

Modelování a simulace šestiosého manipulátoru v jazyce Modelica

Jan Reitinger¹

1 Úvod

V současné době se velmi používá metoda návrhu řízení na základě virtuálního modelu - obecně se označuje jako Model Based Design. Metoda je založena na myšlence, že pokud bude dostatečně přesně popsán řízený systém, lze odladit řízení na simulaci tohoto modelu. Jednou z mnoha možností, jak systém namodelovat, je použití jazyku Modelica, což je objektově orientovaný jazyk pro popis komplexních dynamických systémů.

Jazyk vyvíjí nezisková organizace The Modelica Association, která rovněž vytváří a udržuje standardní knihovnu obsahující obecné komponenty různých technických odvětví. Mezi hlavní zástupce těchto oborů lze zařadit hydraulické, mechanické, elektrické a tepelné systémy. Na vývoji jazyka se podílejí pracovníci z akademické i průmyslové sféry, díky čemuž má Modelica široké využití v obou těchto oblastech. V současné době obsahuje obecná knihovna cca 1280 komponent a 910 funkcí z nejrůznějších technických odvětví. Navíc existují další knihovny (ať už komerční, či volné ke stažení), které se snaží pokrýt oblasti modelování, které nejsou součástí standardní knihovny. Podrobný popis lze nalézt například v Fritzson (2014).

2 Modelica

Základním používaným prvkem v jazyce Modelica je model. Každý model reprezentuje nějaký fyzický nebo matematický systém. Jednoduché modely jsou v Modelice reprezentovány objekty, které jsou rozčleněny do knihoven, lze je zapojovat do schémat a vytvářet tak funkční simulace. Každý tento objekt je vyjádřen rovnicí nebo soustavou rovnic. Nejčastěji se jedná o diferenciální a algebraické rovnice, které popisují dynamiku systému. Model dále obsahuje deklaraci vstupů, výstupů, jejich fyzikálních jednotek a dimenzí. Složitější systémy (hierarchické modely) pak vznikají propojováním jednotlivých základních modelů do funkčních celků.

Hierarchické modely mohou být tvořeny jak pomocí bloků (kauzální modelování), tak pomocí komponent (nekauzální modelování). Právě druhý způsob je to, čím je Modelica tak atraktivní. Komponentové modelování totiž oproti blokovému nespécifikuje, která rozhraní modelu jsou vstupy a která jsou výstupy. Modely se ovlivňují navzájem a není přesně uvedeno, který působí na který. Uživateli tedy stačí vybrat z knihoven modely, které potřebuje, nastavit jejich parametry a propojit je mezi sebou.

Modelica využívá k popisu interakce mezi komponentami teorii Bond grafů (viz Broenink (1999)). Díky tomu je zaručena kompatibilita mezi knihovnami a je možné modelovat interakci systémů z více technických oborů (více Feral et al. (2010)).

Jak již bylo zmíněno výše, komponentové modelování je hlavním nástrojem Modelicy. Tento způsob utváření modelů je mnohem blíže inženýrskému chápání než tvorba pomocí bloků. Model se však pro simulaci překládá do jazyku C a je potřeba určit jakým směrem tečou signály mezi komponentami. K tomuto převodu je použita takzvaná BLT (Block Lower Triangular) transformace, která využívá Tarjanův algoritmus vyhledávání silně závislých komponent v grafu.

¹ student doktorského programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: reitinge@kky.zcu.cz

3 Modelování manipulátoru

Pro vytváření modelů robotických manipulátorů je vhodná knihovna *Mechanics*, která obsahuje jednodimenzionální komponenty pro translační a rotační pohyb. Dále jsou zde 3D komponenty určené k vytváření takzvaných více-tělesových systémů. Tyto systémy se skládají z pevných hmotných částí navzájem propojených různými typy vazeb, sensorů a sil působících na systém. V této práci byl vytvořen model manipulátoru s celkem šesti otočnými klouby, jejichž polohu je možné nastavovat zvenku modelu. Na systém působí gravitační síla ve směru $\{0, -1, 0\}$, kde osy x a y reprezentují rovinu a osa z výšku.

