

Parallele Simulationsumgebung für dynamische Netzobjekte mit verteilten Parametern.

L.P. Feldman, V.A. Svjatnyj*, O.V. Moldovanova**
feldman@pmi.dgtu.donetsk.ua
svjatnyj@cs.dgtu.donetsk.ua
Fakultät für Rechentechnik und Informatik (FRTI)
Nationale Technische Universität Donezk,
Artemstr. 58, 83000, Donezk, Ukraine

Kurzfassung

In Zusammenhang mit der Komplexität der technischen Netze von verschiedenen Gegenstandsgebieten als Modellierungs- und Simulationsobjekte mit verteilten Parametern wird es vorgeschlagen, eine problemorientierte parallele Simulationsumgebung (PSU) zu entwickeln. Im Beitrag werden die PSU-Strukturorganisation, die parallele Algorithmen und Simulationssoftware sowie die Implementierungsergebnisse und Anwendungsperspektiven vorgestellt. Die Konzeption der Simulationsumgebung vereinigt verschiedene Aspekte des Simulationsprozesses, Hardwareressourcen, System- und Simulationssoftware, die alle Etappen der Modellierung und Simulation unterstützen.

1 Einleitung

Die in verschiedenen Gegenstandsgebieten funktionierten technischen Netze sind die Modellierungs- und Simulationsobjekte mit verteilten Parametern. Wegen der Nichtlinearitäten, großen Dimensionen von ursprünglichen und diskretisierten Netztopologien, physikalisch verschiedenen dynamischen Prozesse sowie darauf entstehende höchstdimensionale Differential-Algebra-Gleichungssysteme gehören die Netzobjekte zu den komplexen dynamischen Systeme. Die Modellierungssystematik solcher Systeme wird als wichtiger Entwicklungsgegenstand paralleler Simulationstechnik [1] betrachtet, die aufgrund der formulierten netzobjektspezifischen Anforderungen eine neue Systemorganisation der Simulationsmittel als problemorientierte parallele Simulationsumgebung (PSU) bietet. Die PSU-Konzeption wurde im Rahmen der Kooperation von FRTI der Nationalen Technischen Universität Donezk und ISR, IPVS, HLRS der Universität Stuttgart formuliert.

* Prof. Dr.-Ing. V.A. Svjatnyj ist ein Gastprofessor am Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Prozesse (Prof. Dr.-Ing. E.-D. Gilles, Prof. Dr.-Ing. J. Kienle), Magdeburg.

** O.V. Moldovanova war eine Gastwissenschaftlerin am Höchstleistungsrechenzentrum (Prof. Dr.-Ing. M. Resch) und Leonhardt-Euler-Stipendiatin am Institut für Systemdynamik und Regelungstechnik (Prof. Dr.-Ing. E.-D. Gilles Prof. Dr.-Ing. M. Zeitz) und am Institut für Parallele und Verteilte Systeme (Prof. Dr. H.-J. Bungartz, Prof. Dr. K. Rothermel) im Rahmen des Kooperationsvertrags der Universität Stuttgart mit der NTU Donezk.

2 Struktur der parallelen Simulationsumgebung

Problemorientierte parallele Simulationsumgebung für dynamische Netzobjekte mit verteilten Parametern (DNVP) ist ein System, bestehend aus parallelen Rechenressourcen, Arbeitsplätzen, Peripheriegeräten, System- und Simulationssoftware, das sowohl Modellerstellung als auch dessen Verwendung unterstützt. Die Problem-Orientierung der Simulationsumgebung besteht in der benutzerfreundlichen Beschreibung des Netzobjektes, in der spezifischen Vorstellung der Simulationsergebnisse, in der Wahl von wirksamen Visualisierungsverfahren sowie in der problembezogenen Entwicklung der Simulationssoftware und Benutzeroberfläche (BOF).

