

Entwicklung von Methoden zum beschleunigten Zugriff auf Akquisitionsdaten ACS2-basierter PET-Scanner

J. Langner¹, C. Pötzsch¹, P. Bühler^{2,1}, J. van den Hoff^{1,2}

¹PET Zentrum, Institut für Bioorganische und Radiopharmazeutische Chemie, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden

²Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Dresden

MOTIVATION

ACS2-basierte PET-Scanner, wie der weit verbreitete ECAT HR+ unterliegen auf Grund von Hardwarelimitationen nicht nur einigen allgemein bekannten Stabilitätsproblemen, sondern auch der Problematik, dass ein Netzwerkzugriff auf die akquirierten Daten nur mit $\approx 0,5$ MB/s möglich ist (s. Abbildung 1). Besonders bei der Verarbeitung von Listmodedaten, z.B. bei einer event-basierten Bewegungskorrektur, ist dies nicht tolerierbar und behindert die Überführung dieser Methoden in die Routine in erheblichem Maße [1]. Unsere Studie soll am Beispiel des ECAT HR+ überprüfen, inwieweit die Entwicklung von hard- und softwarenahen Methoden die Stabilität des ACS2 verbessern, vor allem aber den Zugriff auf die Daten wesentlich beschleunigen kann.

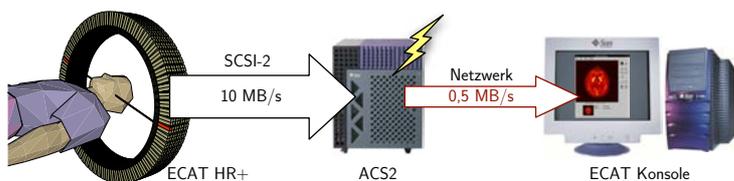


Abbildung 1: Datenflussschema der Akquisitionskomponenten eines ECAT HR+ Systems. Durch die limitierten Netzwerkfähigkeiten des ACS2 kommt es zu Engpässen im Transfer der Akquisitionsdaten. Bei üblichen Datenmengen von mehreren Gigabyte (Listmode) limitiert dies z.B. die Routineüberführung von event-basierten Methoden erheblich.

METHODEN

Bei PET-Scannern, die auf dem ACS2 Kontrollsystem beruhen, werden die akquirierten Daten über einen SCSI-2 Bus auf einen Datenspeicher abgelegt. Zwar bietet dieser Bustyp eine theoretische Höchstgeschwindigkeit von 10 MB/s, jedoch wird dieser Wert bei einer Datenübertragung via Netzwerk, nicht annähernd erreicht (s. Abbildung 1). Da ein Upgrade von Hardwarekomponenten des ACS2, wie z.B. der Netzwerkkarte, vom Hersteller nicht angeboten wird, wurde nach Methoden gesucht, um zumindest mit dem theoretischen Limit von 10 MB/s auf die Daten zugreifen zu können.

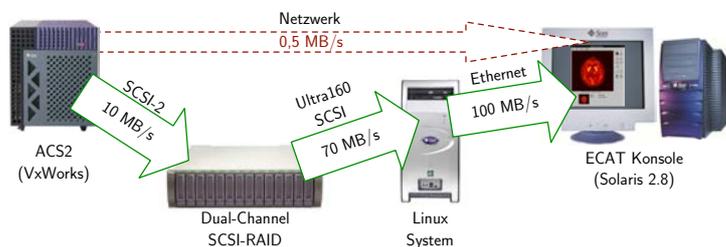


Abbildung 2: Mit Hilfe eines Dual-Channel SCSI-RAID Systems ist es möglich, direkt auf den Datenspeicher des ACS2 Systems von einem anderen System aus zuzugreifen. Hierbei kommt auf dem Linux System ein neu entwickelter Treiber für den Zugriff auf das unter VxWorks verwendete Dateisystem (VXEXT) zum Einsatz. Über diesen Weg lassen sich Listmode- bzw. Sinogramm Daten mit einer Geschwindigkeit von bis zu ≈ 70 MB/s auslesen.

