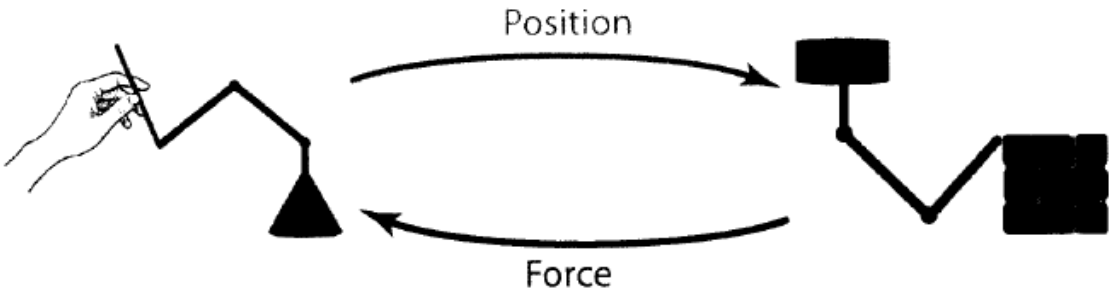
به نام خدا

تله اپراتوری

Haptic



گردآورنده حامد ترکی

فهرست

فصل اول : تله اپراتوری 1

تعریف تله اپراتوری 1-1

تاریخچه اپراتوری (تله رباتیک) 2-1

کاربرد های تله اپراتوری 3-1

جابه جایی مواد هسته ای 1-3-1

جراحی از راه دور (Remote surgery) 2-3-1

کاربرد در فضا 3-3-1

کاربرد در زیر آب 4-3-1

اهمیت تله اپراتوری 4-1

انواع سیستم های تله اپراتوری 5-1

یک راهبر– یک اسیلو 1-5-1

یک راهبر – چند اسیلو 2-5-1

چند راهبر – یک اسیلو 3-5-1

چند راهبر – چند اسیلو با کنترلر مرکزی 4-5-1

چند راهبر – چند اسلیو بدون کنترلر مرکزی 5-5-1

کنترل سیستم های تله اپراتوری 6-1

روش موقعیت- موقعیت 1-6-1

روش موقعیت- نیرو 2-6-1

روش نیرو- نیرو 3-6-1

روش چهار کاناله 4-6-1

فـصل1

تله اپراتوری

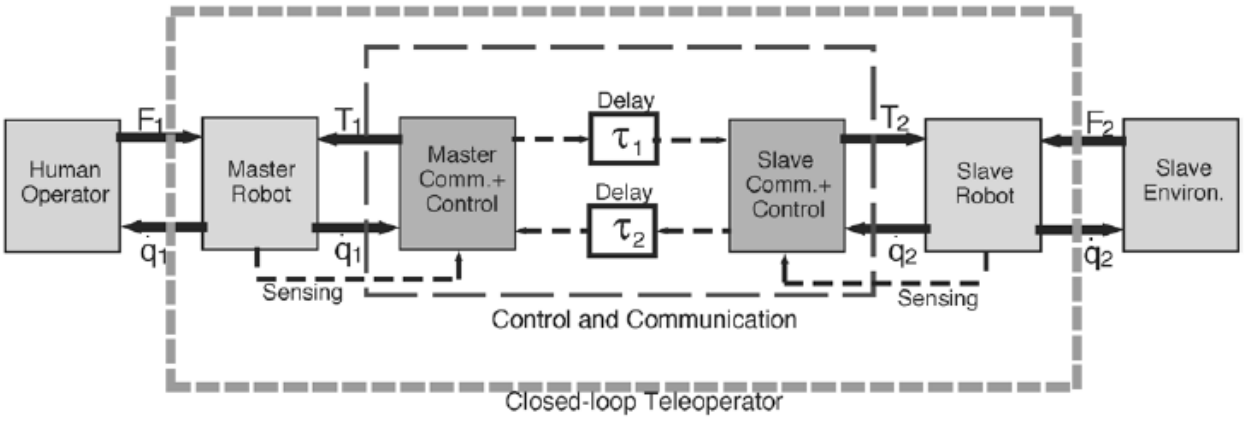
1-1 . تعریف تله اپراتوری[1] (تله رباتیک)

پیشوند تله (Tele) از زبان یونانی سرچشمه می‌گیرد و به معنی از راه دور است؛ لذا تله‌اپریشن به معنی انجام عملیات از راه دور خواهد بود .تله اپراتوری ،تله رباتیک ، haptic به روشی برای کنترل سیستم از راه دور اطلاق می شود،که در آن کاربر به واسط محیطی شبیه سازی شده بصورت بلادرنگ در تعامل با محیط از طریق حواس مختلف (بینایی شنوایی لامسه بویایی) می باشد .