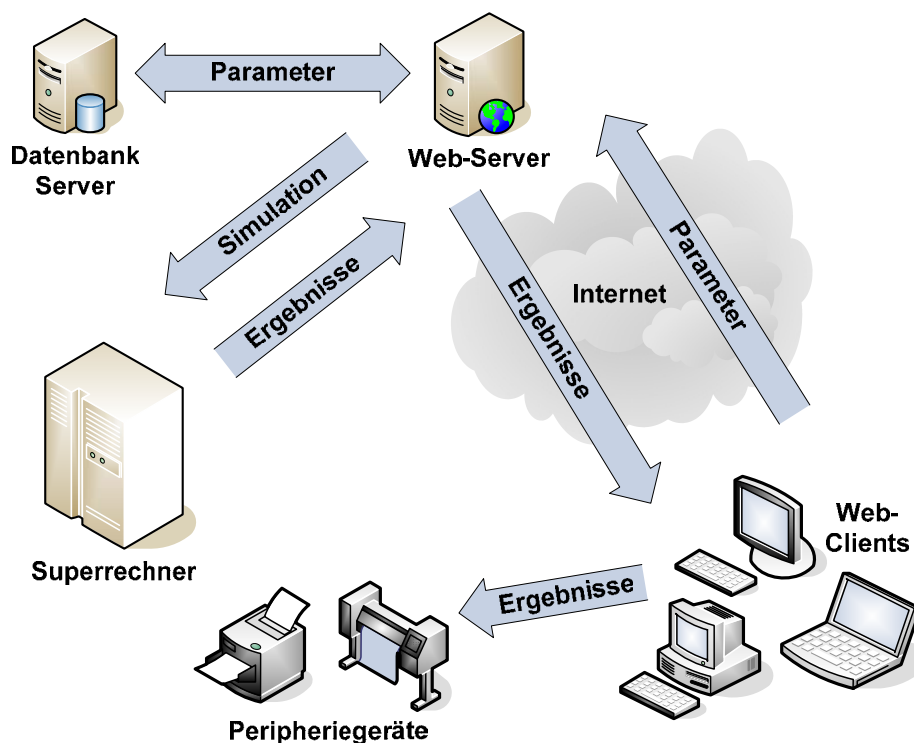


Bild 1: Hardwarestruktur von PSU.

Zu den parallelen Ressourcen gehören Rechensysteme von MIMD-Architekturen, sowie die PC-Clustern. Der Zugriff zum Hardware wird mit Hilfe der Netztechnologie von Arbeitsplätzen durchgeführt. Peripheriegeräte visualisieren und dokumentieren die Simulationsergebnisse. Web-Server erlaubt einen Web-basierten Ansatz zur parallelen Modellierung und Simulation von dynamischen Netzobjekten mit verteilten Parametern zu realisieren.

Die Web-Simulation basiert sich auf das Prinzip der Fernsimulation [3]. Das Common Gateway Interface (CGI) unterstützt die Datentübergabe über das Netz und den Start eines CGI-Scripts auf dem Server. CGI-Scripts sind mit Hilfe von Programmiersprache

C++ implementiert (Bild 2). Das CGI-Script startet die Simulation, drückt die Ergebnisse auf einer HTML-Seite und übergibt diese Seite zurück zum Benutzer.

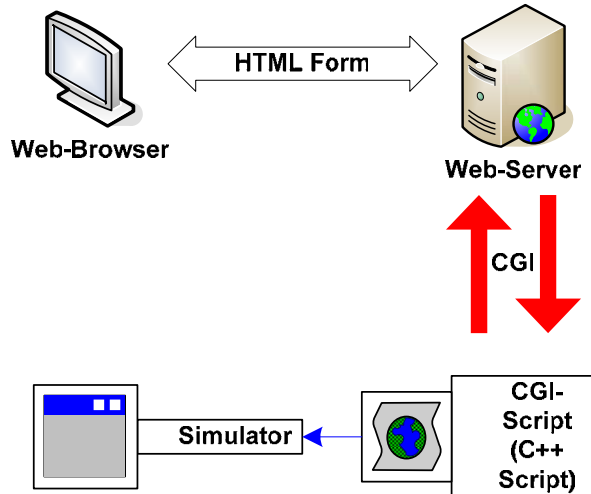


Bild 2: CGI-basierte Web-Verbindung.

Systemsoftware von PSU beinhaltet parallele Betriebssysteme der MIMD-Orientierung, parallele Programmierungssysteme, ein Systemteil der web-basierten Benutzeroberfläche, ein Datenbankverwaltungssystem sowie Systemprogramme für Peripheriegeräte.

