FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Robotok kinematikai strukturájának szimulálása a gyártási folyamatban

Forgó Zoltán

The economic situation our times demands the introduction of the flexible cell concept and its implementation. An important role in this concept has the diminuation of the part transportation and ~ handling time. A good solution to optimise the process is to simulate. This paper has the goal to present a program, with which it is possible to simulate the part handling operation by a robot or manipulator with open kinematic chain (max. 6 d.o.f). The program is made from some functions written in AutoLISP and C++, and they can be used in the AutoCAD system enviroment. With the help of this CAD system we can draw the 3D modell of the manipulator and flexible cell. Writing the configuration file for the manipulator (number, type of joints, etc.) and defining the movement path for the end effector of the manipulator (or of the product which is handled) by some points, the program generates the whole path by interpolations, and calculates the displacements in the manipulator joints. The colisions during the simulation are indicated too. This values are transfered as input data for the MEcROb program. (This program provides a detailed numerical analysis concerning the geometry, kinematics and nominal dynamics of mechanical structures, and the algorithm is developed by Prof. Dr. Ing. Iuliu Negrean - Technical University of Cluj-Napoca.) From this program we can get the power consumption of the manipulator for the simulated task. By redesigning the spatial arrangement of the manufacturing machines and by new simulations we can choose the optimal cell setup due to the energy consupcion and task time.

A mai gazdasági helyzet szükségesé teszi, ahol csak lehet, a rugalmas gyártási rendszerek bevezetését. A gyártási folyamatban egy munkadarab gyártásához szükséges idő csak nehezen, újabb technológia bevezetésével csökkenthető, és az előfordulható várakozási idő is valószínű, hogy csak újabb felszereléssel redukálható. Ezért mondhatni, hogy a fent említett rendszerekben nagy szerepet játszanak a megmunkáló gépek mellett a munkadarab-továbbító berendezések optimális alkalmazásai. Ezek sokfélék lehetnek, és milyenségük sokban függ a megmunkáló gépek, raktárak térbeli helyzetétől. Mivel a rugalmas rendszerek tervezése, vizsgálata és kivitelezése igen összetett feladat, nagy segítséget nyújt e rendszerek kisebb egységekre való felosztása, melyek működését jobban átláthatjuk és megérthetjük.

Egy ilyen egységnek (a munkadarab útját illetően) több bemenete és egy kimenete lehet. Ezenkívül ennek belsejében több megmunkáló gép és munkadarab-továbbító berendezés (egyik géptől a másikig az egységen belül) található. A gépek közötti távolságokat pedig úgy kell beállítani, hogy ezeket a munkadarabok a lehető legrövidebb idő- és a lehető legkisebb energia-befektetéssel tegyék meg. Így a fent említett okok miatt nagyon oda kell figyelni ez egységek belső, térbeli elrendezésére.

A munkadarab-továbbító berendezések közül a „legrugalmasabbak” a robotok. Ezeknek változatossága nagyon megnehezíti a tervező döntését a munkadarab mozgását illetően. Mivel nagy veszteségekkel járma a robotok próbálgatása a tényleges gyártás közben, segítséget nyújtanak a különböző szimuláló programok. Egy ilyen programot szeretnék én is bemutatni. Ennek segítségével könnyen össze lehet majd hasonlítani különböző variánsok, felállítások kiértékelését, és kiválasztani a folyamatnak legmegfelelőbbet. A szimulálás az AutoCAD rendszer keretein belül futtatható, így tulajdonképpen nem is egy összefüggő programról van szó, hanem egy utasításcsomagról. A rendelkezésemre álló CAD rendszerek közül azért választottam az AutoCAD-et, mert ez a jelenleg legelterjedtebb Európa szerte, és e rendszer nyújtotta lehetőségeivel élve (az AutoLISP programozási nyelv segítségével) kibővíthető a parancsszó-készlete, hozzáigazítva így az AutoCAD környezetet kéréseinkhez/ követelményeinkhez.

Egy szimulálást szakaszaira bonthatunk fel: a szimulált rendszer létrehozása, a bemenő adatok megfogalmazása, a szimulálás végrehajtása és végül az adatok leolvasása, ill. kiértékelése. A mi esetünkben az AutoCAD megkönnyíti a rendszer létrehozását. A *makelayer* utasítással kezdjük, amivel létrehozuk a robot karjait, ill. az ezekhez tartozó koordináta rendszereket, tartalmazó fóliákat: „arm1”, ..., „arm6”, „sys1”, ..., „sys6”. Ezekhez különböző színeket rendelünk az utasításon belül, hogy majd a robot karjait a képernyőn könnyebben megkülönböztethessük. A következő lépés, hogy az AutoCAD három dimenziós testeket létrehozó utasításait használva, megrajzoljuk a robotot (tetszés szerinti részletességgel), vigyázva arra, hogy minden kar, a részletekkel együtt, a megfelelő fóliára kerüljön. A következő lépés a karok koordináta-rendszereinek a meghatározása, és a saját fóliára való berajzolása. Mivel minden elmozdulás a Z tengely mentén vagy körül történik, nagyon fontos, hogy ez a tengely megfelelő irányba mutasson. Az *n*-edik rendszer Z tengelyének tekintendő az első vonal a „sys*n*” nevű fólián, irányát pedig a vonal végleteinek a megadása határozza meg. A *robdata* utasítással létrehozunk egy állományt, amely tartalmazza a robot csuklóinak a típusát (r - forgás, t - transláció, 0 - ha a csukló nem létezik) és ezek határértékeit. A környező gépeket, berendezéseket és munkadarabot pedig külön-külön állományba rajzoljuk.