استفاده از ربات‌هايي كه بتواند محدوديت‌هاي فيزيكي را براي انسان كمرنگ‌تر كند، يكي از خواسته هاي مورد بحث حال حاضر است. سيستم هاي تله اپرشين به عنوان يک سيستم نيمه‌هوشمند، با بهره‌گيري از توان تفكراتي انسان و توان فيزيكي ربات سعي درپاسخگويي بسياري از اين نيازها دارد. امروزه استفاده از سيستم‌هاي تله اپرشين در جراحي، در ركتورهاي هسته‌اي و در صنايع هوافضا به امري ضروري تبديل شده است. سيستم هاي تله رباتيک داراي پنج قسمت زير هستند كه عبارت اند از:

1. كاربر : به عنوان موجودي هوشمند كه توانايي كنترل و دستكاري كردن محيط و اشيا را به صورت مطلوب دارد .
2. ربات راهبر : به عنوان يک رابط قابل درک براي كاربر عمل مي‌كند.
3. كانالهاي ارتباطي : كه ارتباط بين ربات هاي راهبر و پيرو را به وجود مي‌آورد. ارتباط بين زيرمجموعه هاي مختلف راهي براي تبادل نيروها، سرعت ها و موقعيت ها است.
4. ربات پيرو : به رباتي گفته مي‌شود كه قابليت انجام عمليات بر روي محيط مورد نظر را داشته باشد.
5. محيط : به منطقه مورد نظر براي دستكاري گفته مي‌شود.

-1 نحوه ارتباط اين پنج قسمت و عملكرد يک سيستم تله اپرشين **Error! Reference source not found.**در نمايش داده شده است. همانطوري كه كه در اين شكل ديده مي‌شود سيگنال‌هاي سرعت و نيرو بين اين زير سيستم‌ها تبادل مي‌شود.



شكل 1-1 : شماتيک يک سيستم تک راهبر- تک پيرو اپراتوري

از منظر كنترلي، مهمترين اهداف طراحي يک سيستم تله‌اپراتوري، 2 هدف مهم زير هستند:

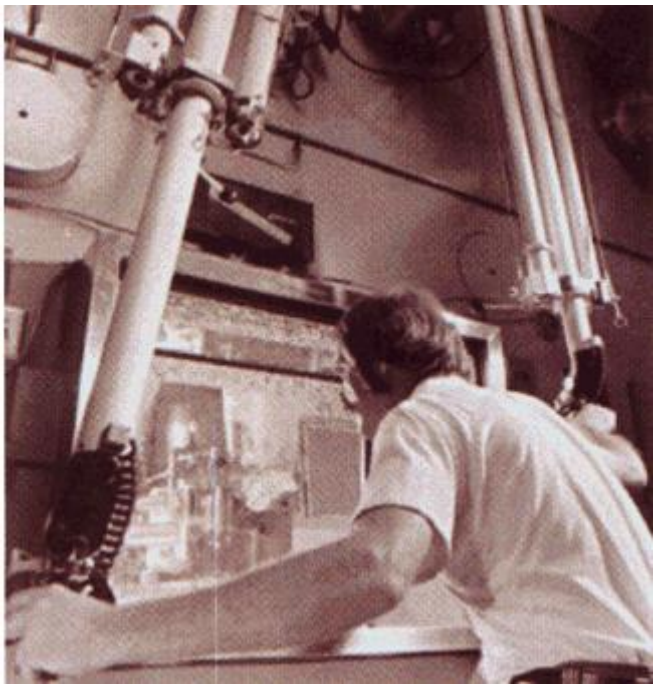
-1 پايداري: كه به معني حفظ پايداري سيستم حلقه بسته، صرفنظر از رفتار ديناميک اپراتور و محيط مي‌باشد.

2- شفافيت: كه به معني فراهم آوردن حس حضور واقعي اپراتور در محل انجام عمليات مي‌باشد. به عبارت ديگر، اپراتور مي‌انگارد كه بين او و محيط واسطه‌اي وجود ندارد.

متاسفانه اين دو هدف با هم به طور صددرصد جمع نمي‌شوند. به بيان ديگر، در شرايطي كه شفافيت كامل حاصل شده است، سيستم در بدترين شرايط از نظر پايداري قرار دارد. از اينرو، طراحي كنترلري كه ضمن حفظ پايداري، شفافيت بيشتري را عرضه نمايد، همواره در راس كارهاي تحقيقاتي سيستم‌هاي تله‌اپراتوري واقع بوده است

2-1. تاریخچه اپراتوری (تله رباتیک)

اولین کاربرد تله‌اپریشن در دهه 1950 برای جابجایی مواد هسته‌ای بوده است. هدف استفاده از تله‌اپریشن ایجاد قابلیت کار در محیطی دور از دسترس و یا خطرناک، در اپراتور انسانی بوده است. در دهه های اخیر تله اپراتورها کاربردهای زیادی در عملیات فضایی، دریایی، نظامی، جراحی از راه دور، حمل مواد رادیواکتیو و ... پیدا کرده اند. تازه‌ترین کاربردهای آن در آموزش‌های درمانی، تفریحات و تحقق مجازی بوده است. با گسترش اینترنت، تله‌اپراتورها تاثیرات بیشتری در زندگی انسان ها داشته‌اند. بطور نمونه می‌توان جراحی از راه دور را ذکر نمود. اولین آزمایش جراحی از راه دور در سال 1993 بین ایتالیا و آمریکا صورت گرفته است. در سالهای اخیر پیشرفتهای زیادی در این زمینه گزارش شده است. در دنیای میکرونی نیز کاربردهای تله اپریشن رو به فزونی است. به طور مثال در لقاح مصنوعی، میکرواسمبلي و... در شکل های زیر نمونه هایی از این کاربردها نشان داده شده است.



