

واقعیت مجازی

محمدرضا فاریابی

مهدی جوانمرد

چکیده

تاریخ بشر تاکنون سه عصر کشاورزی، صنعت و اطلاعات را پشت سر گذاشته است و در حال حاضر ورود به عصر جدید یعنی عصر مجازی است. پس از تحولات بنیادین که جامعه ی بشریت را طی اعصار گذشته تحت تاثیر خود قرار داده است. امروزه و با آغاز حرکت مرزهای زمانی و مکانی برداشته می شوند، به گونه ای که تلفیقی از فناوری و اطلاعات این مهم را میسر خواهد ساخت. بی گمان واژه هایی نظیر تجارت مجازی، اقتصاد مجازی، بانکداری مجازی، آموزش، دولت، پول، خدمات و بسیاری از واژه های دیگر با پسوند مجازی را بسیار شنیده اید. این ها همگی موجب کمرنگ شدن حضور فیزیکی و جدایی از دنیای یک بعدی و سنتی انسان و تبدیل آن به دنیای سه بعدی است. در فضای مجازی تمام تجرب انسانی در برخورد با محیط قابل شبیه سازی است، به همین جهت، این فناوری که می توان آن را نهایت توسعه و پیشرفت فناوری اطلاعات در محیط و فضای سه بعدی مبتنی بر دانش است را واقعیت مجازی نامید. در این مقاله سعی شده کاربرد و موارد استفاده از واقعیت مجازی شرح داده شود .

واژه های کلیدی واقعیت مجازی، آموزش، VRML، کاربرد

مقدمه

واقعیت مجازی (Reality Virtual) برای نخستین بار به عنوان ابزار سرگرمی به دنیای دیجیتال قدم گذاشت. این فناوری، محیطی مجازی در اختیار کاربر قرار می دهد تا بتواند از طریق شبیه سازی واقعیت ها، آنچه را در محیط واقعی نمی تواند انجام دهد یا شرایط لازم برای انجام آن را ندارد در این محیط مجازی انجام دهد.

یکی از مهم ترین مولفه های محیط مجازی (Environment Virtual)، محیط بصری (Environment Visual) آن است که از طریق نمایشگرها یا تصاویری ویژه، یک تجربه بصری واقعی را در مقابل چشم کاربران نمایش می دهد اما این نمایشگر یک پدیده ساده نیست بلکه نمایشگری مجهز به حسگرهایی (sensor) است که به عنوان ردیاب عمل می کند و اطلاعاتی را درباره موقعیت کاربر و همچنین جهت نگاه او به کامپیوتر ارسال می کند. به این ترتیب کاربر احساس می کند در یک محیط سه بعدی قرار دارد. این ویژگی محیط مجازی را به محیطی واقعی تر تبدیل می کند. [7] در محیط مجازی کاربر می تواند شنونده صداهایی باشد که از طریق گوشی به او منتقل می شود. تغییر شدت صداها و همچنین تقسیم امواج صوتی بین گوشی هایی که در دو گوش کاربر قرار می گیرد به او کمک می کند تا بتواند جهت صداها را بخوبی احساس کند بنابراین واقعیت مجازی از نظر سمعی و بصری هیچ نقصی ندارد اما یکی از دیگر مولفه های واقعیت مجازی، حس لامسه (Haptic) است که با توجه به محدودیت هایی که در ایجاد حس لامسه در محیط های مجازی وجود دارد، پیشرفت در زمینه شبیه سازی حس لامسه روند کندتری داشته است [5].

البته در دنیای مجازی، استفاده از دستکش های خاص و همچنین ردیاب های حرکتی برای کاربر این امکان را ایجاد می کند که بتواند با به حرکت در آوردن اشیا و اجسام موجود در میدان دیدش، اثر آنها را در محیط شبیه سازی (simulation Environment) شده مشاهده کند. واقعیت مجازی علاوه بر شبیه سازی محیط های واقعی این امکان را در اختیار کاربر قرار می دهد که بتواند خودش را در نقش ها و شکل های مختلفی ببیند. [6] برای مثال می تواند خود را به شکل پروانه ای ببیند که در آسمان پرواز می کند.