Da es sich bei SCSI um einen gängigen Standard für Datenspeichersysteme wie z.B. Festplatten handelt, existieren Hardwarelösungen, die es erlauben, zwei Systeme getrennt voneinander auf das selbe Medium zugreifen zu lassen. Solche mit mehreren Hostanschlüssen ausgestattete SCSI Systeme werden meist als redundante Speicherlösungen (RAID) verwendet. Sie erlauben jedoch auch einen dauerhaften parallelen Zugriff auf ein und dasselbe Speichermedium. In unserer Studie wurde daher ein solches SCSI-RAID mit zwei getrennten Hostanschlüssen als Speichermedium für das am ECAT HR+ eingesetzte ACS2 System parallel zu einem unter dem Betriebssystem Linux laufendem Rechner in Betrieb genommen (s. Abbildung 2). In einem ersten Schritt wurde die korrekte Funktion unter Routinebedingungen kontrolliert. Hierzu wurden über einen Zeitraum von einigen Wochen gemessene Listmodedaten auf ihre korrekte Zusam-

menetzung hin überprüft. Hierbei konnten selbst unter Verwendung von hohen Aktivitäten keinerlei Inkonsistenzen in den akquirierten Daten registriert werden.



Abbildung 3: Durch internes Datencaching im ACS2 System ist der Zugriff vom parallel betriebenen Linux System nur lesend möglich. Diese Limitation ist jedoch vertretbar, da ein expliziter Schreibzugriff für die Akquisition generell nicht notwendig ist.

Da das VxWorks-basierte ACS2 System seine Daten unter einem eigenen proprietären Dateisystem (VXEXT) auf den Datenspeicher ablegt, wurde es im Weiteren notwendig, eine eigene Implementierung dieses Systems für das Linux Betriebssystem zu entwickeln. Durch die schwer verfügbare Dokumentation dieses Dateisystems wurde unter Zuhilfenahme von *reverse-engineering* Techniken der Aufbau analysiert und in einem zu den Linux Kernelversionen 2.6 kompatiblen Dateisystemtreiber implementiert [2]. Da auf Grund von internem Caching im ACS2 System ein Schreibzugriff von Seiten des Linux Systems nicht praktikabel - aber auch nicht notwendig ist - konzentrierte sich die Entwicklung und Validierung dieses Treibers nur auf den Lesezugriff (s. Abbildung 3). Des Weiteren wurde das Linux System auf Grund von eigenem Datencaching mit einem Automounter ausgestattet, der mit Hilfe eines Timeouts sicherstellt, dass vom ACS2 neu geschriebene Daten automatisch sichtbar werden.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Durch den Einsatz eines Dual-Channel SCSI-RAID Systems, sowie die Linux-Portierung des unter dem ACS2 verwendeten Dateisystems, konnten beträchtliche Geschwindigkeitszuwächse erzielt werden. Im Gegensatz zu der vormals auf $\approx 0,5$ MB/s limitierten Methode der Datenübertragung ist es nun möglich, mit einer Transferrate von ≈ 70 MB/s auf die Akquisitionsdaten zuzugreifen. Besonders im Hinblick auf die mehreren Gigabyte grossen Listmodedaten stellt diese $\approx 140\times$ Steigerung einen entscheidenden Fortschritt dar. Durch diese Entwicklung ist es nun möglich, typische Datenmengen von ≈ 4 GB (eine Stunde F^{18} im Listmode bei ≈ 330 MBq), die vormals $\approx 2,5$ Stunden zur Übertragung benötigten, nun innerhalb von ≈ 1 Minute für eine etwaige event-basierte Bearbeitung der Daten bereit zu halten.

Zusätzlich dazu entlastet dieser schnellere Übertragungsweg, zusammen mit der Integration in die ECAT Umgebung, die ohnehin limitierten Ressourcen des ACS2 Systems. Dies trägt in der Routine nicht nur im Listmode Verfahren zu einer gesteigerten Stabilität des ACS2 Systems bei, sondern erlaubt es auch im Standard *Histogramm* Verfahren schneller auf die akquirierten Daten zuzugreifen.

AUSBLICK

In weiteren Studien soll mit Hilfe eigener Hardwareentwicklungen direkt auf den internen Datenbus des ACS2 zugegriffen werden. Erste Tests zeigen bereits, dass damit eine Datenakquisition in Echtzeit von einem parallel betriebenen Linux System aus möglich wird. Im weiteren Verlauf soll gezeigt werden, dass neben der unterbrechungsfreien Nachbearbeitung von Daten auch ein bisher notwendiges Umschalten zwischen *Histogramm* und *Listmode* nicht mehr notwendig ist und sich somit die Akquisition von Listmodedaten transparent in ein bestehendes ECAT System integrieren lässt.

Literatur

- [1] J. Langner et al. Nutzung von Mehrprozessorsystemen für den routinefähigen Einsatz listmode-basierter Bewegungskorrektur in der PET. In *42. Jahrestagung, Rostock*. Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin, April 2004.
- [2] J. Langner et al. A reverse engineered implementation of the VxWorks 5.2+ extended DOS filesystem for Linux kernels 2.6+, March 2005. <http://www.jens-langner.de/vxext/fs/>.