1-3. کاربرد های تله اپراتوری

انجام عملیات از راه دور بیش از 50 سال است که در زمینه های مختلف برای انجام ماموریت های دشوار در محیط های خطرناک برای انسان و یا غیر قابل دسترسی یا محیط های آموزشی پویا و سرگرمی برای انسان مورد استفاده قرار گرفته میشود.

برخی از کاربرد های تله رباتیک در صنعت

1-3-1. جابه جایی مواد هسته ای

جابه جایی مواد هسته ای یکی از قدیمی ترین کاربرد های استفاده از تله اپراتوری می باشد که در آن کاربر به واسته بازو هایی در محیط اقدام به جابه جایی مواد هسته می نماید (شکل 1-2) مشکل اصلی در این کاربری بزرگ نمایی موقعیت ، فیدبک چشمی ،قیود حرکتی و فیدبک نیرو می باشد .

شکل 1-2 : جابه جایی مواد هسته به وسیله روبات به روش تله رباتیک

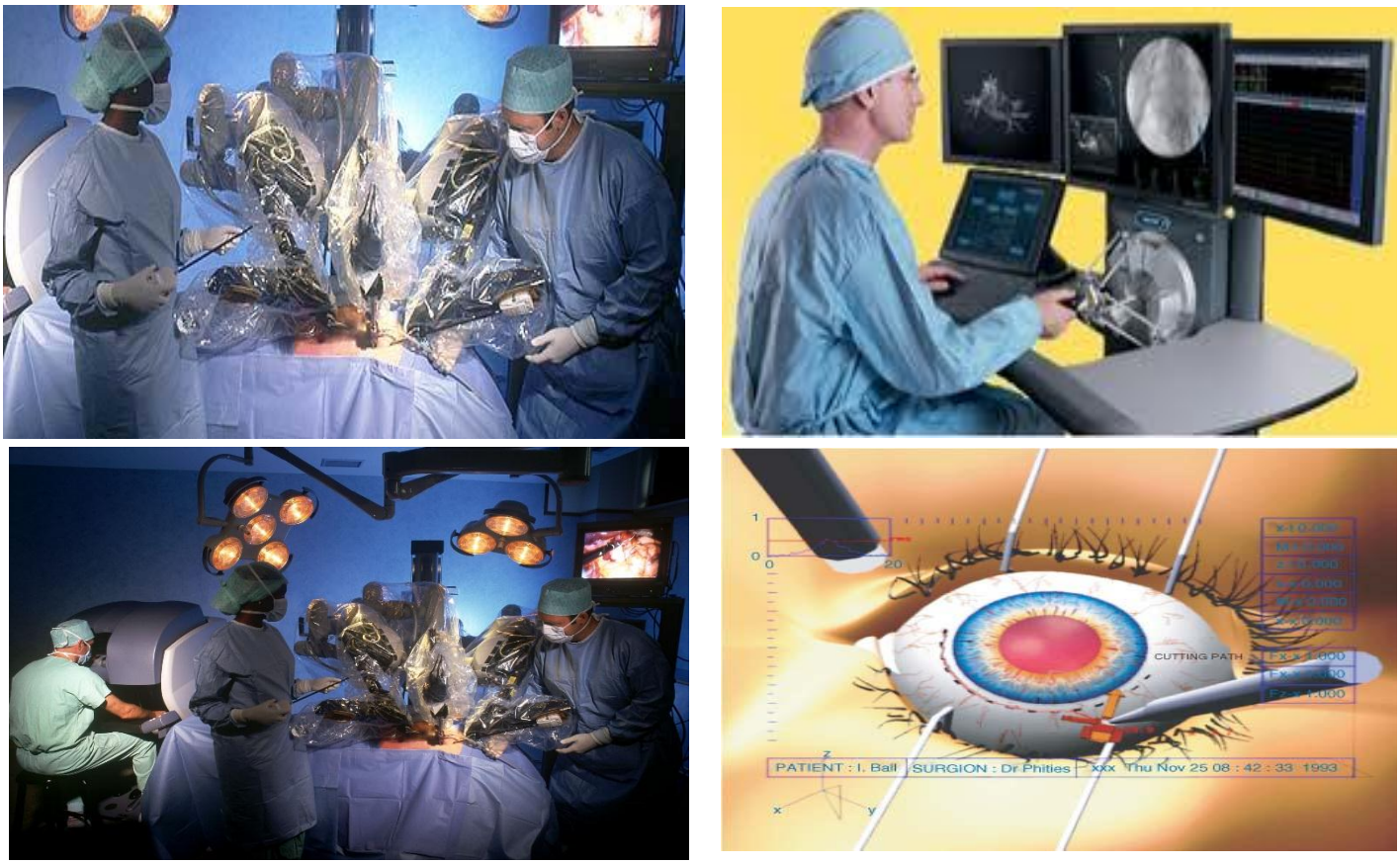
2-3-1. جراحی از راه دور (Remote surgery)

یکی از پر کاربردترین زمینه های استفاده از سیستم های تله اپراتوری که بسیار مورد استقبال قرار گرفته شده است پزشکی میباشد .

