کاربرد معماری موازی و سیستمهای نوری در تعیین موقعیّت نقاط متحرّک

مهندس محمّدرضا یاری

مدلهای Over determind با استفاده از روش LSM که به مسئلهٔ Adjustment معروف است حل می‌گردند. و یکی از کارآمدترین کاربردهای اجسمنت در نگرش آماری بر مسئلهٔ تعیین موقعیت به صورت ارائه مختصات و دقت یک نقطه به شکل Interval estimation, Point esti. می‌باشد. تعیین موقعیت نقاط متحرک از بسیاری لحاظ به ویژه استراتژیکی، اقتصادی و ... دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد. مسئله دارای زمینهٔ تاریخی نیز می‌باشد. مسئلهٔ تعیین موقعیت کشتیها با استفاده از وسایل ساده‌ای مانند سکستانت خورشیدی و جل مدل Determind به طریقه مکانیکی - محاسباتی با استفاده از نقالهٔ هیدروگرافی و ترسیم نمونه‌ای از آن می‌باشد. در حل مسائل اجسمنت نقاط ثابت زمان مشکل خاص نمی‌باشند اما در مورد نقاط متحرک بسیار مهم است.

چنانچه در گذشته نیز حل بخشی از مدل به طریقهٔ مکانیکی انجام می‌گرفته تا بدین وسیله زمان محاسبات تقلیل یابد. روشهای مبتنی بر Filtering و Spectral analysis ارائه گشته‌اند تا به گونه‌ای مسئله زمان را حل نمایند ما در اینجا مسئلهٔ اجسمنت را ارائه می‌کنیم. با بالا بردن توان محاسباتی و می‌نیمم نمودن زمان محاسبات با استفاده از کامپیوترهای الکترونیکی مسئله تا حدودی حل شده است. بنابراین با ارائه روشها و سیستمهای جدید مانند سیستمهای نوری معماریهای جدید کامپیوتر مانند معماری موازی و معماری براساس جریان داده‌ها و ... گامهای مؤثری برداشته شده است.

با آوردن مثال ساده‌ای مسئله را بررسی می‌کنیم. اگر نقاط S_i در دستگاه O(XYZ) معلوم باشند با اندازه‌گیری نرم بردارهای $\vec{S_iP}$ یا r_iها می‌توان موقعیت P را محاسبه نمود. یکی از روشهای اندازه‌گیری r_i استفاده از امواج الکترومغناطیس می‌باشد.

$$r_i = |\vec{s_iP}|$$

اگر موقعیت نقطه P در دستگاه O(XYZ) ثابت و مستقل از زمان باشد با حل یک مدل پارامتریک می‌توانیم مختصات آن را محاسبه نماییم. اگر مشاهدات در زمان t^k انجام گرفته باشد داریم.

Observation Eq.

$$(r_i^k)^2 = (x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2 \qquad f(x_k) = l_k$$

$$\text{مشاهدات } l_k = (r_1^k, r_2^k, r_3^k, \ldots r_n^k) \qquad A_k \Delta x_k = \Delta l_k$$

$$\text{مجهولات } X = (X_k, Y_k, Z_k)^T \qquad a_{ix}^k = (\delta f_i / \delta x_k)$$

$$a_{iy}^k = (\delta f_i / \delta y_k)$$

$$a_{iz}^k = (\delta f_i / \delta z_k)$$

$$i = 1,2,3,\ldots n$$

$$A_k = \begin{bmatrix} a_{1x}^k & a_{1y}^k & a_{1z}^k \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{ix}^k & a_{iy}^k & a_{iz}^k \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{nx}^k & a_{ny}^k & a_{nz}^k \end{bmatrix} \qquad X_k = X_{k-1} + (A^T A)^{-1} A^T \Delta l_k$$

