erwartenden Gewinne in der Bildqualität machen die Algorithmen beispielsweise dann interessant, wenn es um die Abbildung sehr kleiner Strukturen geht. Eine besondere Herausforderung stellt hier die CT am menschlichen Herzen dar. In der Cardio-CT werden die Herzkranzgefäße betrachtet, deren Querschnitt im Millimeterbereich oder darunter liegt und die somit gerade eben noch dargestellt werden können. Manche interessierendere Strukturen haben eine Größe, die auch geringer als die Breite des abtastenden Röntgenstrahls sein kann. Möchte man feinste Gefäßverengungen, so genannte Stenosen, erkennen, so können spezielle Bildberechnungsalgorithmen hilfreich sein. Fälle, die sich in der CT nicht eindeutig diagnostizieren lassen, führen oft dazu, dass der Patient einer risikoreichen invasiven Koronarangiographie unterzogen werden muss.

Die Entwicklung eines neuen iterativen Rekonstruktionsalgorithmus erfordert neben der Herleitung und Implementierung des Verfahrens das Durchführen extrem vieler Rekonstruktionen, um optimale Parameter festzulegen, typische Patientendaten zu analysieren und damit den Algorithmus zu charakterisieren und um den Algorithmus auf seine Stabilität und Tauglichkeit zu testen. Bereits bei der Algorithmenentwicklung ist es entscheidend, dass dies in einer möglichst kurzen Zeit durchgeführt werden kann, damit die Ergebnisse eher in wenigen Sekunden oder Minuten zur Verfügung stehen statt in Stunden, Tagen oder gar Wochen. Nur dann können die Ergebnisse unmittelbar in die weitere Entwicklung mit einfließen und nur dann verkürzt sich die Zeit bis zur Fertigstellung auf ein akzeptables Maß.



BILDQUALITÄT IM VERGLEICH

Anhand dieser Aufnahme des Herzens ist deutlich sichtbar, welche Vorteile neue Algorithmen hinsichtlich der Bildqualität bieten können. Beispiel hier: Darstellung eines Stents (siehe roter Pfeil) mit einem Durchmesser von 2 mm. Das linke Bild entspricht dem, wie es heutzutage bereits vom Hersteller zur Verfügung gestellt wird. Im rechten hingegen ist durch den Einsatz von aufwändigen Filter- und Rekonstruktionsmethoden eine wesentliche Bildverbesserung möglich.

»DURCH DIE CELSIUS R670 SIND ERGEBNISSE DEUTLICH FRÜHER VERFÜGBAR, SO DASS WIR ENTWEDER IN ECHTZEIT REKONSTRUIEREN ODER NEUE, BESONDERS RECHENINTENSIVE ALGORITHMEN UNTERSUCHEN KÖNNEN.«

Prof. Dr. Marc Kachelrieß, Institut für Medizinische Physik

DIE LÖSUNG

Um schnell und effizient auch hochkomplexe und iterative Verfahren zu entwickeln und zu erproben, setzt die Gruppe für Medizinische Bildgebung um Prof. Dr. Marc Kachelrieß auf die CELSIUS R670 Workstation von Fujitsu, die auf der Intel Nehalem-Architektur basiert. Durch die neue Plattform sind Ergebnisse bereits deutlich früher verfügbar. Prof. Dr. Marc Kachelrieß führt hier an, dass die am Institut in Zusammenarbeit mit der RayConStruct GmbH entwickelte hochperformante Spiral-CT-Rekonstruktion auf der CELSIUS R670 eine Performance von 55 Milliarden Updates pro Sekunde liefert (Steckmann, S.; Knaup, M.; Kachelrieß, M.: High performance cone-beam spiral backprojection with voxel-specific weighting. In: Phys. Med. Biol. 54 (2009), S. 3691–3708). Dies entspricht einer Rekonstruktionsrate von mehr als 180 Schichten pro Sekunde. Mit dieser Kombination aus Hard- und Software ist es möglich, entweder in Echtzeit zu rekonstruieren oder neue, besonders rechenintensive Algorithmen zu untersuchen.

IMP VERBESSERT MIT CELSIUS DIE PERFORMANCE DRAMATISCH

Das IMP entwickelt und erprobt neue Algorithmen mit der CELSIUS R670 Workstation von Fujitsu. Um zusätzliche Performancegewinne zu erzielen, wurden zudem NVIDIA® Tesla™ C1060 Computing-Prozessor-karten getestet.

Für die Back-Projektion wurden jeweils 720 Projektionen der Größe 512 x 512 Pixel in ein 512 x 512 x 512-Volumen projiziert. Das Problem hatte damit die Größe $(720 \times 512 \times 512 \times 512) / (1024 \times 1024 \times 1024) = 90$ Giga-Updates (GU). Die Performance wird in Giga-Updates pro Sekunde (GUPS) angegeben. Als Zoomfaktor wurde 50 % gewählt, d. h., alle Voxel im Volumen sind auch rekonstruierbar.