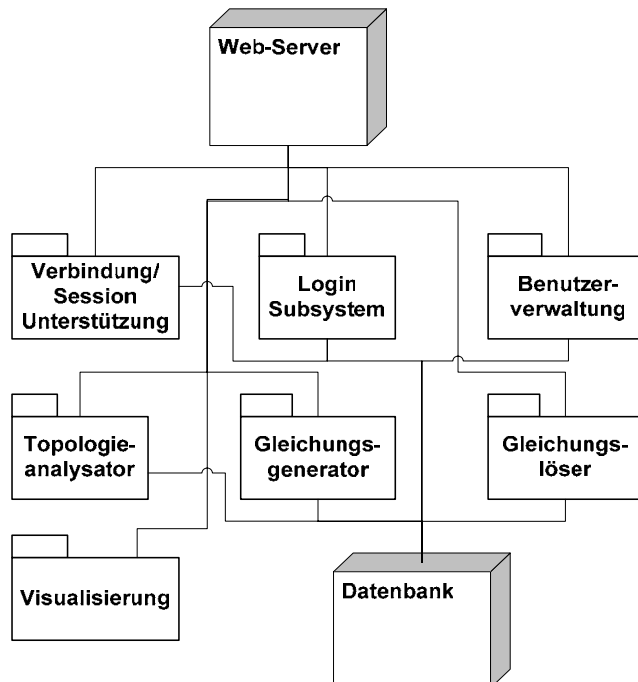


Bild 3: PSU-Software Struktur.

PSU-Simulationssoftware hat die folgenden Hauptkomponenten: eine DNVP-Simulationssoftware, ein Verbindungssystem, ein Login Subsystem, ein Benutzerverwaltungssystem, ein Visualisierungssystem sowie eine Datenbank von Modellen und ihren Parametern. Alle diese Softwarekomponenten gewährleisten eine web-basierte Benutzeroberfläche für Modellentwickler.

3 DNVP-Simulationssoftware

DNVP-Simulationssoftware wurde als die integrierten Programmkomponenten (Topologieanalysator, Gleichungsgenerator und auf verschiedenen numerischen Verfahren basierenden Gleichungslöser) entwickelt, implementiert und experimentell untersucht.

Der Topologieanalysator liefert die für Erstellung der Simulationsmodelle notwendige Information über diskretisierte ursprüngliche Netztopologie.

Gleichungsgenerator ist ein Programm, das auf der Grundlage von gegebenen Daten und Angaben des Topologieanalysators Gleichungen von DNVP erstellt und zu den konventionellen sowie virtuellen parallelen Simulationsmodellen transformiert. Implementierung des Topologieanalysators und des Gleichungsgenerators für DNVP bedeutet die rechnerunterstützte Modellierung von Objekten der betrachtenden Klasse. Die Implementierungen erfolgen im C++-Code.

Gleichungslöser stellt ein Programm dar, das zyklisch einen Algorithmus der numerischen Lösung des generierten Matrix-Gleichungssystems realisiert. Basierend auf Anforderungen zu PSU, der Löseralgorithmus wird so erstellt, dass Benutzer darf eine parallele Implementierung von mehreren numerischen Verfahren auswählen. Das sind Runge-Kutta (4. Ordnung) und Adams-Bashforth (2. Ordnung) Verfahren, die in modernen Simulationssprachen implementiert und ihre Verwendung in PSU stimmt mit dem Nachfolgeprinzip von parallelen Umgebungen mit sequentiellen Simulationsmitteln für dynamische Netzobjekte überein. Außerdem wird ein blockartiges 2-punktiges Einschritt-Differenzverfahren für die Simulation verwendet. Die Formeln des Verfahrens für ein System der gewöhnlichen Differenzgleichungen hat die folgende Form [4]:

$$\begin{aligned} u_{n,q,1} &= u_{n,q,0} + \frac{1}{12} \tau (5F_{n,q,0} + 8F_{n,q,1} - F_{n,q,2}) \\ u_{n,q,2} &= u_{n,q,0} + \frac{1}{3} \tau (F_{n,q,0} + 4F_{n,q,1} + F_{n,q,2}), \quad q = \overline{1, m}, \quad n = \overline{1, 2, \dots, N} \end{aligned} \quad (1)$$

Hier sind n – eine Blocknummer, q – eine Gleichungsnummer, τ – ein Intervall zwischen Punkten des Blockes, $F_{n,q,j} = f_q(t_n + j\tau, u_1(t_n + j\tau), u_2(t_n + j\tau), \dots, u_q(t_n + j\tau))$, $j = 0, 1, 2$.