واقعیت مجازی یک تکنولوژی است که اغلب به عنوان یک گسترش طبیعی به گرافیک کامپیوتری سه بعدی با دستگاه های ورودی و خروجی پیشرفته، تعامل انسان و کامپیوتر و هوش مصنوعی در نظر گرفته شده است. شی در آن شامل "3I" غوطه وری (Immersion) تعامل

(Interaction) و تخیل (Imagination) است. واقعیت مجازی تلاش می کند با استفاده از کامپیوتر برای ایجاد دنیای مجازی سه بعدی، که مردم می توانند در دنیای مجازی در دنیای واقعی را تجربه کنند. [7]

ترکیب واقعیت مجازی با سیستم آموزش الکترونیک، یک جهان کامل غوطه ور مجازی را می توان برای آموزش الکترونیک ساخته شده است. [8].

تاریخچه

ریشه های واقعیت مجازی به دهه 1860 باز می گردد هنگامی که عکسهای 360 درجه شروع به پیدایش کردند. در دهه 1920 شبیه ساز های وسایل نقلیه ۲ معرفی شدند. مورتون هیلینگ (Heilig Morton) در دهه 1950 درباره سینمای تجربه (Theatre Experience) نوشت که می توانست حواس مختلف را در بیننده به طور تاثیر پذیری القا کند که در نتیجه آن بیننده را وارد فعالیت درون صحنه می کرد. وی در سال 1962 نمونه ای از این تئاتر به نام سنسوراما (Sensorama) را به همراه پنج فیلم کوتاه که حواس مختلفی از جمله بینایی، شنوایی، بویایی و لامسه را در بیننده القا می کرد ساخت. در زمانی که هنوز پردازش کامپیوتری وارد بازار نشده بود، سنسوراما یک دستگاه مکانیکی بود که بر طبق گزارش ها هنوز هم کار می کند. در این زمان بود که داگلاس انگلبارت (Englebart Douglas) نمایشگرهای کامپیوتری را هم به عنوان دستگاه ورودی و هم به عنوان دستگاه خروجی استفاده کرد. در سال 1966 توماس فرنس (Thomas A. Furness) برای نیروی هوایی یک شبیه ساز پرواز بصری را معرفی کرد. در 1968 ایوان ساترلند (Ivan Sutherland) با کمک دانشجوی خود، باب اسپرال (Bob Sproull) دستگاهی را تولید کرد که به عنوان اولین دستگاه نمایشگر سربند (Head-Mounted Display) به حساب می رود. این دستگاه هم از نظر رابط کاربری و هم از نظر میزان واقعی جلوه دادن بدوی بود و HMD استفاده شده توسط کاربر به قدری سنگین بود که باید از سقف آویزان می شد. تصاویر محیط مجازی از طریق مدل frame-Wire تولید می شدند. همچنین از سیستمهای اولیه واقعیت مجازی می توان از نقشه فیلم اسپن (Aspen Movie Map) نام برد که در سال 1977 در MIT تولید شد.

در اواخر دهه 1980 واژه واقعیت مجازی توسط جیرون لانیر (Jaron Lanier) یکی از پیشگامان مدرن این زمینه، شهرت یافت. لانیر در سال 1985 شرکت VPL Research را تاسیس کرده بود و برخی سیستمهای اولیه "عینک و دستکش" آن دهه را تولید کرده بود.

کاربردهای واقعیت مجازی

واقعیت مجازی امروزه در زمینه های مختلف کاربردهای فراوانی پیدا کرده است کاربردهای این روش در زمینه آموزشی بسیار متفاوت تر از کاربردهای دیگر است.