$$\Delta l_k = l_k - l_{k-1}$$

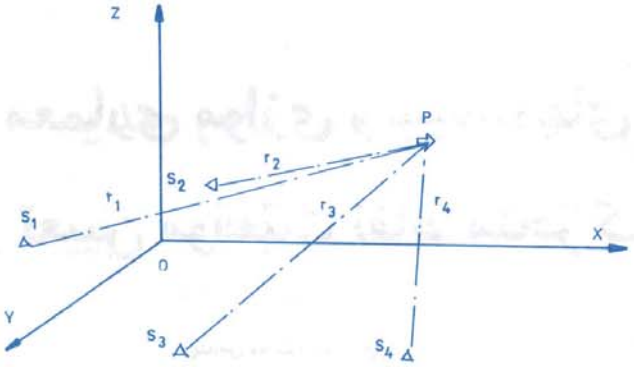
$$\Delta x_k = x_k - x_{k-1}$$

اگر نقطه p نسبت به دستگاه o(xyz) در حال حرکت باشد بنابراین مشاهدات در زمان t^k انجام پذیرفته بنابراین در زمان t_i^k سیگنالی از s_i ارسال و با انعکاس از P_k بعد از زمان Δt_i^k در s_i دریافت می‌شود پس داریم.

$$\Delta t_i^k = 2r_i^k / c \qquad c = \text{سرعت نور}$$

نخستین گام در استفاده از مدل پارامتریک همزمان‌سازی t_i^kها می‌باشد که با خطای δt_i^k همراه است و ما در اینجا از آن صرفنظر می‌کنیم.

بررسی Δt_i^k با توجه به مسئله قوت شکل و فرم& Configuration



Strenght نشان می‌دهد که Δr_i^kها تقریباً با هم برابرند پس.

$$\Delta t^k=\Delta t_1^k=\Delta t_2^k=\Delta t_3^k=...\Delta t_n^k$$

یا با تقریب بهتر می‌توانیم بنویسیم.

$$\Delta t^k = \Sigma_{i=1}^{n}\Delta t_i^k / n$$

اگر در زمان t مسیر حرکت p خطی فرض گردد و P_k دارای سرعت خطی V_p^k باشد بنابراین در موقعیت P_k باید تصحیح زیر اعمال‌گردد.

$$d^k=V_p^k.\Delta t^k$$

یک روش جهت اعمال تصحیح یابی صورت است که اگر موقعیت P در زمان t^{k-1} محاسبه شده باشد بنابراین بردار $\overrightarrow{P_{k-1}P_k}$ مشخص می‌باشد. و d^k در راستای این بردار اعمال می‌گردد. بخش دیگری از حل مسئله بررسی زمان محاسبهٔ مدل می‌باشد برای حل مدل به زمانی مانند Δt_c نیاز داریم که باعث این تصحیح d_c خواهد شد و ناگزیر آنرا نیز در راستای $\overrightarrow{P_{k-1}P_k}$ اعمال می‌نمائیم.

$$d_c = v_p^k.\Delta t_c$$

اگر برای حرکت نقطهٔ P قوانین مکانیک نیوتنی را بر آن اعمال نمائیم می‌توانیم یک مدل مکانیکی برای تعیین موقعیت P بسازیم برای مثال استفاده از سرعت و زاویهٔ پرتاب و قوانین ضربه و اندازه حرکت و غیره، بهرحال برای حل این نوع مدلها نیز به زمانی مانند Δt_M نیاز داریم. بنابراین

$$d_M=V_p^k.\Delta t_M$$

همچنین می‌توانیم موقعیت نقطه P را به صورت توأم یک مدل مکانیکی و پارامتریک محاسبه نمائیم. بهرحال تصحیح کلی به صورت زیر خواهد بود.

$$\Delta t=\Delta t_M+\Delta t_c+\Delta t^k \quad ; \quad d=\Delta t.V_p^k$$

نحوهٔ اعمال تصحیح d به صورت زیر می‌باشد.

$$\begin{bmatrix}\Delta x\\ \Delta y\\ \Delta z\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}x_k-x_{k-1}\\ y_k-y_{k-1}\\ z_k-z_{k-1}\end{bmatrix}$$

$$\Delta r=(\Delta x^2+\Delta y^2+\Delta z^2)^{\frac{1}{2}}$$
$$\varphi=\cos^{-1}(\Delta z/\Delta r) \quad (۱)$$
$$\theta=\sin^{-1}(\Delta y(\Delta r \sin\varphi))$$

$$\begin{bmatrix}x_k\\ y_k\\ z_k\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_k+d\cos\theta\sin\varphi\\ y_k+d\sin\theta\sin\varphi\\ z_k+d\cos\varphi\end{bmatrix} \quad (۲)$$

حرکت نقطه P از P_{k-1} تا P_k خطی فرض شده است.

