مراجعة لأنظمة الروبوتات المتوفرة لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية

أحمد الشيخ[1]
مركز مدى[1]

نبذة

ازدادت حاجة الأشخاص ذوي الإعاقة إلى الروبوتات المساعدة بشكل كبير في هذا الوقت من العمر وخصوصاً الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية حيث يستمر عددهم في الارتفاع. بالنسبة لهم ، يمكن أن يتم تحقيق العيش المستقل بواسطة روبوت مساعد وهو أحد أجهزة التكنولوجيا المساعدة الرئيسية التي يمكن أن تساعد في استعادة الكرامة والثقة بالنفس. وتستعرض هذه الورقة آحدث التوجهات الحالية في مجال تصميم وتطوير روبوت المساعد الشخصي الذي يستخدم خوارزمية علمية معينة لاكتشاف وتقدير الموقع النسبي للكائنات في بيئة داخلية باستخدام التعليمات الصوتية. وتحتوي هذه الروبوتات شبه البشرية على العديد من الكاميرات عالية الدقة في أجزاء مختلفة من بنيتها. ويتم تنفيذ الحركة المستقلة واكتشاف الأشياء وقياس المسافة وتخطيط الحركة باستخدام هذه الكاميرات. علاوة على ذلك، فإنه يمكن زيادة فائدة الروبوت من خلال إبقاء المستخدم على اطلاع بنتائج أفعاله.

مقدمة

يتزايد عدد الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية بشكل سريع جنبًا إلى جنب مع النمو السكاني الإجمالي. ووفقًا لمنظمة الصحة العالمية، هناك أكثر من 2.2 مليار شخص مكفوفين أو ضعاف البصر (منظمة الصحة العالمية، 2021) من بينهم 36 مليون شخص مكفوفين (ألبوجامي وآخرون، بدون تاريخ). ويعد فقدان البصر أمرًا شائعًا لا يمكن التنبؤ به، أما التنقل الآمن في بيئة الحياة اليومية فيعد من أهم التحديات في هذا المجال. ولمعالجة هذه المشكلة، هناك نوعان شائعان من أجهزة التكنولوجيا المساعدة للتنقل داخل المنزل وخارجه.

تعتمد أجهزة الملاحة الخارجية بشكل عام على تكنولوجيا نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). وتتوفر بعض الأنظمة مثل العصي البيضاء المزودة بوظيفة GPS إضافة إلى استخدام كلاب الإرشاد على نطاق واسع لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقات البصرية في اكتشاف الأشياء والتنقل في كل من البيئات الداخلية والخارجية. ومع ذلك، وفي كثير من الحالات في منطقة الشرق الأوسط، يعتمد المكفوفون وذوي الإعاقة

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

البصرية بشكل كبير على مساعدة الآخرين لأداء مهامهم اليومية. وقد تم تطوير تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي المتقدمة وأجهزة التعلم العميق في الآونة الأخيرة للمساعدة في رفع القدرة على اكتشاف الأشياء في البيئة المحيطة وتطوير نظام تنبيه للمساعدات الذكية للحياة اليومية وأوقات تناول الأدوية واقتراح الطرق الممكنة والتعرف على الوجوه والأشياء. ويستخدم هذا النوع من عمليات التعرف تكنولوجيا التعرف على الوجه والأشياء المشابهة لتلك المستخدمة في الهواتف الذكية. ومن ثم تم تطوير أنظمة الروبوتات وإتاحتها للاستفادة من هذه التطورات التكنولوجية لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية.

الروبوتات المساعدة للتنقل

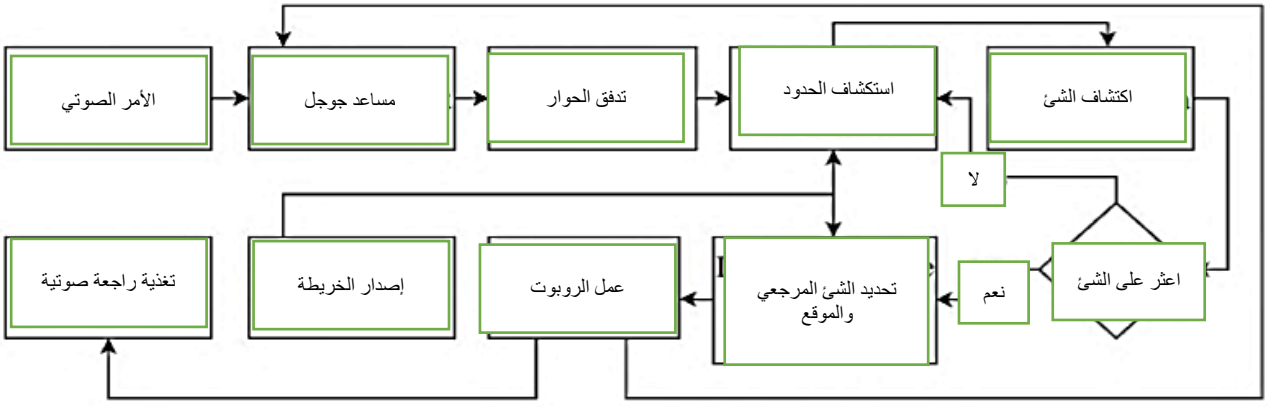
أصبحت الأنظمة القائمة على نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بالنسبة للأشخاص المبصرين فعالة بشكل متزايد للاستخدام في الملاحة الخارجية، ومع ذلك، لا يزال التنقل الداخلي يشكل مشكلة بلا حل. فيمكن للأشخاص المبصرين الاعتماد بسهولة على الإشارات المرئية للوصول إلى الوجهات في المباني الكبيرة مثل مراكز التسوق والمطارات، ولكن بالنسبة للمكفوفين، يمثل التنقل الداخلي تحديًا كبيرًا (فينج وآخرون ، 2015).