-آموزش الکترونیکی

پیشرفت روزافزون تکنولوژی حقیقت مجازی باعث تغییرات بسیاری در زمینه آموزش الکترونیکی شده است عواملی چون کاهش هزینه آموزش، سهولت حضور در کلاسهای مجازی، تنوع دروس، زمان انتخاب آن، کاهش هزینه رفت و آمد و انعطاف پذیری زیاد آموزش الکترونیکی در گسترش این پدیده بی تأثیر نبوده است. برجسته ترین مزیت این آموزش جدایی استاد از دانشجو است، همین طور فرا مکان و زمان بودن آموزش از طریق این سیستم از ویژگیهای بارز دیگر این شیوه آموزشی در قرن 21 است. اما دانشگاه های مجازی نیز از دل آموزش از راه دور و یا همان آموزش مجازی سر بر آوردند، زمان تولد دانشگاه های مجازی را می توان مقارن با گسترش شبکه اینترنت در جهان دانست. دانشگاه های مجازی محل مناسبی برای ظهور و بروز استعدادها، خلاقیت و نوآوری ها خواهند بود همین طور فناوری اطلاعات موجب افزایش کارایی فرایند آموزش می گردد. با رویکردی متفاوت در برخورد با مقوله آموزش از راه دور و پیوست آن دانشگاه های مجازی در خواهیم یافت که بروز چنین شکلی از آموزش در قرن 21 آن هم با نگاهی به جامعه اطلاعاتی امری اجتناب ناپذیر می نماید. ضرورتی انکار ناپذیر که از بطن شبکه جهانی و پیکربندی جامعه اطلاعاتی بیرون می آید. آموزش الکترونیکی در کشورمان می توان از دانشگاه پیام نور و دانشگاه مجازی جهان اسلام مبتنی بر استفاده از آموزش الکترونیکی نام برد.

-پزشکی

مصورسازی (Visualization) ، آندوسکوپي مجازی، برونکوسکوپي و کولونوسکوپي تعدادی از کاربردهای واقعیت مجازی در پزشکی هستند. عمده ترین کاربرد واقعیت مجازی در پزشکی، استفاده از آن جهت آموزش فعال آناتومی و فیزیولوژی به دانشجویان پزشکی است. با استفاده از این سیستم دانشجویان می توانند در یک محیط شبیه سازی شده و سه بعدی به صورت موثر و بهینه یادگیری داشته باشند. با استفاده از سیستم آموزش جراحی، هزاران بار می توان روی بیمار عمل جراحی انجام داد تا مهارت جراح به بالاترین حد برسد. (1) در این سیستم سعی می شود تا با شبیه سازی محیط جراحی، امکان تکرار هزاران عمل جراحی در طی ساعت های متوالی و طولانی فراهم آید. از جمله زمینه های آموزش جراحی که واقعیت مجازی در آن ها کاربرد زیادی دارد، عبارتند از

جراحی لاپاروسکوپي (Laparoscopic Surgery)

کاتتراسیون قلب (Heart Catheterization Simulation)

جراحی باز (Open Surgery)

از دیگر موارد کاربرد واقعیت مجازی در پزشکی می توان به جراحی از راه دور، آماده و شبیه سازی مراحل مختلف یک عمل جراحی، آموزش و درمان بیماران از راه دور، توانبخشی و ارتقاء مهارت ها در افراد مدد جو و حتی طراحی و معماری اماکن پزشکی و توانبخشی اشاره کرد.

- نظامی

شاید پرهزینه و پرمخاطره ترین نوع آموزش، آموزش های خلبانی باشد. هواگردها (هواپیما، بالگرد و ...) عموماً وسائل بسیار گرانبهائی هستند و هم کاربران نظامی و هم غیرنظامی تا حد امکان تمایلی به صرف هزینه های بسیار زیاد آموزش ندارند که عمدتاً ناشی از مصرف قطعات و سوخت است. همچنین تمامی ساعاتی که هواگرد درگیر برنامه آموزش است از دسترس کاربری های عملیاتی دور است. از این رو ابتدا خلبانان را با هواپیماهای ساده تر آموزش داده سپس وی را با هواپیمای مدنظر روی زمین آشنا کرده و در نهایت به پرواز با آن هواپیما مبادرت می نمایند. با ساخت سامانه های شبیه ساز که از نظر تجهیزات و فضای داخلی و عملکرد دینامیکی مشابه هواپیمای اصلی بودند گام مهمی برای رفع مشکلات پیش گفته برداشته و به مرور این وسیله به جزء جدائی ناپذیر

آموزش ها تبدیل شد . به کمک این سامانه ها می توان تمامی حالاتی که احتمال بروز آنها کم یا زیاد است را برای خلبان مشابه سازی کرد نظیر رویارویی با وضعیت های اضطراری مانند خاموش شدن موتور، قطع برق هواپیما، آتش سوزی در بخش های مختلف، باز نشدن ارا به فرود یا شکستن آن و ترکیدن لاستیک روی باند و ... یا قرار دادن خلبان در موقعیت های مختلف تاکتیکی نظیر نبردهای هوا به هوا، تهدید از جانب انواع ادوات پدافند هوایی، پروازهای جمعی با سایر هواپیماها، اجرای عملیات هوا به سطح و ...