مختصات P_k در زمان t_k می‌باشد به طوری که:

$$t_k=t^k+\Delta t$$

می‌توان یک زمان جوابدهی سیستم کنترل برای مختصات P نیز در نظر گرفت و مختصات آن را برای زمان t_k به صورت ذیل محاسبه نمود.

$$\Delta t=\Delta t_M+\Delta t_c+\Delta t^k+\Delta t_a$$

Δt_a زمان جوابدهی سیستم می‌باشد.

و باز هم نحوهٔ اعمال تصحیح به صورت فوق می‌باشد. $d = \Delta t.V_p^k$

بنابراین در زمان t_k موقعیت P به صورت P_k در دسترسی می‌باشد که از آن می‌توان در طراحی رباتها - وسائل مجهز به هوش مصنوعی و ... استفاده نمود. اگر در زمانهای ΔT از ایستگاههای S_i سیگنالهایی به طور متوالی فرستاده شود با توجه به $(\Delta T-\Delta t)$ می‌توان تصحیحات را بهتر مورد بررسی قرار داد.

می‌نیم نمودن Δt یا نزدیک نمودن t_k به t^k یک آرزوی بسیار مهم می‌باشد یعنی ما P_k یا P_k را با دقت بسیار بهتری برحسب P_k خواهیم داشت.

در واقع در این روش ما d را می‌نیمم خواهیم نمود و واقعاً خود را به خطی بودن مسیر حرکت P به طور چشمگیری نزدیک خواهیم نمود. نخستین فکر استفاده از تغییر آلگوریتمها و نحوهٔ حل مسئله و می‌نیمم نمودن زمان محاسباتی می‌باشد. مسئله را با بحثی در مورد روشهای ذیل پیگیری خواهیم نمود.

۱) معماری بر اساس جریان داده‌ها؛[1]

۲) پردازش موازی و معماری موازی[۲]؛
۳) سیستمهای عامل ویژه[۳]؛
۴) سیستمهای نوری[۴]؛
۵) استفاده از فاصل‌های موازی[۵]؛

۱) معماری بر اساس جریان داده‌ها

کامپیوتری که جهت محاسبهٔ چنین مدلهایی طراحی می‌شود باید دارای معماری ویژه بر اساس چگونگی جریان داده‌ها باشد لذا می‌توان از اتلاف وقت به میزان زیادی جلوگیری نموده و از زمان محاسباتی جهت انجام عملیات مفید استفاده کرد. همچنین سیستمهای ارزانتری می‌توان عرضه نمود. این معماری خاص ضمن بالا بردن توان محاسباتی به طور فوق‌العاده دارای ویژگیها و مشخصات حل این مسئله نیز می‌باشد.

۲) پردازش موازی و معماری موازی

همان گونه که در بخش پیش گفته شد هنگامی که صحبت از معماری براساس جریان داده‌ها مطرح می‌گردد می‌بینیم که جریان داده‌ها در تمام مدل به صورت ترتیبی نمی‌باشد و گاهی می‌توان بخشهایی از مدل را به طور همزمان نیز اجرا نمود یا به عبارتی اگر دارای جریان داده‌های موازی باشیم می‌توان ماشینهای محاسباتی را به گونه‌ای طراحی نمود که از تنگنای جان فوی‌نویمان خارج شده و بخشهایی از مسئله را به طور همزمان محاسبه نمایند و این خود آغاز معماری موازی و پردازش موازی می‌باشد.

۳) سیستمهای عامل ویژه

آنچه که رابطه بین ماشین و استفاده کننده را به وجود می‌آورد سیستم عامل می‌باشد. سیستمهای عاملی وجود دارند که می‌توانند محیط یک ماشین حقیقی را همزمان به محیط چندین ماشین مجازی تقسیم نمایند بنابراین می‌توان پردازش موازی را انجام داد. پس در حل این مسئله قابل بحث خواهند بود. نمونه این سیستمها (WM) روی ماشینهای IBM می‌باشد.