Das nichtlineare Gleichungssystem (1) wird mit Hilfe des folgenden Iterationsverfahrens gelöst:

$$\begin{aligned}
u_{n,q,1,0} &= u_{n,0} + \tau F_{n,q,0}, \\
u_{n,q,2,0} &= u_{n,0} + 2\tau F_{n,q,0}, \\
u_{n,q,1,s+1} &= u_{n,q,0} + \frac{1}{12}\tau(5F_{n,q,0} + 8F_{n,q,1,s} - F_{n,q,2,s}), \\
u_{n,q,2,s+1} &= u_{n,q,0} + \frac{1}{3}\tau(F_{n,q,0} + 4F_{n,q,1,s} + F_{n,q,2,s}), \quad q = \overline{1,m}, \quad n = \overline{1,2,\dots,N}, \quad s = \overline{0,1}.
\end{aligned} \tag{2}$$

Hier ist s – eine Iterationsnummer.

Mögliche Parallelisierungsansätze [2] für Entwicklung des parallelen DNVP-Simulationsmodells wurden untersucht. Der Gleichungslöser wurde mit Hilfe von Programmiersprache C++ und MPI-Bibliothek implementiert. Für die Parallelisierung wurde die SPMD-Organisation des Löasers ausgewählt.

Die Simulationsergebnisse werden in Text-Dateien gespeichert. Der spezieller CGI-Script wandelt die Daten der Text-Dateien mit Hilfe von GNUPlot Software in GIF-Format um und dann erstellt eine HTML-Seite mit der graphischen Darstellung der Ergebnisse.

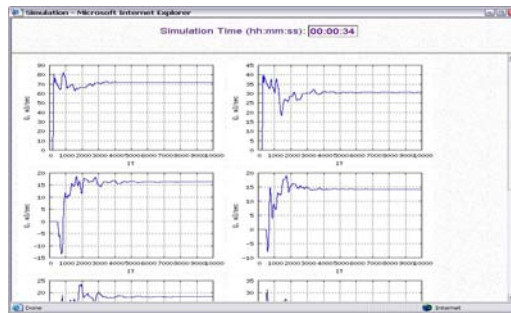


Bild 4: Beispiel der HTML-Seite mit Ergebnissen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Problem orientierte PSU wurde von Autoren als verteiltes System mit den parallelen Rechenressourcen realisiert und experimentell untersucht. Als dynamische Modellierungs- und Simulationsobjekte wurden dabei die industrienahen Grubenbewerterungsnetze mit verteilten Parametern betrachtet. Die Analyse von Simulationsergebnissen zeigt, dass PSU arbeitsfähig ist, die PSU-Strukturkomponenten die vordefinierten Funktionen zuverlässig erfüllen, die rechnergestützte Erstellung der parallelen Modelle von Netzobjekten realisiert wird, die vorgeschlagenen Parallelisierungsansätze als einen Grund für die Entwicklung der parallelen Simulationsalgorithmen und Programmen sowie der Prozessorzuordnung dienen. PSU wird in der Kohleindustrie für die modellgestützte Entwicklung der Automatisierungssysteme für Grubenbewerterung und für die Lehre an den beteiligten Universitäten benutzt.

5 Literatur

- [1] *Feldmann, L.P., Svjatnyj, V.A., Lapko, V.V., Gilles, E.-D., Zeitz, M., Reuter, A., Rothermel, K.*: Parallele Simulationstechnik. In: Problems of Simulation and Computer Aided Design of Dynamic Systems. Collected Volume of Scientific Papers of Donetsk National Technical University, Donetsk, 1999, S. 9 –19.
- [2] *Svjatnyj, V.A., Moldovanova, O.V., Tschepzov, A.A., Zeitz, M., Rothermel, K.*: Generierung und parallele Lösung von Simulationsmodellen für Netzobjekte mit verteilten Parametern. In: R. Hohmann (Hrsg.), Tagungsband 17. ASIM-Symposium Simulationstechnik, Magdeburg 2003, SCS 2003, S. 193 – 198.
- [3] *Lorenz, P., Schriber, T.J., Dorwarth, H., Ritter, K.-C.*: Towards a web based simulation environment. Proceedings of the 29th conference on Winter simulation. p. 1338-1344. December 07-10, 1997. Atlanta, Georgia, United States.
- [4] *Feldmann, L.P., Svjatnyj, V.A.*: Stabilität von parallelen Simulationsverfahren für dynamische Systeme mit konzentrierten Parametern. In: R. Hohmann (Hrsg.), Tagungsband 17. ASIM-Symposium Simulationstechnik, Magdeburg 2003, SCS 2003, S..