بالا ترین رده شبیه سازها از نظر هوشمندی، شبیه سازهای «فضای رزم» هستند که در آنها علاوه بر شرایط محیطی، نیروهای خودی و طرف مقابل نیز در فضای مجازی ایجاد شده و یا از طریق دستگاه شبیه ساز دیگری به همین فضای مجازی مرتبط شده و به صورت گروهی تمرین می کنند .

-تولید

به هنگام تولید، تولید کنندگان با محدودیت های بسیاری دست و پنجه نرم می کنند. تکنولوژی واقعیت مجازی می تواند به آنها در اجرای این فرآیند کمک شایانی بکند. مشکلات مختلف در صنعت باعث شده که صنعت همواره به دنبال راهکارهایی باشد تا بتواند سیستمهای تولیدی خود را به سرعت تغییر دهد. تولید دستگاههای مختلف ارزان قیمت هدف اصلی صنایع تولیدی امروزی هستند . در این زمینه واقعیت مجازی یکی از بخشهای اصلی چرخه تولید است زیرا این تکنولوژی در طراحی و تایید محصولات مختلف نقش اساسی دارد .تغییر پروسه ساخت به طور معمول از سطوح مختلفی تشکیل شده است و تغییر جزئی در پروسه تولید می تواند در دیگر بخشها نیز تاثیر گذار باشد. تقاضا برای محصولات جدید در سالهای اخیر بیشتر و بیشتر شده است در نتیجه تغییر سریع و کارآمد خطوط تولید نقش مهمی را در صنعت بازی می کنند .به منظور استفاده از این تکنولوژی در پروسه ساخت و تولید استفاده از کارخانه های مجازی ضروری است.کارخانه های مجازی در حقیقت مدل های سه بعدی از یک کارخانه هستند که در آن فعالیت ها و طریقه عمل کارخانه شبیه سازی شده است .این تکنولوژی می تواند درگاهی مستقیم به سوی بررسی رفتار سیستمهای درون کارخانه و شبیه سازی نحوه فعالیت آن داشته باشد که می توان از آن برای بهبود و یا طراحی مجدد فرآیند تولید استفاده کرد .در راستای شبیه سازی فعالیت کارخانه، واقعیت

مجازی می تواند در سطوح مختلف کارخانه را شبیه سازی کند و در هر سطح به بررسی فعالیت کارخانه پردازد. استفاده از این تکنولوژی باعث می شود بتوان در کارایی کارخانه بهبودهای چشمگیری ایجاد کرد. همچنین با استفاده از این تکنولوژی میزان توقف کار کارخانه به منظور تغییر در خط تولید و یا بهبود آن به طور چشمگیری کاهش می یابد. تغییرات مهندسی در کارخانه ها همواره ضروری است. تعداد تغییرات مهندسی لازم برای تولید محصولات جدید با پیچیده شدن پروسه ساخت و تولید آنها بیشتر می شود. واقعیت مجازی می تواند محیطی را در اختیار ما قرار دهد که برای طراحی و ارزیابی تغییرات مهندسی ضروری است. در این زمینه می توان از پایگاه های داده ای هم استفاده کرد که در آنها الگوریتم هایی برای طراحی نیز وجود دارد. در این صورت برنامه واقعیت مجازی می تواند مدلی را طراحی کند، آن را ارزیابی کند و در صورت تایید مدل می توان آن را در دنیای واقعی استفاده کرد. برنامه استفاده شده می تواند در بسیاری از دستگاهها به کار برده شود که در نتیجه آن می تواند مدل شبیه سازی شده را در دستگاههای مختلف از جمله CAVE(Automatic Virtual Environment) شبیه سازی کرد و به بررسی بیشتر آن پرداخت.

-مهندسی

امروزه از واقعیت افزوده می توان برای تسریع و بهبود فرآیند ساخت استفاده کرد. بدین منظور می توان نرم افزاری را تولید که بتواند مدل CAD تولید شده توسط کامپیوتر را به صورت مرحله به مرحله به کاربر نشان دهد و در نتیجه تولید سیستمهای پیچیده را به مراتب بهبود بخشد. در استفاده از واقعیت افزوده در فرآیند تولید می توان فعالیت برنامه را در سه مرحله خلاصه کرد.