۴) سیستمهای نوری «غلبه بر تنگنای سرعت محاسباتی»

باید دانست که سرعت محاسباتی در کامپیوترهای الکترونیکی هیچگاه از سرعت حرکت الکترونها در اجسام نیمه هادی بیشتر نخواهد شد و این سرعت نیز محدود می‌باشد. امروزه برای غلبه بر این محدودیت، تئوری کامپیوترهای نوری پیشنهاد گردیده است. کامپیوترهایی که در آنها از سیم‌پیچ و تراشه خبری نیست و به جای دیود و ترانزیستور از دیودها و ترانزیستورهای نوری استفاده می‌شود. و سرعت محاسباتی آنها ده هزار مرتبه بیشتر از کامپیوترهای الکترونیکی می‌باشد.

۵) فاصل‌های موازی

آنچه که رابطهٔ بین ماشین محاسباتی (کامپیوتر) و وسایل جانبی را برقرار می‌سازد به فاصل[۶] معروف است. دو نوع فاصل موجود است، فاصل‌های موازی و فاصل‌های ترتیبی. فاصلهای موازی، داده‌ها را به طور همزمان منتقل می‌کنند و فاصل‌های ترتیبی، داده‌ها را به طور متوالی ردوبدل می‌نمایند. در حل این مسئله استفاده از فاصل‌های موازی نمایان است.

همان گونه که اشاره شد روش استفاده از پردازش موازی و سیستمهای نوری هر دو برای کاستن زمان محاسباتی دارای اهمیت ویژه‌اند. همچنین انتظار می‌رود کامپیوترهای نوری براساس معماری موازی طراحی گردند که در این صورت زمان محاسباتی، به طور قابل توجهی حل خواهد شد. در این صورت تنها یک مسئله مهم و مشکل باقی می‌ماند که دارای زمینهٔ تاریخی نیز می‌باشد. از هنگامی که کامپیوتر اختراع شد بیشترین وقت صرف شده در کار با آن توسط وسایل جانبی که با کامپیوتر در ارتباط هستند تلف می‌شود. و چون در بحثی که در این مقاله ارائه شد کامپیوتر با یک سری وسایل اندازه‌گیری فاصله و سیستمهای جوابدهی ربات‌گونه در ارتباط است بنابراین رابطهٔ کامپیوتر به وسیلهٔ فاصل‌ها ایجاد خواهد شد که نوع فاصل‌ها، کد ارتباطی ردوبدل شونده و ... از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در اینجا حل دستگاه معادلات غیرخطی (مدل پارامتریک مسئله) را با توجه به روشهای موازی‌سازی و آلگوریتم موازی مورد بحث قرار می‌دهیم.

روشهای مختلف موازی سازی[۷]

- استفاده از جریان داده‌های پایه[۸]؛ انتقال داده‌ها در ماشین در قسمتهای مختلف، bit به bit انجام می‌گیرد. می‌توان این جریان را به چندین bit در زمان افزایش داد که این گونه معماری در رابطه با فاصل‌های موازی مورد استفاده جالبی خواهند داشت.
- موازی‌سازی در مراحل آماده سازی دستورالعمل I-Stage و در مرحله اجرا E-Stage یک دستورالعمل؛ یعنی اجزاء این دو مرحله با هم به صورتی که در حین آماده سازی یک دستور، یک دستور در حال اجرا باشد. IBM 3033 دارای چنین سیستمی می‌باشد.
- اجرا چند دستورالعمل به طور همزمان؛ سیستمهایی که قادرند بیش از

چند دستورالعمل را به طور همزمان اجرا نمایند، با استفاده از یک پروسسور فوق‌العاده و چندین قسمت اجرا مانند CDC Cyber و یا ابر کامپیوتر CRAY-1.

● موازی سازی بین عناصر یک برنامه که برای مدل پارامتریک مورد بحث قرار خواهد گرفت؛ در این روش می‌توان بخشهایی از یک برنامه را همزمان اجرا نمود.

● موازی سازی بین برنامه‌های مستقل (که به موازی‌سازی بین مدل مکانیکی و پارامتریک اشاره خواهد شد)؛ این موازی‌سازی روی چندین پروسسور اجرا می‌گردد. و نمونهٔ آن سیستم (ILLIA IV) است که نمونه جالبی از آن می‌باشد.

