

Review: Verteiltes Rechnen auf Voyager und Galileo

Inhalt

Die Arbeit beschreibt den Aufbau und die Designentscheidungen der NASA für den Bau der Voyager und Galileo Sonden die beide das Äußere Sonnensystem als Ziel hatten.

Die NASA litt in den 70er und 80ern unter Budgetkürzungen die sowohl die Missionen als auch das Design der Raumsonden beeinflusste. Die Ende der 70er Jahre gestartete Voyager Sonde, sollte durch Vorbeiflug an den äußeren Planeten, darunter vorrangig Jupiter und Saturn und dessen Monden wissenschaftliche Daten sammeln. Die 12 Jahre später gestartete Galileo Sonde, sollte das Jupiter System genauer untersuchen.

Sowohl Voyager als auch Galileo wurden nicht über einen einzelnen zentralen leistungsstarken Computer gesteuert, sondern von einem verteilten System aus kleineren redundanten Rechnern. Die Sonden waren in unterschiedliche Subsysteme unterteilt, die bis zu einem gewissen Grad eigenständig für bestimmte Aufgaben zuständig waren und über Bussen miteinander Verbunden waren. Dies hatte mehrere Gründe. Zum einen konnte man dadurch ältere erprobte aber dafür langsamere Prozessoren verwenden und hatte dennoch insgesamt genug Rechenleistung bzw. Speicher zur Verfügung. Zum anderen konnten so unterschiedliche Teams auf unterschiedlichen Prozessoren entwickeln, ohne sich in die Quere zu kommen. Zusätzlich waren die Sonden durch das verteilte Design sicherer gegen Ausfälle, denn bei Ausfall eines Systems wären die restlichen Systeme noch nutzbar. Die Sonden konnten von der Erde aus im Nachhinein mit Updates versorgt werden, was eine komplette Umprogrammierung und damit Zweckentfremdung der Prozessoren ermöglichte. Dies wurde z. B. bei Galileo nach einem Fehler mit der Hauptantenne genutzt, um über die schwächeren Low Gain Antennas stark komprimiert Daten zu senden. Dafür wurden das CDS und AACS umprogrammiert, um damit Daten zu komprimieren. Die Prozessoren der einzelnen Subsysteme waren außerdem Redundant ausgelegt, sodass im Störfall automatisch auf einen zweiten umgeschaltet werden konnte.

Voyager war in drei große Subsysteme unterteilt. Das Communication & Command System (CCS) war für das Senden und Empfangen von Daten zwischen Sonde und Erde zuständig und steuerte die Abläufe der Sonde. Das CCS wurde größtenteils von der Viking Sonde übernommen. Es bestand aus einem 18-Bit Prozessor der Daten Bit seriell verarbeitete und über 4K Arbeitsspeicher verfügte. Neben dem CCS gab es das Lage Kontrollsystem, das für die Ausrichtung der Sonde zuständig war und den Flight Data System Computer (FDS) der für die Speicherung anfallender wissenschaftlicher Daten auf den Magnetbändern genutzt wurde.

Galileo war in ähnliche Subsysteme wie Voyager eingeteilt. Das Command and Data Subsystem (CDS) war wie das CCS bei Voyager für die Kommunikation mit der Erde und die Steuerung der Abläufe zuständig. Es bildete zusätzlich die Schnittstelle zum Data Memory Subsystem das die Magnetbänder beinhaltete. Das Attitude and Artikulation Control Subsystem (AACS) war für die Lageregelung der Sonde zuständig. Im Unterschied zu Voyager hatten die wissenschaftlichen Messinstrumente ihre

eigenen Prozessoren die wie die anderen Subsysteme über einen Bus mit dem CDS verbunden waren. Die Subsysteme selbst bestanden aus mehreren Prozessoren die über die gesamte Sonde verteilt waren. Bei Galileo kamen Prozessoren vom Typ CDP1802, einen langsamen dafür aber robusten und erprobten 8-Bit Prozessor zum Einsatz. Die einzige Ausnahme bildete das AACS, bei dem aus Performancegründen eine aus vier AM2901 4-Bit ALUs zusammengesetzte 16-Bit CPU zum Einsatz kam.

Review

Die Arbeit geht auf alle relevanten und interessanten Aspekte der Rechnertechnik ein. Die gezeigten Bilder geben einen guten Überblick über den Aufbau der Sonden. An manchen Stellen, vor allem am Anfang auf den ersten Seiten, in denen es um Voyager geht, sind die Zusammenhänge teilweise etwas unklar und aus meiner Sicht nicht immer ganz nachvollziehbar beschrieben. Hier solltet ihr manches verständlicher und etwas genauer beschreiben. Der Sprachstil ist großteils gut, stellenweise aber etwas holprig mit einigen Flüchtigkeitsfehlern. Dass die referenzierten Quellen am unteren Rand jeder Seite aufgelistet werden finde ich gut, da man so viel übersichtlicher darauf zugreifen kann. Auch die Anzahl der verwendeten Quellen ist gut. Ihr habt aber stellenweise kaum Verweise. Es sollte mindestens nach jedem Absatz ein Verweis auf die verwendeten Quellen eingefügt werden und nicht nur am Ende eines Kapitels. Insgesamt finde ich eure Arbeit gelungen. Ich habe ein paar Bemerkungen ins PDF eingefügt.