مرحله اول: مشاهده تصویر

در این بخش سیستم با استفاده از دوربین به بررسی تصاویر می پردازد و پس از شناسایی محل مورد نظر تصویر مجازی مورد نیاز را بر روی تصویر واقعی می افزاید و در نتیجه می تواند راهنمایی های لازم برای کاربر را ایجاد کند. در این مرحله می توان از نشانه هایی برای تشخیص محل دیده شده استفاده کرد.

مرحله دوم: تشخیص وضعیت پروسه

در این مرحله برنامه باید به تشخیص وضعیت پروسه تولید بپردازد تا بتواند دستورالعمل‌های مناسب با وضعیت فعلی را به کاربر نشان دهد. برای این تشخیص سیستم به پروسه مرحله به مرحله ساخت رجوع می‌کند و با مقایسه وضعیت فعلی با مراحل مختلف، وضعیت فعلی را شناسایی می‌کند و دستورالعمل‌های مرتبط با آن را به کاربر نمایش می‌دهد.

مرحله سوم: افزودن به واقعیت

در این مرحله سیستم دستورالعمل‌های لازم برای کاربر را توسط تصاویر سه بعدی، انیمیشن‌ها و فرمانهای صوتی به کاربر منتقل می‌کند. استفاده از واقعیت مجازی برای ایجاد دستورالعملهایی که به سادگی قابل فهم باشد الزامی است. بدین منظور ممکن است یک دستورالعمل به چندین شکل از مدل‌های سه بعدی، انیمیشن‌ها، فرمانهای صوتی و متون بر روی تصویر تبدیل شود تا بتواند به بهترین حالت و مناسب‌ترین حالت برای درک هرچه بهتر دستورالعمل آن را به کاربر نمایش دهد. در پایان می‌توان گفت که واقعیت مجازی در مراحل ساخت و تولید و بهبود و تسریع این فرآیند در آینده می‌تواند نقش بسیار مهمی را ایفا کند. [11]

زبان مدلسازی واقعیت مجازی (VRML)

توسعه مداوم زبان مدلسازی واقعیت مجازی در وب اغلب هیجان انگیز است. علاوه بر این در HTML یا همان زبان نشانه گذاری ابر متن که یک ابزار استاندارد برای تالیف و ایجاد صفحات خانگی است. VRML یک دنیای سه بعدی با لینک یکپارچه در تاریخ وب فراهم می‌کند. [4]

VRML چیزی شبیه HTML است. برخی آن را HTML سه بعدی دانسته اند، استاندارد جدیدی برای توصیف دنیا و اشیاء سه بعدی است. خوشبختانه از ابتدای کار این زبان استاندارد بود. این زبان به عنوان یک تکنولوژی برای نمایش گرافیک سه بعدی مورد پذیرش قرار گرفته است زیرا راه قابل دسترس و راحت برای دنیای تعاملی است. VRML در حقیقت یک زبان پویانمایی تعاملی است و اجازه می‌دهد سازنده های صفحات وب با آن فضای سه بعدی بسازند و اشیاء سه بعدی

در وب را ببینند. در آن home page تبدیل به home space می شود. VRML به عنوان نوعی زبان متنی این امکان را می دهد که دنیای مجازی همراه با اشیاء و اشکال سه بعدی با تمام رنگها و بافت ها، منابع نور، مه، سایه، انیمیشن و حتی جلوه های صوتی به منظور ظاهر واقعی دادن به آنها با استفاده از دستورالعملها ی ساده به راحتی ایجاد شوند. VRML یک ابر فضای سه بعدی را پدید می آورد که با فشردن کلیدهای روی کامپیوتر می توان در این جهان سه بعدی به هر سو رفت .

