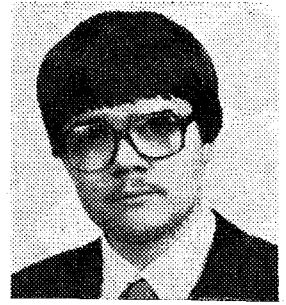


Robotirányítási algoritmusok vizsgálata



MARTH GÁBOR

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk tömören ismerteti a merev, nyílt, elágazás nélküli robotok irányításakor megoldandó feladatokat. Bemutatja egy gyakran alkalmazott robotmodell vázát. Csuklónkénti beavatkozás, egyenáramú motorok segítségével történő hajtás esetére szimulációs eredményekre támaszkodva röviden összehasonlít néhány szabályozóalgoritmust. Csuklónkénti szabályozás esetén a különféle feedforward kompenzációkat, Descartes-koordinátákban történő szabályozás esetén pedig a RMAC-algoritmust értékeli.

Bevezetés

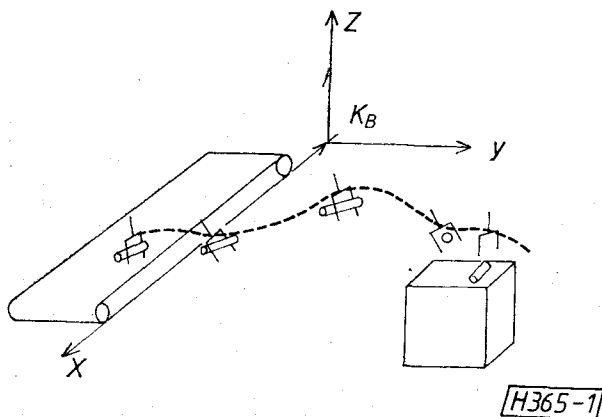
A robotok irányításának tervezése az alábbi két témakört öleli fel:

A robot által elvégzendő feladat meghatározása. Csak olyan esetekkel foglalkozunk, ahol a feladat megfogalmazása a szerszámot tartó megfogó pályájának előírásával egyenértékű (csak a pozíció és orientáció van előírva).

A robotnak az előírt pályát a lehető legpontosabban kell követnie. Ennek érdekében a robotcsuklók mozgását megfelelő szabályozással kell ellátni. Magasabb pontossági és sebességekövetelmények esetén a szabályozásban a robot dinamikai modelljét célszerű figyelembe venni; ez a szabályozótól esetenként nagyfokú intelligenciát követel meg.

Pályatervezés

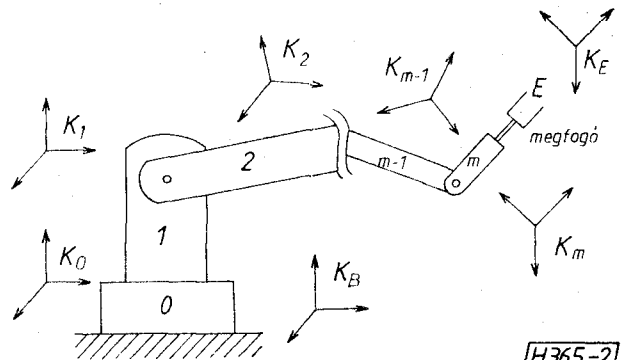
Az elvégzendő feladat szempontjából a szerszámot tartó megfogó rögzített K_B báziskoordinátarendszerbeli pozíciójának és orientációjának kitüntetett szerepe van. A pálya a megfogóhoz rögzített K_E koordinátarendszernek a K_E -beli helyzetét leíró $T_{BE}(t)$ trajektóriát jelenti; a pályatervezés feladata ennek előírása (lásd 1. ábra).



1. ábra. A megfogó (End Effector) mozgásállapotai

Robotmodell

Akár szimulációról, akár intelligens szabályozásról van szó, a szimulálandó, illetve irányítandó robotstruktúrát megfelelően leíró modellt kell választanunk. A robotszegmentek (m darab) egymáshoz képest csuklók mentén mozognak el. Az $i-1$ -ik és i -ik szegmenthez rögzített K_{i-1} és K_i koordinátarendszer relatív helyzetét az egyetlen változó (az ún. csuklókoordinátát) tartalmazó $T_{i-1,i}$ transzformáció írja le. A változó vagy tengely körüli szögelfordulás (rotációs csukló) vagy tengely mentén történő elmozdulás (transzlációs csukló). A robot felépítése a 2. ábrán látható [2].



2. ábra. A robot felépítése

A kinetikai modell a csuklókoordináták sebessége, gyorsulása és az m -ik szegment sebessége, ill. gyorsulása között teremt kapcsolatot [5].

A kinetikai modell segítségével határozhatók meg a csuklóban a mozgás során ébredő erők [4].

Szabályozás

Az általunk vizsgált esetekben a robotot egyenáramú motorok mozgatják.