Az egész rendszert az *insm* és *insp* utasításokkal tudjuk összeállítani, az előbbivel munkagépet tudunk beszúrni a robot mellé, az utóbbival pedig munkadarabot. Mindezeket az állománynevekkel

tudjuk azonosítani. E két utasításnak a párja: *delm* és *delp*, melyekkel gépe(ke)t, ill. munkadarabok(at) lehet eltávolítani. A szimuláció elindításához már csak a robot pályáját kell meghatároznunk. Ez a *robpath* utasítással történik. Különböző pontokat kell megadni a térben, melyeket majd a robotnak mozgása során érintenie kell. Ezen az utasításon belül választhatunk, hogy milyen interpolációval kívánjuk összekötni a pontokat. Ugyanitt kell megadni a pontokban levő korlátozásokat is: a sebesség és gyorsulás nagyságát.

A szimulálás a *simulate* paranccsal indítható. Ekkor a program kiszámítja a fent kiválasztott interpoláció segítségével a megadott pontok közötti pontok koordinátáit és az ezekhez tartozó sebességeket, ill. gyorsulásokat. Ezekből a pontokból kiindulva visszavezethetők a robot karjainak elmozdulásai. Ez az elmozdulás a képernyőn is figyelemmel kísérhető. Ezen belül ugyancsak meghatározhatók a csuklók elmozdulásai. Ezek az értékek bemenő adatát képezik a MEcROb nevű programnak. A program algoritmusát a Kolozsvári Műszaki Egyetem, a Gépészmérnöki Karon, a Mechanika és Programozás Tanszéken lett kidolgozva Prof. Dr. Ing. Iuliu NEGREAN által [2]. Ez a program egy n szabadságfokú robot mértani, kinematikai és dinamikai modellezését teszi lehetővé, analitikus és numerikus módon. E program segítségével meghatározható a robot motrainak teljesítménye, fogyasztása az elmozdulás következtében. Ezek az értékek egy eredmény-állományban lesznek megjelenítve. Egy másik funkció, ami biztosabbá teszi a robot használatát az általunk megadott úton, az, hogy ellenőrizni tudjuk, hogy a robot karja nem ütközik-e a környezetében lévő (ábrázolt) tárgyakkal. Ugyanez leellenőrizhető akkor is, amikor a robot „megfogta” a munkadarabot, és úgy követi az általunk meghatározott utat. A munkadarabot a robot a *takep* utasítással ragadja meg, és a *leavep*-al engedi el. Mindkét esetben (munkadarabbal vagy munkadarab nélkül), ha ütközésre kerül a sor, akkor a szimulálás leáll. Az egész szimulálás megismételhető a megmunkáló gépek átrendezésével. Ebben a következő utasítások segítenek:

- *movem, rotm* - mozgatja, ill. forgatja a függőleges tengely körül a kiválasztott munkagépet;
- *movep, rotp* - mozgatja, ill. forgatja a függőleges tengely körül a kiválasztott munka-darabot.

Több felállásban elvégezve a szimulálást, az eredményeket össze lehet hasonlítani, és ki lehet választani közülük a legjobb megoldást, azt, amely az energia fogyasztást és a művelet időigényét legjobban lecsökkenti. Így a gyártási idő jóval rövidebb lesz, és egy gazdaságosabb folyamatot hozhatunk létre.

Az utasítások programjai, általánosságukat tekintve, bármilyen struktúrájú robot és tetszőleges számú megmunkáló gép modellezését lehetővé teszik. Ez az utasítás-csomag igény szerint bővíthető, és így megvalósítható az, hogy a gyártási folyamatot más vetületből is vizsgálva, pontosabb eredményhez juthassunk.

Könyvészet:

- [1] Ph. J. McKerrow: **Introduction to Robotics**, Addison-Wesley Publishers Ltd., 1998.
- [2] I. Negrean, I. Vuşcan, N. Haiduc: **ROBOTICS - Kinematics and Dynamic Modelling**, E.D.P., Bucureşti, 1998.
- [3] G. Omura, B. R. Callori: **AutoCAD 14 - Ghid de Referinţă**, Editura ALL EDUCATIONAL, Bucureşti, 1999.
- [4] D. Manolea: **Programare în AutoLISP sub AutoCAD**, Editura Albastră, Cluj, 1996

Forgó Zoltán egyetemi hallgató

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar

Cím: Parâng 37/70, Kolozsvár, 3400

Telefon: 065-214918