یکی از مزیت های این روش برای پزشکی این می باشد که جراح بدون احتیاج به حضور فیزیکی در اتاق عمل می تواند در هر نقطه از جهان اقدام به جراحی بیماران می باشد که باعث صرفه جویی در حد زیاد در

زمان و هزینه می شود اما مشکل اصلی در این نوع جراحی ها تاخیر زمانی زیاد در انجام فرامین کاربر توسط سیستم و بازخورد فیدبک سریع می باشد. در جراحی از راه دور، بعلت جدایش فیزیکی، ممکن است جراح احساس مناسبی از محیط نداشته باشد و قابلیت هدایت را که مهترین عامل موفقیت یک عمل جراحی است، از دست بدهد. سیستم‌های تله اپریشن باید به گونه ای طراحی شوند که چنین قابلیتی را ایجاد نمایند. واضح است که عملیات تله اپریشن به مهارت و فیدلیتی بالایی نیاز دارند چرا که عمدتا جراح بر روی احساس های لامسه ای و حرکتی خویش برای تشخیص بافتها و انجام عملیات بر روی آنها، اتکا می‌کند. باتوجه به این مسائل، می‌توان فهمید که نیازهای سیستمهای تله اپراتوری برای کار در محیط نرم متفاوت با سیستمهای کلاسیک است. در شکل 1-3 می توانید برخی از کاربرد های تله

رباتیک را در پزشکی مشاهد کنید :



شکل 1-3 : جراحی از راه دور

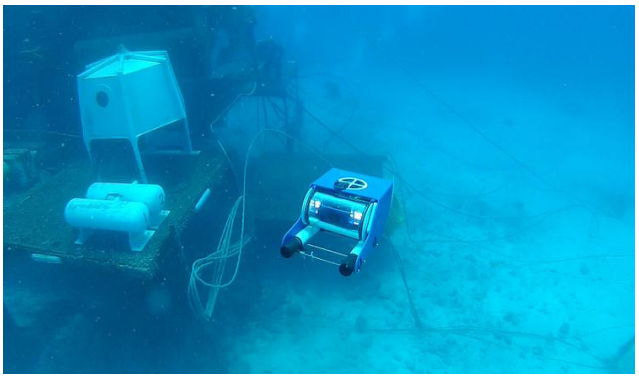
1-3-3. کاربرد در فضا

کاربرد تله اپراتوری در فضا باعث کاهش هزینه کاهش خطرات ناشی از ارسال نیوری انسانی به فضا و بالا رفتن سرعت عمل در صنایع فضایی می شود ، در شکل 1-4 می بینید به واسط یک بازوی روباتیک در حال تعمیر بخشی از قسمت های یک تلسکوپ فضایی می باشند

تصویر شماره 1-4 : بازو رباتیک در حال تعمیر تلسکوپ هابل

1-3-4. کاربرد در زیر آب

در فاصله سال های 1970 تا 1980 یکی از کاربردهای اصلی تله اپراتوری ، ربات های بدون سرنشین زیر آب بود که منظور تحقیقاتی یا کاربرد نظامی بود این روش در اکتشافات زیر آب به دلیل وجود شرایط خاص مثل فشار ، حرارت ، حمل اکسیژن و خطرات ناشی از دور از دسترس بود محدودیت های جهت ارسال نیروی انسانی وجود دارد برای حل این مشکلات استفاده از سیستم های کنترل از راه دور تله اپراتوری بهترین پاسخ می باشد تا کاربر بتواند با استفاده از این سیستم درک مفیدی از این محط داشته باشد .



شکل 1-5 : ربات زیردریایی

کاربرد های تله رباتیک به همین زمینه ها محدودنشده ودر صنایع نظامی ماهواره ای شیمی میکروبشناسی و غیره کاربرد دارد.

1-4 . اهمیت تله اپراتوری

با پیشرفت روز افزون تکنولوژی و فناوری اطلاعات و تبدیل شدن دنیا به دهکده جهاني نیاز بشر به سیستمهای ربوتیک امری اجتناب ناپذیر است، با استفاده از روش تله اپراتوری به کاربران اجازه داده می شود بدون داشتن دغدغه های محیط های خطرناک در محیط کار کنند و همینطور دقت انجام کار های بالا رفته و خطای انسانی به مقدار زیاد کاهش پیدا می کند این امر باعث کاهش هزینه ها و صرفجویی در مصرف زمان و انرژی در پروژه های بزرگ می شود .

