

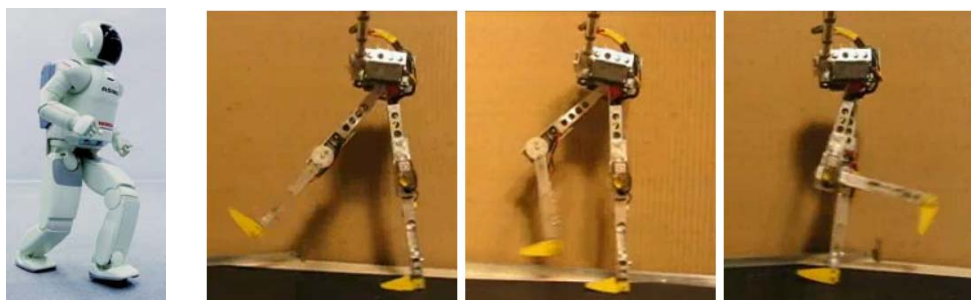
# RÉSZBEN PASSZÍV MECHANIKAI RENDSZEREK MOZGÁSSZABÁLYOZÁSA

Az utóbbi évtizedekben a robotok szabályozása azon a megszokott módszeren alapult - és napjainkban is ez a leginkább uralkodó -, hogy a mechanikai rendszer dinamikai viselkedését a szabályozó számára láthatatlanná teszik, majd ezután egyszerű lineáris szabályozási eljárásokat használnak. Ennek az a hátránya, hogy az így megvalósított mozgás nagyon sok energiát emészt fel szükségtelenül.

## Alapgondolat

Az újszerű szabályozási koncepciók igyekeznek figyelembe venni a szabályozott mechanikai rendszer dinamikáját, és előnyösen kihasználni azt. Ennek a lehetőségnek a birtokában olyan robotok tervezése vált lehetővé, amelyek passzív dinamikával, azaz közvetlenül nem szabályozható szabadsági fokokkal (mozgás-lehetőségekkel) rendelkeznek. Az áttörést az jelenti, hogy a passzív szabadsági fokok mozgását is többé-kevésbé az irányításunk alatt tarthatjuk. Az ilyen módon megtervezett robotok sokkal energiatakarékosabbak, fürgébbek, egyszerűbb felépítésűek és emiatt olcsóbbak is lehetnek. Az egyetlen ár, amit ezért fizetni kell az, hogy a szabályozási algoritmusok megtervezése a robot dinamikai viselkedésének pontos figyelembevételét igényli, és így jóval nagyobb kihívást jelent.

Minderre szemléletes példával szolgálnak a két lábon járó robotok. A humanoid robotok, mit például a Honda ASIMO (1. ábra) a hagyományokhoz hű szabályozással bírnak, állandóan statikus egyensúlyban próbálnak maradni, és ez lassú, nagy energiát igénylő mozgást eredményez, amely az emberi járástól igencsak messze van. Ezzel szemben megjelentek a passzív dinamikus lépkedő mechanizmusok (passive dynamic walker), amelyek energiafelhasználás és mindenféle szabályozás nélkül képesek járni, és az emberhez hasonlóan nem statikus egyensúlyi helyzetek egymásutánjaként építik fel a mozgásukat, hanem dinamikusan lendülnek át egyik helyzetből a másikba.



1. ábra: A Honda ASIMO humanoid robot (balra), passzív lépkedő mechanizmus (jobbra)