Jednotlivé části modelu jsou spolu spojeny konektory, které mohou současně sloužit jako vstupy i výstupy. Informace o stavu každé komponenty je předávána pomocí vektoru pozice $r_{-0} = [r_x, r_y, r_z]$, orientační matice R a vektoru točivého momentu $t = [t_x, t_y, t_z]$. Matice R je navíc složena z klasické transformační matice $T = 3 \times 3$ a vektoru úhlových rychlostí pro každou osu $\omega = [\omega_x, \omega_y, \omega_z]$. O výpočty těchto hodnot se stará Modelica na základě geometrických parametrů jednotlivých částí, stupňů volnosti zadaných ve spojeních a úhlech natočení.

V Modelice je možné vytvářet si vlastní komponenty na míru modelovaného systému. To je však poměrně složité kvůli náročným požadavkům na znovupoužitelnost a kompatibilitu komponenty s ostatními částmi. V této práci bylo využito obecných komponent *Revolute* definujících otočnou vazbu a *BodyShape*, které reprezentují tuhé části. Vlastnosti reálného manipulátoru byly definovány pomocí parametrů komponent a to včetně hmotností a přibližných setrvačností. Výsledný model je na obrázku 1.

4 Závěr

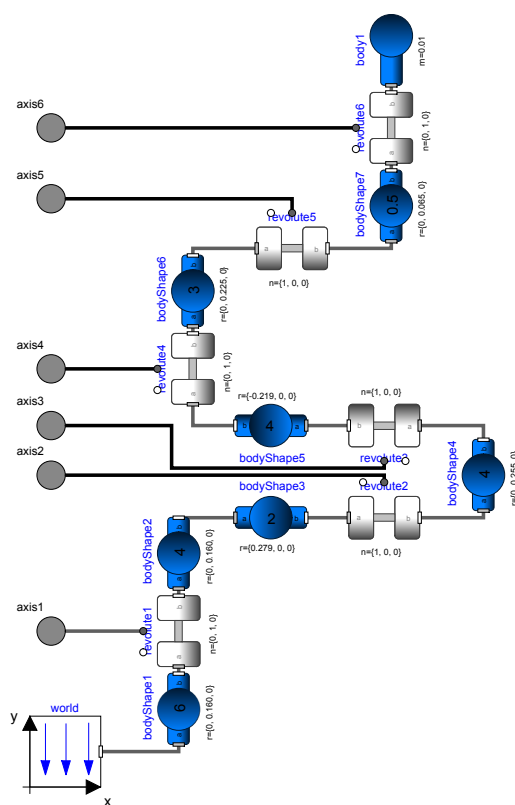
V práci byl krátce představen univerzální komponentový jazyk Modelica určený k modelování dynamických systémů. Dále zde byl nastíněn princip knihovny *Mechanics* a hlavně jejích komponent určených k modelování 3D mechanických systémů. Popsané teorie bylo využito k namodelování a simulaci šestiosého robotického manipulátoru.

Poděkování

Práce byla podpořena Technologickou agenturou ČR z projektu CIDAM TE02000103.

Literatura

- Broenink, J.F., 1999. *Introduction to physical systems modelling with bond graphs*. *SiE Whitebook on Simulation Methodologies*, pp 1-31.
- Feral, H., Chauffleur, X., and Fradin, J.P., 2010. Electro-thermo-mechanical simulation of automotive mosfet transistor. *2010 11th International Conference on In Thermal, Mechanical Multi-Physics Simulation, and Experiments in Microelectronics and Microsystems (EuroSimE)*, pp 1-5.
- Fritzson, P., 2014. Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 3.3



Obrázek 1: Model manipulátoru