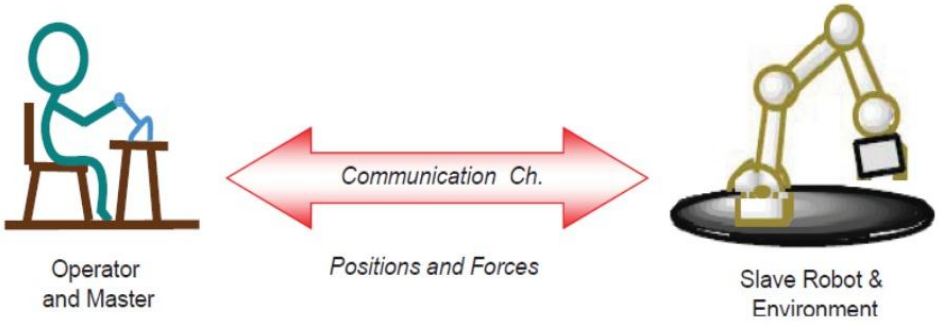
از مزیت های استفاده از این روش در علوم پزشکی می توان به کاهش دوران طولانی نقاهت پس از عمل جراحی ، دردهای بعد از جراحی، زمان لازم برای بستری بیماردر بیمارستان و هزینه‌های مربوطه ،عدم نیاز به شکستن استخوان جناغ و باز کردن قفسه سینه ، بهبود یافتن سریع زخمهای مربوط به شکاف‌های کوچک ایجاد شده و در دسترس بودن جراحان خبره با قابلیتهای منحصر بفرد .

1-5 . انواع سیستم های تله اپراتوری

سيستم هاي تله اپرشن را مي‌توان به پنج دسته كلي تقسيم كرد

1-5-1 . یک راهبر- یک اسیلو

در این سیستم‌ها، یک ربات به وسیله انسان کنترل شده و ربات متناظر سعي در حركت مشابه با ربات اصلي دارد. از نقاط مورد بحث در پايداري اين سيستم‌ها وجود محيط غير پسيو و تاخير در كانال هاي ارتباطي است.شماتيک اصلي اين نوع سيستم ها در شكل 1-6 آورده شده است

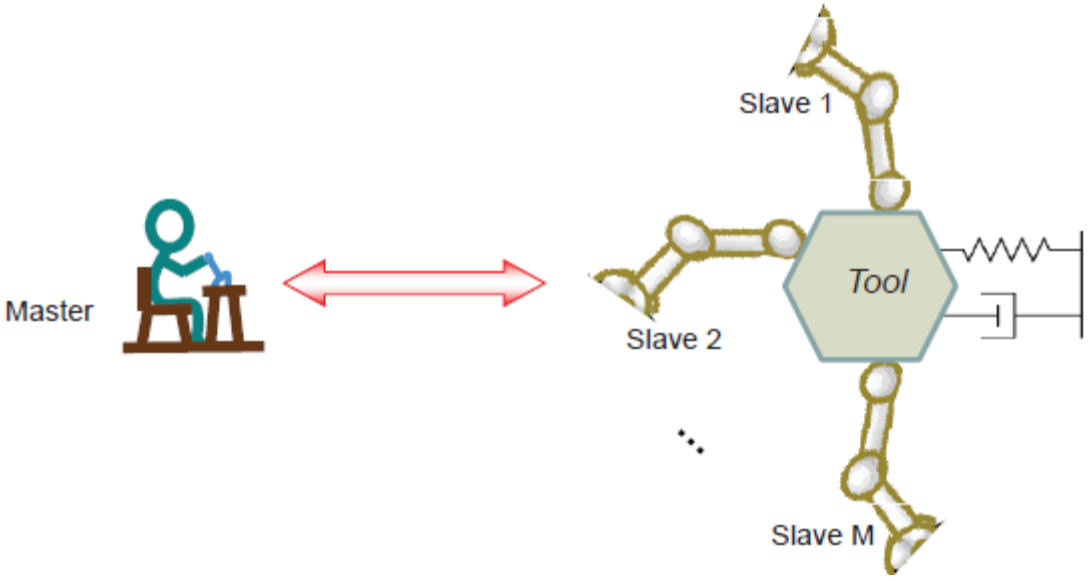


شكل 1-6 : سيستم يک كاربر يک پيرو

1-5-2 . یک راهبر – چند اسیلو

استفاده از چندين ربات به صورت مشاركتي باعث افزايش انعطاف‌پذيري در حركت مي‌شود. در اين نوع سيستم، يک ربات راهبر به وسيله انسان حركت داده شده و ربات هاي پيرو به گونه اي حركت مي‌كنند كه برآيند حركت‌هاي ربات‌هاي پيرو، با ربات راهبر برابر باشد همچنين تمامي ربات‌هاي پيرو به صورتي نسبت به هم حركت كنند كه جسم گرفته شده، در حركت، از كنترل ربات‌ها خارج نشده و نيفتد. تعريف ماتريس‌هاي قفل‌شونده و شكل‌يافته براي حالتي كه تعداد ربات هاي پيرو افزايش پيدا كند و همچين نحوه استفاده از اين سيستم براي جابجايي جسمي با هندسه و جنس نامشخص از موارد مورد بحث در اين نوع سيستم‌ها مي‌باشد. اقاي لي در مقاله ای به بررسي كنترل اين نوع سيستم ها پرداخته است. در اين مقاله با ارائه روشي، ماتريس هاي شكل يافته و قفل شونده را براي اين نوع سيستم ها به دست آورده. در نهايت