## Alkalmazási példák

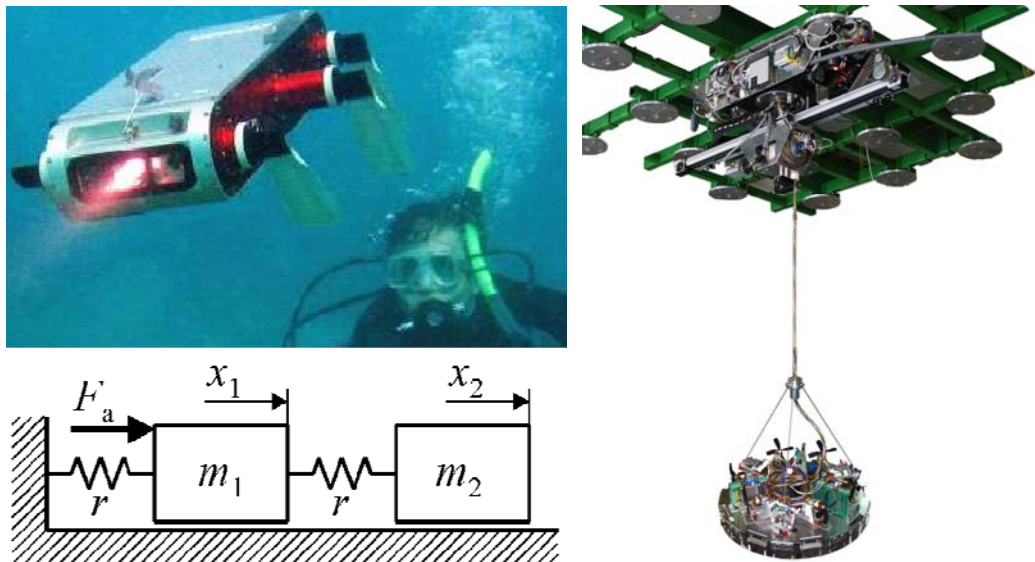
A passzív dinamikával bíró rendszereket alulaktuált rendszereknek nevezzük, mivel a rendszer bizonyos részeinek mozgása közvetlenül nem befolyásolható. Tipikusan alulaktuált rendszer például egy daru, amelyet a 2. ábra mutat, mivel nincs közvetlen befolyásunk a lengő teherre. A kötélfelső végpontjának a helyzetét közvetlenül irányíthatjuk, de a lengő teher mozgását a rendszer dinamikája határozza meg. A daruk szerkezetére hasonlít az ACROBOTER (IST-2006-045530) szervizrobot struktúrája is, amelynek fejlesztésében a kutatócsoport tagjai is részt vettek. A robot mozgástervezése a

közvetlenül nem befolyásolható lengő viselkedés előnyeit használja ki. A 2. ábra az ACROBOTER számítógépes megjelenítését, a 3. ábra pedig az első prototípust mutatja.



2. ábra: veszélyes lengésekre hajlamos úszódaru (balra), az ACROBOTER önállóan működő háztartási szervizrobot és környezetének számítógépes modellje (jobbra)

További példával szolgálnak a pilóta nélküli repülők és víz alatti járművek (3. ábra). Ezen járműveknél csak a tolóerőt illetve az elfordulási szögeket tudjuk befolyásolni, az oldalra illetve felfelé irányuló mozgást nem. Pilóta nélküli járműveknél már a pálya megtervezése is kihívást jelenthet. Rugalmas elemek, mint például a torziós lengésre képes rugalmas tengelykapcsolók, vagy hosszú tengelyek is okozhatják egy mechanikai rendszer alulaktuálságát. A kutatócsoport a rugalmas elemek jelenlétének hatását vizsgáló kísérleteket kezdett meg, amely egyszerűsítve a 3. ábrán látható. A cél azt vizsgálni, hogy az  $m_2$  tömeg pozíciója hogyan szabályozható, ha csak a vele az  $r$  jelű rugóval összekötött  $m_1$  tömegre van hatásunk egy  $F_a$  erővel.



3. ábra: vezető nélküli víz alatti jármű (balra fent), rugalmas tengelyen átadott erő (balra lent), ACROBOTER szervizrobot (jobb oldal)

### A digitális hatások vizsgálata

Digitálisan szabályozott robotoknál a pályakövetési és pozícionálási hibákat figyelembe vevő erősítési paraméterek értékének növelésével a robot mozgásának pontossága növelhető, azonban a digitális hatás, illetve az ebből adódó időkésés korlátot szab ezen paraméterek tetszőleges növelésének. Túl nagy erősítési paraméterek esetén a robot

