Computertomographische Bildtechniken mit IMRECO 2000

R. Freyer

Institut für Biomedizinische Technik, Technische Universität Dresden, 01062 Dresden
Email: freyer-r@rcs.urz.tu-dresden.de

Zusammenfassung. Die computertomographischen Aufnahmetechniken in der medizinischen Diagnostik machen es in Verbindung mit neuen Gerätegenerationen zunehmend schwieriger, eine geeignete Auswahl und Optimierung der Verfahren zur Aufbereitung und Auswertung der Bilddaten vorzunehmen. Aus diesem Grund ist nicht nur eine gründliche Ausbildung der medizinischen Gerätetechniker insbesondere auf dem Gebiet der bildgebenden CT-Verfahren unerlässlich, sondern auch eine geräteunabhängige Modellierung bzw. Simulation der CT-Aufnahmetechnik sowie vorgesehener Rekonstruktionsverfahren sinnvoll. Diesen Anspruch erfüllt das Programm *IMRECO 2000*. Es wurde vor allem zum Studium sowie zur Simulation und Darstellung von Prinzipien und Verfahren der tomographischen Bildaufnahmetechnik und Bildrekonstruktion entwickelt und enthält darüber hinaus eine reichhaltige Auswahl von Bildbearbeitungsprozeduren.

1 Ziel

Die computertomographischen Aufnahmetechniken in der medizinischen Diagnostik und die daran anzupassenden Verfahren zur Aufbereitung der Bildrohdaten sowie der Bildrekonstruktion für ein immer umfangreicher werdendes Datenmaterial machen es in Verbindung mit neuen Gerätegenerationen zunehmend schwieriger, eine geeignete Auswahl und Optimierung dieser Verfahren vorzunehmen. Aus diesem Grund ist eine gründliche Ausbildung der medizinischen Gerätetechniker insbesondere auch auf dem Gebiet der medizinischen Bildtechnik unerlässlich. Rekonstruktions- und Bildbearbeitungsalgorithmen sind im allgemeinen gerätegebundene, fest installierte Soft- oder Hardwarekomponenten der in den Kliniken betriebenen computertomographischen Systeme und durch die Auslastung im täglichen Klinikbetrieb kaum für eine systematische Ausbildung, für intensive Rekonstruktionsstudien oder gar für die Variationen oder Optimierungen der Algorithmen verfügbar.

Vor allem zur Unterstützung der Lehre auf dem Gebiet der bildgebenden medizinisch-diagnostischen Verfahren, aber auch als Entwicklungswerkzeug für die Auswahl geeigneter Rekonstruktionssoftware für die tomographische Gerätetechnik und nicht zuletzt für den klinisch tätigen Medizintechniker sowie den an der Applikation neuer Möglichkeiten interessierten Mediziner steht das Programm IMRECO 2000 [1] zur Verfügung.

2 Methode

Das Programm IMRECO 2000 (*IMageRECOnstruction*) ist ein geräteunabhängiges, vielseitiges Programm zum Studium sowie zur Darstellung und Anwendung von Prinzipien und Verfahren der:

- tomographischen Bildaufnahmetechnik (u. a. Parallel- und Fächerstrahltechnik),
- tomographischen Bildrekonstruktion (mit einer vielfältigen Auswahl analytischer und iterativer Verfahren),
- Bildmanipulation, Bildanalyse und -synthese (einschliesslich Segmentierung, Kantendetektion und Skelettierung), Bildverbesserung und Bildrestauration mit einer Vielzahl von Faltungsoperatoren im Ortsbereich),
- Bildtransformationen (u. a. Fourier-, Cos-, CaS-, Walsh-Transformation mit einer grossen Auswahl von Filtertechniken im Ortsfrequenz/ Ortssequenz-Bereich).

Die Prozeduren der Bildbearbeitung wurden aus dem Programm IMPRO 2000 [2] übernommen. Die Vorstellung der z. T. neuartigen Prozeduren eröffnet auch dem in der computertomographischen Diagnostik erfahrenen Mediziner neue Einsichten für die Nutzung diagnostischer Bildtechnik.