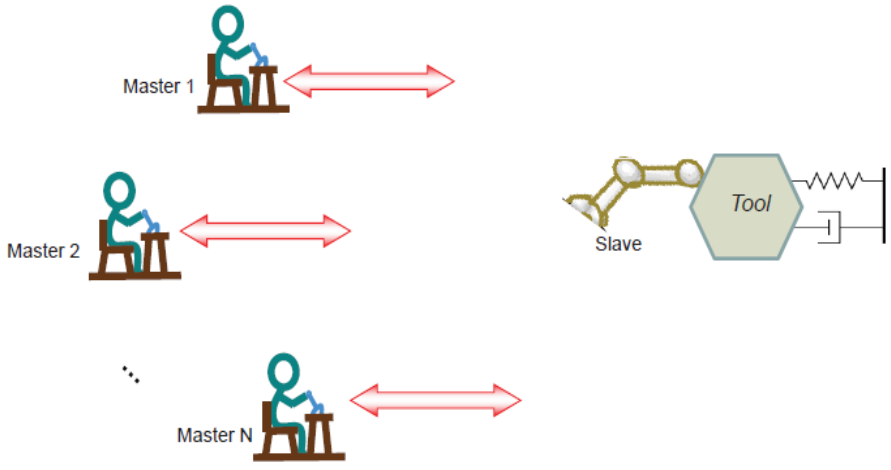
معماري كنترلي به گونه‌اي تعريف شده است كه برآيند حركت ربات‌هاي پيرو هماهنگ با ربات راهبر بوده و ربات هاي پيرو در موقعيت يكساني نسبت به يكديگر قرار بگيرند. شماتيک اصلي اين نوع سيستم ها در **Error! Reference source not found.**-7-1 آورده شده است.



شكل 1-7 : يک سيستم يک كاربر چند پيرو

1-5-3. چند راهبر- يک پيرو

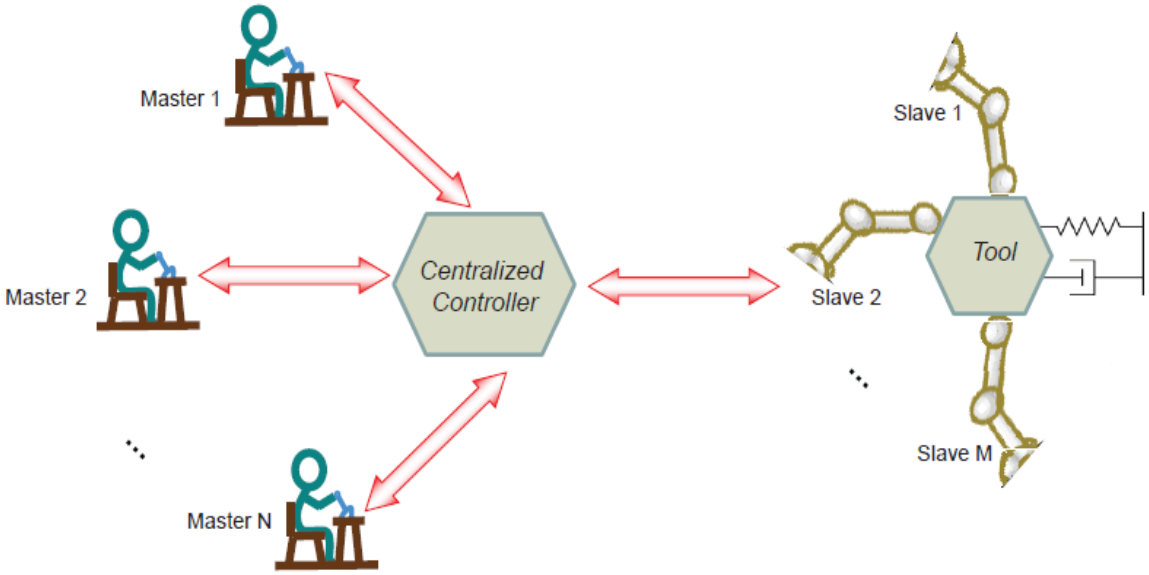
استفاده از چندين ربات به عنوان ربات هاي راهبر و يک ربات به عنوان ربات‌هاي پيرو به صورتي كه تنها يكي از ربات‌هاي راهبر، ربات پيرو را كنترل كرده، اما اطلاعات بازخوردي از ربات پيرو به تمامي ربات هاي راهبر فرستاد مي‌شود. اين معماري در افزايش آموزش و افزايش مهارت بين اپراتوهاي مختلف (به عنوان مثال در آموزش جراحي) كاربرد دارد. شماتيک اصلي اين نوع سيستم ها در **Error! Reference source not found.**-1-8 آورده شده است



شكل 1-8 : چند كاربر يک پيرو

1-5-4. چندين راهبر- چندين پيرو (با كنترل كننده مركزي)

اگر در طراحي كنترلر، نياز باشد كه هر ربات راهبر از تمامي ربات هاي پيرو اطلاعات دريافت كند و ربات پيروبر اساس برآيند تمامي ربات‌هاي راهبر حركت كند، در اين صورت از معماري چندين راهبر- چندين پيرو با يک كنترل كننده مركزي استفاده مي‌شود. در حقيقت اين نوع از سيستم ها تعميم يافته سيستم هاي نوع دوم هستند. از اين سيستم‌ها در آموزش و بهبود مهارت شخص كاربرد، استفاده مي‌شود. شماتيک اصلي اين نوع سيستم ها در **Error! Reference source not found.**9-1 آورده شده است.