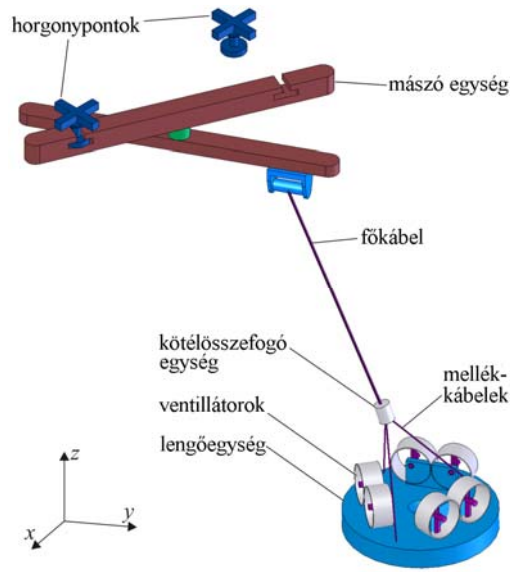
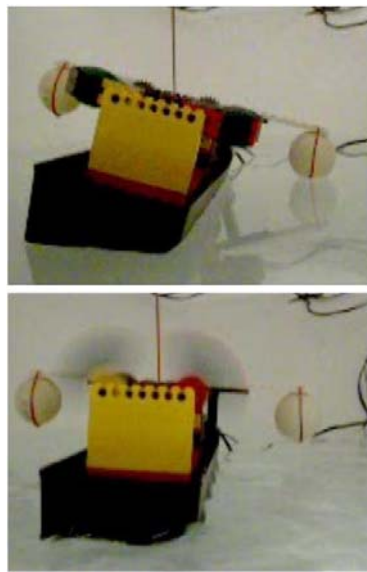
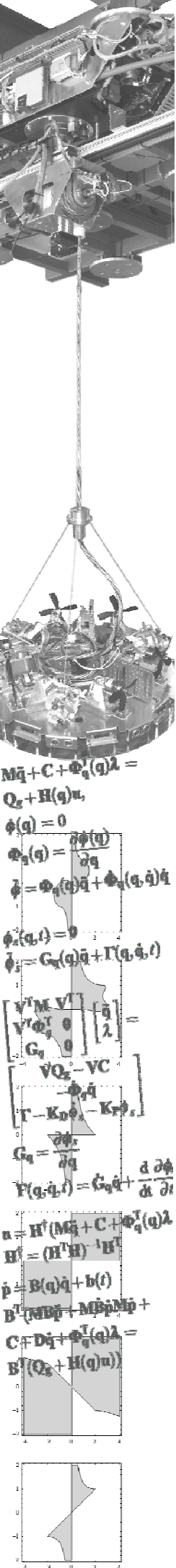
rezgésbe jöhet, amely akár szerkezeti károsodást is okozhat. A kutatócsoport munkatársai eredményesen vizsgálják elméleti és kísérleti úton is a digitálisan szabályozott rendszerek stabilitásvesztési jelenségeit.

### A paraméteres gerjesztés hatása alulaktuált rendszerekre

Az alulaktuált rendszerek passzív dinamikáját lényegesen befolyásolhatja az ún. paraméteres gerjesztés jelensége, amelyet a kutatócsoport aktívan vizsgál. A vízi járművek dőlése közvetlenül nem befolyásolható, ezért ez a passzív dinamika része. Erős hullámváz hatására az egyébként stabil hajók váratlanul felborulhatnak. Ennek az ellenkezője is elérhető paraméteres gerjesztéssel: az egyébként borulékony hajómodell stabilizálható a belsejébe épített gyorsan forgó excenterrel (lásd: 4. ábra). A paraméteres gerjesztés káros hatásként jelenik meg az ACROBOTER esetében, ahol a lengőegységet tartó főkötél (lásd: 4. ábra) hosszának periodikus változtatása a robot veszélyes mértékű lengéseit okozza.

### Soktest-dinamikai rendszerek

A sok testből álló, illetve köteleket tartalmazó mechanikai rendszerek matematikai leírása a leginkább elterjedt ipari robotokéhoz képest speciális. A kutatócsoport az alulaktuált rendszerekre kidolgozott szabályozási algoritmusok soktest-dinamikai rendszerekre történő alkalmazását vizsgálja. Erre az ACROBOTER szervizrobot fejlesztése során merült fel az igény, mivel a rendszer egyrészt alulaktuált, másrészt pedig a 4. ábrán látható mellékkábelek által képzett hurkok és a rendszerben szereplő testek (kötélösszefogó- és lengőegység) egymáshoz képesti bonyolult térbeli elhelyezkedése miatt a robot matematikai leírása a soktest rendszerekre alkalmas módszerekkel történt.



4. ábra: hajómodell álló excenterrel instabil állapotban (balra fent), a hajómodellbe épített excenter stabilizáló hatása (balra lent), az ACROBOTER szervizrobot egyszerűsített modellje (jobb oldal)

### Eredmények hasznosítása, távlati célok

A kutatócsoport által elvégzett, az alulaktuált soktest-dinamikai rendszerekkel összefüggő kutatómunka segíti a speciálisan tervezett szerviz robotok alkalmazhatóságát. Az ACROBOTER robot fejlesztése során gyűjtött tapasztalatok bizonyítják, hogy a mennyezetről a munkatérbe lógó szervizrobot koncepciója életképes, háztartási környezetbe, időseknek segítő egészségügyi intézménybe telepítése megvalósítható, azonban a rendszer további fejlesztési lépéseket igényel.