مهمترین وظیفه VRML این است که مشخص کند چگونه یک صحنه سه بعدی در دنیای مجازی ساخته شود. اگر بخواهیم تخصصی تر بگوییم ، VRML یک زبان صحنه پردازی است هدف این بود که راه حلی آسان مثل HTML برای این کار ارائه شود که قابلیت توسعه نیز داشته باشد. [4]

واقعیت مجازی در ایران

پیشینه واقعیت مجازی در ایران تقریباً 10 سال است که در مقایسه با برخی کشورها در این زمینه نوظهور است و در این مدت تنها کارهای کوچک و جزئی انجام شده است و این واقعیت در ایران تا حدودی ناشناخته است این درحالیست که برپایی نمایشگاه هایی چون رسانه های دیجیتال تا حدی توانسته است کاربردهای این واقعیت مجازی را به مردم نشان دهد و با شناخت قابلیتها و کاربردهای آن می توان دامنه استفاده از واقعیت مجازی در ایران را گسترش داد . یکی از مهمترین زمینه های استفاده از واقعیت مجازی وجود نرم افزارهای مناسب و قوی است که برای این کار سرمایه گذاری لازم است که بدون آن محقق نمی شود. در ایران ساخت کنسول و شبیه ساز هواپیما از کاربردهای اصلی واقعیت مجازی است که نیاز دارد زیر ساخت های این امر تقویت شود تا واقعیت مجازی در ایران هم گسترش پیدا کند.

نتیجه گیری

آینده ی واقعیت مجازی به طور دقیق مشخص نیست و هیچ کس نمی داند که آینده این علم به کجا می رود. برخی بر این باورند که با پیشرفت شبیه سازی و کاهش هزینه ی آن دیگر کسی میل

به ترک دنیای خیالی خود نخواهد کرد و بنابر این شاید این پدیده آخرین اختراع بشر باشد اما باید پذیرفت که واقعیت مجازی در زندگی بشر وارد شده و به طرز خیره کننده ای در حال پیشرفت است .

مراجع

- (1) آزاده صادقی، **virtual reality** و کاربرد آن در پزشکی، تحقیق کاربرد فناوری اطلاعات در پزشکی، دانشگاه امیر کبیر، دانشکده مهندسی پزشکی
- (2) زمانی غلامحسین، مقدسی شهرام. (1377). آموزش از راه دور رهیافتی بدیل در نظام آموزش کارکنان. دانش مدیریت. تهران
- [3]. (بانک اطلاعاتی تخصصی مقالات مهندسی پزشکی،

ezmed.com

- [4] Kalawsky, R.S. The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Addison-Wesley, Wokingham, England, 1993.
- [5] Kay M. Stanney ; Handbook of virtual environments : design, implementation, and applications, 2002.
- [6] Thomas, J.C. and Stuart, R. Virtual reality and human factors, In Proceedings of the Human Factors Society 36th Annual Meeting (October 12-16, Atlanta, GA). Human Factors Society, Santa Monica, CA, 1992.
- [7] Zhenbo LI, Xiangxu MENG, Hui XIANG. The Research And Implementation of Constructing Complicated Interactive Virtual Scenes. Journal of System Simulation. (2002). Vol.14, No.9. pp:1183-1187.
- [8] Kun ZHOU, YiYing TONG, ZhiGeng PAN, JiaoYing SHI. VECW: A Virtual Environment Construction and Walkthrough System. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics. 2000 Vol.12, No.5.
- [9] Azuma, R. T. (1224). A Survey of Augmented Reality. Tele Operators and Virtual Environments.

[10] Yang, X. a. (2011). Virtual reality enhanced manufacturing system design. Proceedings of the 7th CIRP International Conference on Digital Enterprise Technology, (pp. 125-133).

[11] Bassanelli, V. S. (n.d.). AR4CAD Project: Augmented Reality for manufacturing applications. Bologna.

[12] R. Schroeder: Learning from Virtual Reality Applications in Education. Virtual Reality: Research, Development and Application, Vol. 1, No. 1, pp. 33-39 (1995)

[13] C. Wickens and P. Baker. Cognitive Issues in Virtual Reality. In Virtual Environments and Advanced Interface Design, W. Barfield and T. Furness (Eds.), Oxford University Press, 1995.

[14] R. Stoakley, M. Conway, and R. Pausch. Virtual Reality on a WIM: Interactive Worlds in Miniature. Proceedings of CHI (Denver, CO, 1995), pp. 265-272.

[15] <http://www.wikipedia.org/>

[16] <http://vr-atlantis.com/>

[17] <http://www.cs.unc.edu/~brooks/WhatsReal.pdf>

[18] http://www.barco.com/VirtualReality/en/markets/markets_auto.asp

[19] <http://vresources.org/applications/applications.html>