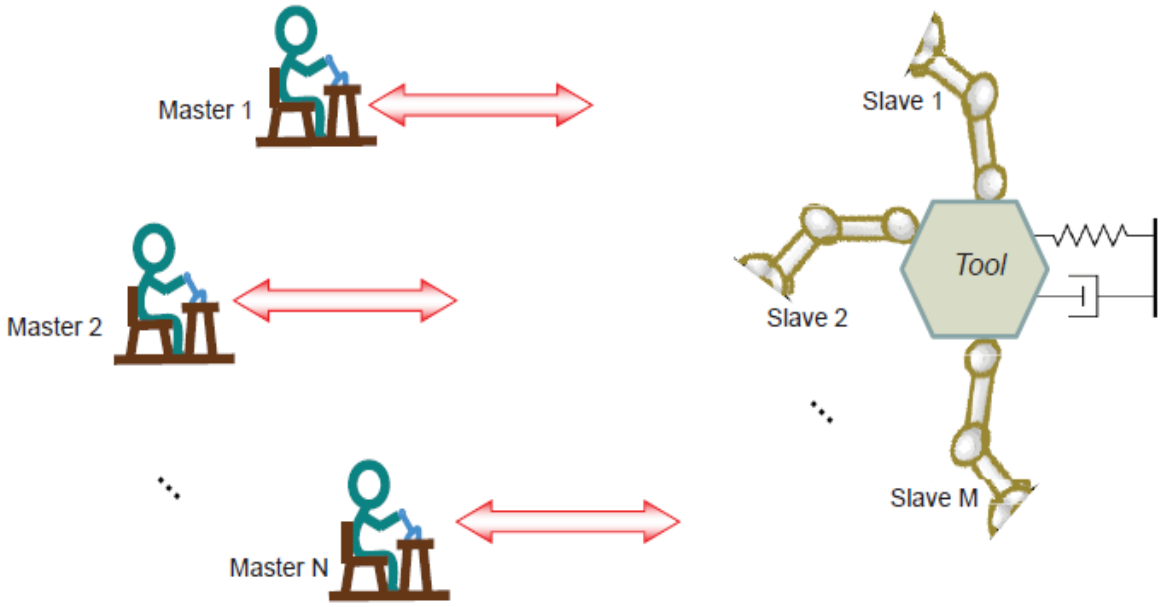


شكل 9-1 : سيستم چند راهبر –چند پيرو با سيستم مركزی

1-5-5 . چندين راهبر- چندين پيرو (بدون كنترل كننده مركزي)

اين حالت كه نزديک ترين مدل به رفتارهاي جمعي و انجام كارهاي مشاركتي به وسيله انسان ها است. هر ربات پيرو به وسيله يک ربات راهبر به صورت مجزا از بقيه ربات ها كنترل شده و برهم كنش ربات هاي پيرو به وسيله محيط مشترک بين پيروها است. تفاوت بررسي پايداري اين نوع سيستم ها با سيستم‌هاي يک راهبر- يک پيرو در برهم كنش بين پيروها است. در اين نوع سيستم ها محيط براي هر ربات پيرو متشكل از يک محيط مشترک و تعدادي نيرويي كه از طرف ربات‌هاي پيرو ديگر به اين محيط مشترک وارد مي‌شود. بنابراين فرض پسيو[1] بودن محيط براي اين نوع سيستم‌ها غيرقابل قبول است. از تحقيقاتي كه در اين زمينه انجام شده است، مي‌توان به مقاله پلوشين و باكوكا اشاره كرد، در مقاله پلوشين، با استفاده از تئوري ضريب كوچک[2] و با در نظرگرفتن محيط به عنوان يک جسم در ديناميک سيستم، ناحيه پايدار كنترلر تعيين مي‌شود. در مقاله باكوكا با استفاده از الگريتم LQ براي بهينه سازي ضرايب كنترلر PD ، يک سيستم مشاركتي را بدون در نظر گرفتن برهم كنش پيروها بر روي يكديگر مورد بررسي قرار مي‌دهد. شماتيک اصلي اين نوع سيستم ها در **Error! Reference source not found.**10-1 آورده شده است.