Csuklókoordinátákban történő szabályozás esetén a $T_{BE}(t)$ alapjelet $q_a(t)$ csuklókoordináta-alapjellel számítjuk át. A szabályozás közvetlenül q_a követését célozza, vagyis hogy a realizált $q(t)$ pontosan kövesse az alapjelet. A csuklóorientált szabályozás sémáját (soros erősítést és tachometrikus visszacsatolást, mint alapszabályozót feltetelezve) láthatjuk a 3. ábrán [6].

Az u^+ additív jel segítségével feedforward-kompenzációt érhetünk el. Ennek lényege, hogy a szabályozási körben zavaró jellemzőként ható F csuklóerőt megfelelő u^+ segítségével semlegesítjük.

Beérkezett: 1987. IX. 2. (H)

Hasonlóan oldhatjuk meg q_a első és második deriváltjának követését is. F előreszámítása komoly számítástechnikai kapacitást igényel és időkritikus (a megkívánt ciklusidő kb. 20 msec).

A szabályozó algoritmusok más típusai közvetlenül az előírt pozíció és orientáció követését célozzák. A beavatkozás azonban továbbra is az egyes csuklókhöz rendelt motorok segítségével történik, a Descartes-koordinátákban képzett hibajelből ez esetben is csuklókra lebontott u beavatkozó jelet kell képezni. Az egyik ilyen algoritmus az RMAC, amely a gyorsulásirányítás egyik fajtája. Az RMAC-algoritmus blokksémája a 4. ábrán látható.

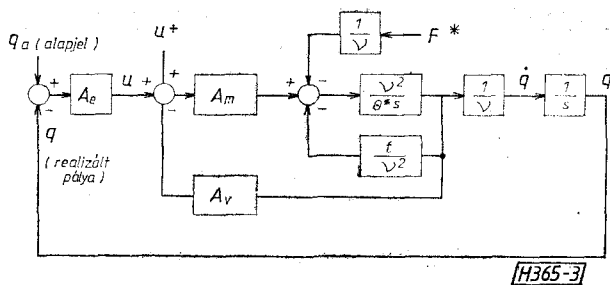
Szimulációs vizsgálatok

A szabályozó algoritmusokat Stanford-manipulátor jellegű [1] robotstruktúrára próbáltuk ki a robot dinamika szimulációjával [3]. Csuklóorientált szabályozás esetén a terhelőerők kompenzálása a statikus hibában hozott erőteljes javulást ahhoz az esethez képest, amikor csak az alapszabályozót alkalmaztuk. Az alapjel deriváltjainak követése a tranziens hibákat csökkentette.

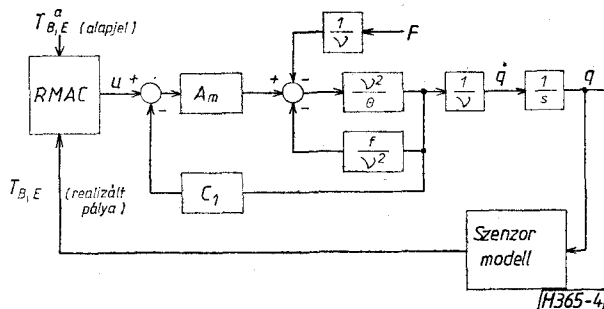
Az RMAC-algoritmus esetén sikerült elérni, hogy az u beavatkozójelet elegendő volt 20 msec-ként számítani anélkül, hogy a szabályozás minősége lényegesen romlott volna.

Összefoglalás

A szimulációs vizsgálatok azt mutatták, hogy a tárgyalt intelligens szabályozóalgoritmusok — bár implementált szabályozás esetén nagy a számításigényük) nagymértékben javítják az alapjelkövetést az alapszabályozáshoz képest [6]. A szimuláció során elért 10^{-3} rad nagyságrendű statikus és 10^{-3} rad nagyságrendű tranziens pontosság igényes alkalmazásokban indokoltá teszi használatukat.



3. ábra. Csuklóorientált szabályozás blokksémája soros erősítéssel és tachometrikus visszacsatolással



4. ábra. Az RMAC-szabályozás blokksémája

- [1] Paul, R. P.: Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1981.
- [2] Snyder: Industrial Robots. Computer interfacing and Control, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1985.
- [3] Vukobratovic, M.—Potkonjak, V.: Applied Dynamics and CAD of Manipulation Robots, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1985.
- [4] Dr. Lantos B.: Segédlet a „Folyamatok és Robotok Irányítása” tárgyhoz, BMB Foly. Szab. TSZ, 1986.
- [5] Marth G.: Robot szabályozási algoritmusok szimulációs vizsgálata, Végzős konferencia, BME, 1987.
- [6] Marth G.: Robotok pályakövetési tulajdonságainak javítása előrecsatolásos kompenzációval, Mérés és Automatika (sajtó alatt).

Marth Gábor
BME Villamosmérnöki Kar