Die Benutzerführung unter WINDOWS beinhaltet eine Mausunterstützung, die Bearbeitung einer Vielzahl unterschiedlicher Bildformate sowie ein umfangreiches Online-Hilfesystem mit ausführlicher Helpdatei (Imreco.hlp). Systemvoraussetzungen sind ein Intel-Prozessor (min. 486-Prozessor), Windows 95/ 98/ 2000 oder Windows NT sowie mindestens 128 MByte Arbeitsspeicher.

3 Ergebnisse

Das Programm IMRECO 2000 wird zur Zeit in der Lehre des Studienschwerpunktes *Biomedizinische Gerätetechnik* an der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden mit Erfolg eingesetzt. Darüber hinaus hat es Interessenten in der medizinichen Fakultät der TU Dresden gefunden und wird für ein Praktikum im Institut für Informatik an der HU zu Berlin genutzt.

Ein typisches Beispiel soll die Arbeit mit dem Programm aufzeigen. Das Programm zeigt nach seinem Aufruf unter Windows eine Menüleiste, die mit dem Menüpunkt *File* beginnt. Im zugehörigen Untermenü findet man den Befehl *Load Ray Model,* mit dem bereits im Speicher abgelegte Strahlenmodelle konkreter tomographischer Aufnahmeeinrichtung für eine Sinogrammrekonstruktion oder für die Simulation eines CT-Projektionsvorgangs eines modellierten Systems aufgerufen und als aktuelle Modelle in das Programm geladen werden können. Jeweils durch die Dateierweiterung gekennzeichnet sind das folgende Beschreibungsdateien, die alle notwendigen Parameter eines Strahlmodells enthalten:

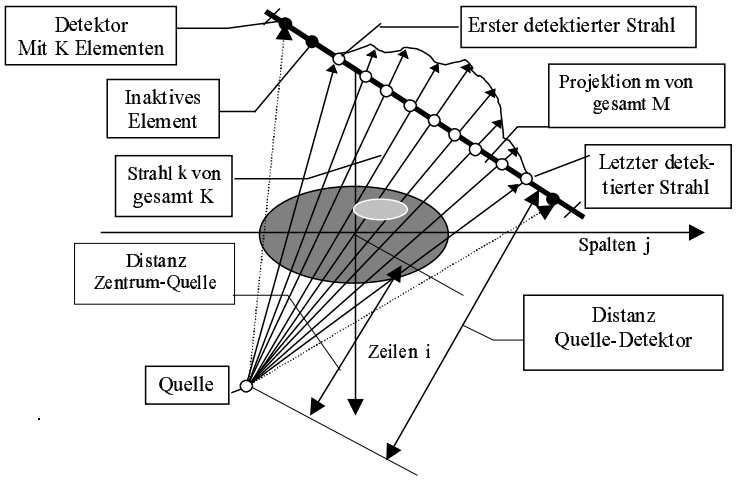

Abb. 1. Grundstruktur für ein computertomographisches Fächerstrahlmodell

- Parallelstrahl- Modelle (parallel beam model): *.pbm
- Fächerstrahl- Modelle (fan beam model): *.fbm
- Fächerstrahl-Modelle mit Winkelbegrenzung (special beam model): *.sbm
- Krummlinige Streustrahlmodelle (z. B. optische Technik) (bow beam model): *.bbm

Unter der Annahme, dass ein mit einem Fächerstrahltomographen gewonnenes Sinogramm vorliegt und nun als Quellbild geladen wird, ist somit das entsprechende Fächerstrahlmodell mit der Extension *.*fbm* aufzurufe*n*. Die Grundstruktur für dieses computertomographische Fächerstrahlmodell zeigt Abb. 1.