[1] Passive
[2] Small gain



شکل 1-10 چند کاربر – چند پیرو بدون کنترل مرکزی

در مقالات مختلف، از سيستم هاي نوع دوم، چهارم و پنجم به نام سيستم‌هاي تله اپرشين مشاركتي[3] نام برده مي‌شود. در اين پژوهش با در نظر گرفتن ايده اصلي پايان‌نامه، كه پياده‌سازي تعامل رفتاري انسان‌ها در سيستم‌هاي تله اپرشن است، از بين سيستم هاي بالا، سيستم نوع پنج مورد مطالعه قرار گرفته شده است.

1-6. کنترل سیستم های تله اپراتوری

تا کنون روش‌های کنترلی گوناگونی برای سیستم‌های تله‌اپراتوری پیشنهاد شده است که اساس آن‌ها بر پایه‌ی چگونگی انتقال سیگنال‌های موقعیت و نیرو بین ربات‌های راهبر و پیرو است. از این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

1-6-1. روش موقعیت- موقعیت

در این روش تنها سیگنال‌های موقعیت ربات‌های راهبر و پیرو بین آن‌ها رد و بدل می‌شود و سیستم کنترلی نیروها و گشتاورهای لازم برای کنترل ربات‌ها را تنها بر اساس اطلاعات موقعیت دو ربات تنظیم می‌کند. بنابراین نیرویی که به دست اپراتور وارد می‌شود بر اساس خطای موقعیت پیرو نسبت به راهبر خواهد بود و تطبیق این نیرو با نیرویی که واقعاً به پیرو وارد می‌شود تضمین نخواهد شد

1-6-2. روش موقعیت- نیرو

در این روش که معمول‌ترین روش است، سیگنال‌های موقعیت راهبر به سمت پیرو فرستاده شده و در عوض نیروهای اندازه‌گیری شده (و یا تخمین زده شده) سمت پیرو به طرف راهبر فرستاده می‌شوند. در این روش کنترل کننده سعی دارد تا موقعیت پیرو را به موقعیت راهبر نزدیک کرده و همچنین نیرویی معادل آنچه در سمت پیرو اندازه‌گیری می‌شود را به دست اپراتور وارد کند. بنابراین، تعقیب نیرو می‌تواند به خوبی صورت گیرد

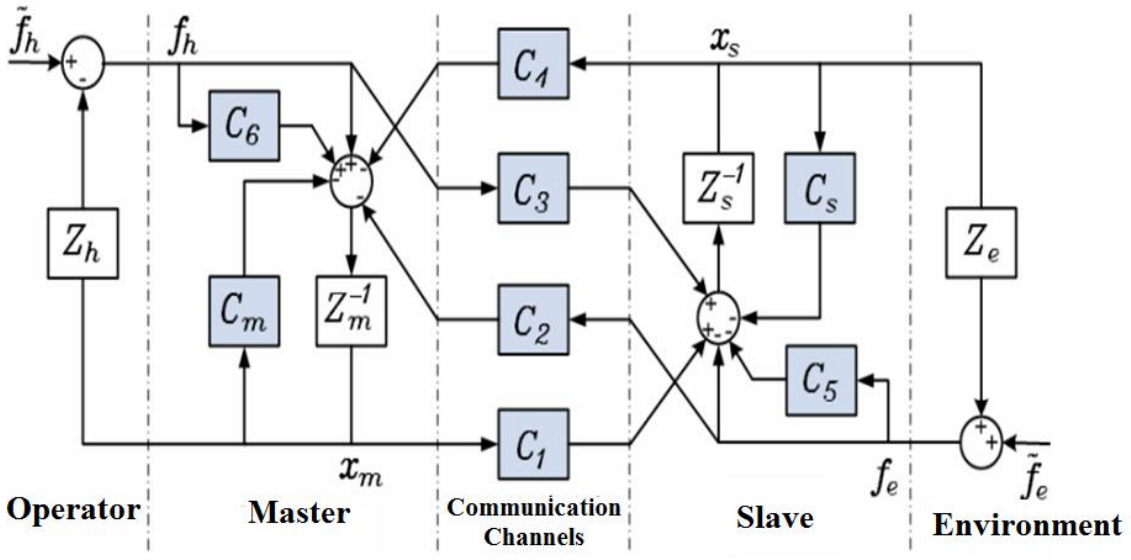
[3] Cooperative Teleoperation

1-6-3. روش نیرو- نیرو

در این روش تنها سیگنال‌های نیرو بین ربات‌ها رد و بدل می‌شود. تعقیب نیروی وارد شده از طرف محیط به پیرو توسط نیروی وارده به دست اپراتور می‌تواند به خوبی صورت گیرد، اما تعقیب موقعیت راهبر توسط پیرو تضمین نخواهد شد. این روش زمانی می‌تواند مفید باشد که هدف اصلی اعمال یک نیروی خاص روی محیط است و موقعیت پیرو از نظر اهمیت در درجه دوم قرار داشته باشد

1-6-4. روش چهار کاناله

در این روش هم سیگنال‌های موقعیت و هم سیگنال‌های نیرو بین دو ربات منتقل می‌شود. این روش را می‌توان ترکیبی از سه روش قبل دانست. در شکل 1-11 ساختار کلی یک سیستم چهار کاناله نشان داده شده است.



شکل 1-11