Es wurden die perspektivische, die Spiral- und die Parallel-Geometrie untersucht. Es stellte sich wie erwartet heraus, dass die GPU (Grafikprozessorberechnungen) besser für die perspektivische, die CPU dagegen besser für die Parallel-Geometrie geeignet ist. Da in der Spiral- und Parallel-Geometrie die 8 CPU-Kerne eine ähnliche Performance haben wie die zwei Tesla-Karten, bringt es hier sehr viel, wenn man das Problem von CPUs und GPUs parallel berechnen lässt. Bei der perspektivischen Geometrie dagegen bringt die Hinzunahme der CPUs zu den beiden Tesla-Karten kaum weitere Performance.



| PERSPEKTIVISCHE GEOMETRIE | | |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------|
| PROCESSORS | SPEED (GUPS) | HARDWARE |
| CPU | 9,7 | 8 CPU Cores |
| 1 GPU | 26,4 | 1 Tesla C1060 Card |
| 2 GPU | 47,9 | 2 Tesla C1060 Cards |
| CPU + 1 GPU | 32,6 | 8 CPU Cores + 1 Tesla C1060 Card |
| CPU + 2 GPU | 50,7 | 8 CPU Cores + 2 Tesla C1060 Cards |

| SPIRAL-GEOMETRIE, PARALLEL-GEOMETRIE | | |
|--------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| PROCESSORS | SPEED (GUPS) | HARDWARE |
| CPU | 55,7 | 8 CPU Cores |
| 1 GPU | 31,7 | 1 Tesla C1060 Card |
| 2 GPU | 56,3 | 2 Tesla C1060 Cards |
| CPU + 1 GPU | 76,4 | 8 CPU Cores + 1 Tesla C1060 Card |
| CPU + 2 GPU | 92,1 | 8 CPU Cores + 2 Tesla C1060 Cards |

GUPS: Giga-Updates/Second

KUNDENNUTZEN

- **Schneller:** IMP verbessert die Bildqualität bei der Rekonstruktion von CT-Daten in Echtzeit
- **Keine Einarbeitungszeit:** IMP-Mitarbeiter können auf dem vorhandenen Erfahrungsschatz im Bereich der CPU-basierten Algorithmenentwicklung aufbauen
- **Wirtschaftlicher:** IMP bietet seinen Industriepartnern eine kostengünstige Lösung für die Verbesserung der Qualität und Produktivität in der Computertomographie

HARDWARE, SOFTWARE, SERVICES

- CELSIUS R670
- Intel® Xeon® Multi-Core-Prozessor
- NVIDIA® Tesla™ C1060 Computing-Prozessorkarten

CELSIUS IST DIE IDEALE PLATTFORM FÜR KOMPLEXE BERECHNUNGEN

Die Entscheidung für den Umstieg auf die neue Plattform fiel dem IMP nicht schwer, da insbesondere die bereits am IMP vorhandenen Programme weiter genutzt werden können. Die Mitarbeiter bauen somit auf ihrem bereits vorhandenen Erfahrungsschatz im Bereich der CPU-basierten Algorithmenentwicklung auf. Spezielle Architekturen, wie beispielsweise grafische Recheneinheiten, eignen sich aufgrund der deutlich höheren Einarbeitungszeit und aufgrund der Tatsache, dass sich nicht alle Algorithmen leicht auf diese Architektur konvertieren lassen, nicht als allgemeine wissenschaftliche Arbeitsumgebung. Aus diesen Gründen ist die CPU-basierte Plattform R670 die ideale Lösung für effizientes wissenschaftliches Arbeiten und für routinetaugliche CT-Bildrekonstruktionsalgorithmen.

OPTIMALE UNTERSTÜTZUNG IM ALLTAG

Prof. Dr. Marc Kachelrieß, Leiter der Gruppe für Medizinische Bildgebung, ist mit den Ergebnissen, die das IMP in Zusammenarbeit mit Fujitsu erzielt hat, rundum zufrieden:

„DAS FUJITSU CELSIUS R670 SYSTEM HILFT UNS IM TÄGLICHEN FORSCHERALLTAG, WENN ES DARUM GEHT, ZEITNAH PUBLIZIEREN ZU KÖNNEN UND MIT DEN INDUSTRIE-PARTNERN IMMER EINEN VORSPRUNG GEGENÜBER DER KONKURRENZ ZU HABEN.“



www.nvidia.de/tesla

KONTAKT

Fujitsu Technology Solutions
Customer Interaction Center
Mo. – Fr.: 08:00 – 18:00 Uhr
E-Mail: cic@ts.fujitsu.com
Tel.: +49 (0) 1805-372 100

(14 Ct./Min. aus dem deutschen Festnetz, maximal 42 Ct./Min. aus dem deutschen Mobilfunknetz)

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere gewerbliche Schutzrechte. Änderung von technischen Daten sowie Lieferbarkeit vorbehalten. Haftung oder Garantie für Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit der angegebenen Daten und Abbildungen ausgeschlossen. Wiedergegebene Bezeichnungen können Marken und/oder Urheberrechte sein, deren Benutzung durch Dritte für eigene Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

Weitere Einzelheiten unter ts.fujitsu.com/terms_of_use.html

Copyright © 2010 Fujitsu Technology Solutions