Nun wird mit dem Menüpunkt *Reconstruction* | *Model Options* | *Fan Beam Model* das Dialogfenster des Fächerstrahlmodells für eine Rekonstruktionsprozedur geöffnet, in dem die aus der tomographischen Aufnahmeeinrichtung abgeleiteten Parameter schon eingetragen sind bzw. eingetragen oder variiert werden:

- *Objektdurchmesser*, dieser entspricht im Normalfall den Kantenabmessungen der quadratischen Objektpixelmatrix: (Zeilenzahl I = Spaltenzahl J)
- *Maximaler Umlaufwinkel* der Aufnahmeeinrichtung um das Objekt (in der Regel 180° oder 360°)
- Anzahl der auf den Umlauf gleichmässig verteilten *Projektionen M*, entsprechend der Anzahl der diskreten *Winkelschritte M* des Umlaufs
- Anzahl der auf den Detektor verteilbaren *Projektionsstrahlen K*
- *Erster* und *letzter* detektierter Projektionsstrahl k von insgesamt K Strahlen
- *Distance Source-Center*: Abstand der Strahlungsquelle zum Objektzentrum
- *Distance Source-Detector:* Lotrechter Abstand der Quelle zur Detektorebene.

Nachdem noch die erforderlichen Pixel-Flächenwichtungsdateien für die Projektion und Rekonstruktion generiert sind, wird das Dialogfenster mit dem Speicherbefehl verlassen. Die Parameter werden in einer mit einem Applikationsnamen versehenen Datei mit der automatisch vergebenen Extention *.fbm gespeichert. Nunmehr

können alle im Programm angebotenen analytischen und iterativen Rekonstruktionsverfahren auf das vorliegende Sinogramm angewendet werden.

Die verfügbaren *analytischen* Verfahren sind gefilterte Rückprojektionen mit Ramp-, Shepp-Logan-, Average-, Polynom-, Hanning-, Hamming-, Parzen-, Noise- und Butterworth-Filter.

Die algebraischen Verfahren der *additiven* iterativen Rekonstruktion sind:

- Additive ART, ART-2, ART-3 (Varianten der algebraischen Rekonstruktion)
- Additive ARD (Algebraische Rekonstruktion mit Dämpfung)
- Additive ILS (Iterative Least Square Rekonstruktion)
- Additive SAR (Simultane algebraische Rekonstruktion)
- Additive SIR (Simultane iterative Rekonstruktion)

und die algebraischen Verfahren der *multiplikativen* iterativen Rekonstruktion:

- Multiplicative ART, ART-2, ART-3 (Varianten der Algebraische Rekonstruktion)
- Multiplicative ISS (Iterative Section Seperation)
- Multiplicative ISR (Iterative SPECT Reconstruktion)
- Multiplicative EMT (Expected Maximation)
- Multiplicative SIR (Simultane iterative Rekonstruktion).

4 Schlussfolgerungen

Mit dem unter WINDOWS von einem klinischen Tomographen völlig unabhängig auf einem PC laufenden Programm IMRECO 2000 lassen sich sowohl die unterschied-lichsten CT-Aufnahmetechniken modellieren als auch eine Vielfalt von analytischen sowie iterativen algebraischen Rekonstruktionsalgorithmen auf konkrete, im Klinik-betrieb von einem Tomographen erstellte Datensätze anwenden. Das eröffnet nicht nur die Möglichkeiten eines intensiven Studiums von Algorithmen im Rahmen der Ausbildung sowie die Auseinandersetzung mit oft sehr unterschiedlichen Ergebnissen einer tomographischen Bildrekonstruktion durch die verschiedenen Algorithmen, sondern auch eine gezielte Auswahl von für eine bestimmte klinische tomographische Aufnahmetechnik vorteilhaften Rekonstruktionsverfahren. Das Programm enthält darüber hinaus eine Reihe sehr nützlicher und vielseitiger Bildbearbeitungs-prozeduren, die insbesondere für eine Vor - oder Nachbearbeitung des medizinischen Bildgutes geeignet sind. Diese Prozeduren sind im Wesentlichen dem Programm zur digitalen Bildbearbeitung IMPRO 2000 entnommen.

5 Literatur

1. Freyer R: Digitale Bildrekonstruktion und Bildbearbeitung mit IMRECO 2000, Schriftenreihe Biomedizinische Technik, TU Dresden, Ausgabe Sommersemester 2001.
2. Freyer R: Digitale Bildbearbeitung mit IMPRO 2000, Schriftenreihe Biomedizinische Technik, TU Dresden, Ausgabe Sommersemester 2001.