● موازی‌سازی پیمانه‌های صوری[9] (بین کاراکترها)؛ در این روش چندین کاراکتر به طور همزمان مرتب و مورد اجرا قرار می‌گیرند. با استفاده از موازی‌سازی اجرای چند برنامه، اگر مدلی توام از مدل مکانیکی - پارامتریک داشته باشیم واضح است که ارتباطی بین حل دو مدل و جریان داده‌ها در آن ها وجود ندارد. و حل آن ها را می‌توان با استفاده از دو پروسسور به طور همزمان انجام داد تا بدین وسیله زمان محاسباتی تقلیل یابد. بهمین ترتیب می‌توان قسمتهایی از مدل مکانیکی را نیز که دارای آلگوریتم موازی میباشند به طور موازی اجرا نمود. حل مدل پارامتریک را می‌توان با موازی‌سازی بین اجزاء یک برنامه مورد بحث قرار داد. مهمترین بخش در حل مدل پارامتریک محاسبه A می‌باشد. که در آن $\alpha_{ij}=(\partial f_i/\partial x_j)$ از چندین پروسسور می‌توان به طور جداگانه (با استفاده از سه پروسسور) و هم می‌توان به طور همزمان برای محاسبهٔ α_{ij}ها استفاده نمود. همچنین در حل $x_k=x_{k-1}+(A^TA)^{-1}A\Delta l_k$ مقادیر را برای (x_k,y_k,z_k) و برای سه مولفهٔ X_k می‌توان به طور جداگانه و هم با استفاده از سه پروسسور یا سه قسمت پردازش به طور همزمان انجام داد. محاسبهٔ $\Delta l_k=l_k-l_{k-1}$ نیز می‌تواند به طور موازی برای r_iها انجام پذیرد. محاسبهٔ ΔX_k نیز برای سه مؤلفه ΔX می‌تواند در سه قسمت به طور موازی اجراگردد. دریافت r_iها به وسیلهٔ کامپیوتر با چندین کانال ارتباطی با چند پروسسور می‌تواند انجام بگیرد که با استفاده از فاصل‌های موازی زمان ارتباط جانبی را تقلیل دهد. چون مقادیرذخیره شده‌متغیرها در حافظهٔ هر پروسسور تعداد کمی می‌باشد بنابراین در زمان دسترسی نیز صرفه‌جویی می‌گردد. پس از محاسبهٔ مقدار تصحیح d که‌عبارت ساده‌ای می‌باشد تصحیح رانیز می‌توان بااستفاده از سه قسمت اجرا به طور همزمان اعمال نمود. همچنین با استفاده از موازی‌سازی جریان داده‌های پایه‌ای و استفاده از فاصل‌های موازی می‌توان زمان ارتباط با وسائل جانبی را به طور چشمگیری برای این سیستم تقلیل داد.

همچنین می‌توان پیش‌بینی نمود که با توجه به این قدرت محاسباتی دقت $\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix}$ نیز به صورت هیپرالیپسوئید[10] امکان‌پذیرگردد.

یعنی $x=(A^TPA)^{-1}A^TPL$ و $C_x=\sigma_0^2(A^TPA)^{-1}$ نیز محاسبه گردند.

بنابراین با ارائه سیستمهای نوری و توسعهٔ ایدهٔ پردازش موازی و معماری موازی مسئله اجسمنت تعیین موقعیت نقاط متحرک نیز به طور چشمگیری قابل حل خواهد بود.

گرچه حل مسئله بستگی تام به سرعت متحرک P دارد باز هم امیدواری قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. □

منابع

1. In Search of The Laser Eraser (The Economist July 1985).
2. The Computer That Runs on Light (The Economist July 1985).
3. Building a Parallel Comuter Means Starting All over Again. (The Economist March 1985).
4. Encyclopedia of Computer Science And Engineering Ralston-Reilly.
5. Guide To GPS Positioning Canadian GPS Associates 1986.
6. Geodesy The Concepts,P.Vanick-E.Kriko. 1987.

پاورقی

1) Data flow
2) Parallel processing
3) Special operating system
4) Optical system
5) Parallel interface
6) Interface
7) Parallelism
8) Basic data flow
9) Formal module
10) Hyper ellipsoied