Sören Schüller

Dr. sc. hum.

Bildqualitätssteigerungen in der Digitalen-Volumen-Tomographie für Ein- und Zweispektrenmessungen

Fach/Einrichtung: DKFZ (Deutsches Kresbforschungszentrum)

Doktorvater: Prof. Dr. Marc Kachelrieß

Die erläuterten Verfahren in dieser Arbeit, die zum Teil ihre erste Anwendung in der klinischen Bildrekonstruktion für CT und C-Bögen haben, wurden auf DVT-Geräten durch zahlreiche Anpassungen nutzbar gemacht. Die größten Qualitätssteigerungen aus den bekannten Verfahren sind die Detrunkierung und die Wasservorkorrektur. Sie ermöglichen eine Quantifikation von Messwerten und erlauben es das DVT-Volumen im Ganzen diagnostisch zu bewerten.
Obwohl erschwerende Umstände wie spezielle Trajektorien, unregelmäßige Detektorformen, kleine Teilvolumen und ungünstige Abtastbedingungen vorlagen, konnten sie für verschiedenste Messsituationen in einer robusten Form umgesetzt werden.
Betrachtet man die unter den vorhandenen Bedingungen (Dosis, Abtastung, Gerätestabilität) erzielten Ergebnisse für Materialhomogenitäten und Detailerkennbarkeit, so sind die erzeugten Bilddaten dem klinischen Niveau einen weiten Schritt näher gekommen.

Der robuste, segmentierungsfreie Strahlaufhärtungskorrekturalgorithmus sfEBHC, der im Rahmen dieser Dissertation entwickelt wurde, hat seine Vorteile gegenüber bestehenden Verfahren klar demonstriert. Dabei liegt die größte Neuerung nicht allein in der maximalen Fähigkeit Strahlaufhärtungsartefakte zu entfernen, sondern im stark erweiterten Anwendungsspektrum. So bietet dieses Verfahren gegenüber allen bisher dagewesenen Algorithmen die Möglichkeit es einzusetzen auch wenn im Volumen schon starke Fremdartefakte (Streustrahlung, Kegelstrahlartefakte, Metallartefakte) existieren oder ein sehr hohes Rauschniveau vorliegt.
Es sollte nochmals hervorgehoben werden, dass bekannte iterative und nicht iterative Verfahren nur zu guten Resultaten führen, wenn sie auf Datensätzen angewendet werden, die außer den Strahlaufhärtungsartefakten kaum andere Artefakte aufweisen.
Neben der allgemeinen Robustheit ist die quasi Parameterfreiheit des Algorithmus positiv zu erwähnen. So kann dieses Verfahren ohne zusätzliche Messungen oder Kalibrierungen jeder Art auf vorhandene oder neu entstehende Datensätze angewendet werden. Dies ermöglicht es auch alte Messungen zur besseren Diagnosefindung zu nutzen und somit die Patientenbelastung klar zu reduzieren.
sfEBHC erhöht dabei weder das Rauschen noch werden andere Artefakte verstärkt. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist die Reduktion von Cuppingeffekten im Volumen.

Die beiden vorgestellten Verfahren, mittels Zweispektenaufnahmen Strahlaufhärtungsartefakte zu reduzieren, gründen auf der pseudo-monochromatischen Bildgebung. Bei dieser linearen

bildbasierten Gewichtung der beiden Rekonstruktionen wird die primäre Artefaktkorrektur mit einem sich stark erhöhenden Bildrauschen und einem Verlust an Kontrast erkauft.
Während die entwickelte Strahlaufhärtungsartefaktkorrekturkette darauf abzielt diesem Bildrauschen durch sigmoidales Blenden und Frequenztrennung entgegenzuwirken erzeugt EDEBHC direkt Ergebnisse die diese Nachteile gänzlich vermeiden oder zumindest stark reduzieren.
Die Vorteile der Korrekturkette sind jedoch, dass durch die selektive Erzeugung von einzelnen Bildcharakteristiken, wie minimales Rauschen, maximaler Kontrast und minimale Artefakte und anschließende Kombination, diese Bildparameter gezielt variiert werden können. So kann unter anderem das Hochpassbild mittels einer stärkeren Gewichtung bei der Aufaddierung auf das finale Bild zur Kantenaufsteilung benutzt werden.
EDEBHC besticht im Gegensatz dazu durch seinen geringen Grad an Komplexität. So kann auch hier an bereits vorhandenen Zweispektrenaufnahmen nachträglich eine Artefaktkorrektur vorgenommen werden. Der Algorithmus ist dabei bis auf die gewählte Anzahl an Basisbildern parameterfrei. Da die Kostenfunktion jedoch keine Instabilitäten auf Grund von zu vielen Basisbildern zeigt, ist dies nicht kritisch für den Korrekturprozess, sondern nur eine Frage der nötigen Rekonstruktionszeit. Die gewählte Kostenfunktion funktioniert auch hier perfekt für stark artefaktbelastete Bilder und ist vor allem auf stark verrauschten DVT Datensätzen als Artefaktmaß gut geeignet.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte demonstriert werden, dass die heutige Digitale-Volumen-Tomographie noch viele Möglichkeiten bietet, ihre Bildstandards signifikant zu erhöhen. Einfach anzuwendende Verfahren von der Wasservorkorrektur bis zur neu entwickelten Zweispektrenstrahlaufhärtungskorrektur haben ihr Potential zur Bildverbesserung demonstriert.
Somit könnten schon bald dem Zahnarzt Bilder mit höherem diagnostischen Nutzen zur Verfügung stehen. Diese würden zum Großteil auf technische Veränderungen verzichten und somit das Produkt im Preis nur gering erhöhen.
Es muss daher ein erklärtes Ziel sein die softwareseitigen Möglichkeiten, die im Rahmen dieser Dissertation entwickelt worden, auszuschöpfen bevor auf teure Investments für Gerätemodifikationen eingegangen wird. Dies dient am Ende dem Arzt wie auch vor allem dem Patientenwohl.