وقد تم تطوير الروبوتات للمساعدة في التنقل في المساحات الداخلية من خلال الأوامر الصوتية والتعرف على الاشياء باستخدام واجهة برمجة التطبيقات السحابية. وتم تجهيز أجهزة الروبوت هذه بجهاز استشعار بصري يستخدم كاميرات متعددة عالية الدقة ومكتشفات المسافة الليزرية ومكبر صوت يعطي إحصاءات للأشخاص ضعاف البصر حول محيطهم. ويتم تحليل بيانات الليزر المسجلة باستخدام تقنية تجميع البيانات التسلسلي مما يجعل من الممكن اكتشاف العوائق والخطوات والسلالم (الشكل 7). كما يمكن لهذا النظام التمييز بين الأدوات والأشخاص عن طريق استخدام المستشعر البصري. وتقوم المعالجات المدمجة بتحليل معلومات المستشعرات وتنقل السجلات إلى المستخدمين عن طريق اللغة الطبيعية أو الإشارة الصوتية.

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

الشكل 1: سيدة كفيفة تمشي مع الروبوت كدليل مبصر

بالإضافة إلى ذلك، يتم تدريب أنواع أخرى من الروبوتات باستخدام أشياء مختلفة في البيئة الداخلية، حيث يتم إرسال أوامر صوتية إلى الروبوت عبر مساعد جوجل للعثور على الأشياء التي يحتاجها المستخدم. وباستخدام الأوامر الصوتية، يجد الروبوت الهدف والكائن المرجعي، ويوفر للمستخدم بنجاح الموقع النسبي لهذا الهدف (الشكل 8). وتعمل الروبوتات بشكل عام كمساعدين شخصيين للمكفوفين في المساحات الداخلية.



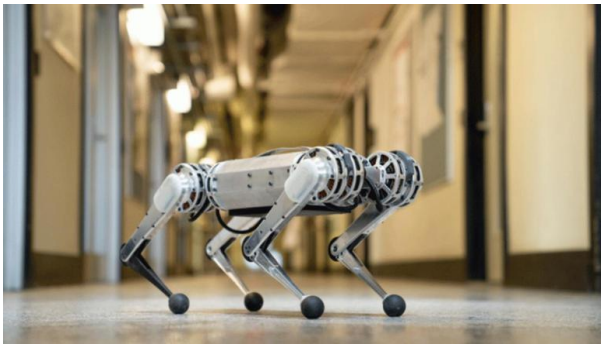
الشكل 2: نموذج تقليدي لعمل نظام الروبوت المساعد لاكتشاف الأشياء عبر الأوامر الصوتية

روبوت الذكاء الاصطناعي المستقل

تم تطوير هذا الروبوت بواسطة جامعة كاليفورنيا (حيوان الشيتا المصغر: دليلك إلى عالم الروبوتات"، 2021) وتُعرف باسم حيوان الشيتا المصغر. ولهذا الروبوت أربعة أرجل وهو مجهز بنظام رسم الخرائط بالليزر وكاميرات وأجهزة استشعار لتوجيه الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية بأمان في الخارج. ويمكن لهذا الروبوت أن يوجه مستخدمه بأمان عبر شوارع صعبة وضيقة وبها العديد من الحواجز تمامًا مثل كلب

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

الإرشاد الحقيقي (الشكل 9). كما يمكنه يمكن أن يرسم أيضًا للمستخدم أقصر طريق متاح مما يقلل من وقت التنقل ويوفر المسار الذي يحتوي على أقل عدد من العوائق.



الشكل 3: حيوان الشيتا المصغر، روبوت الذكاء الاصطناعي المستقل

روبوت التوجيه

يتم استخدام هذا الروبوت في مستشفى كاناجاوا لإعادة التأهيل باليابان بغرض توجيه المرضى ذوي الإعاقة البصرية والمكفوفين. وينتقل هذا الروبوت إلى هدفه بالاعتماد على القوة التي يدفعه بها المستخدم (توبيتا، ساجاياما وأوجاوا، 2017). وفي بيئة خالية من العوائق، مثل المستشفيات، يقوم هذا الروبوت بمرافقة الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية إلى وجهاتهم بأمان. ونتيجة لذلك، فإن معايير تصميم الروبوت تشمل كل من آلية الحركة ذات العجلات والتوطين وتوليد المسار المختار وتجنب العقبات والإعلانات الصوتية وواجهة الإدخال التي لا تعتمد على البصر (الشكل 10).

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

الشكل 4: روبوت إرشادي للمرضى ذوي الإعاقة البصرية والمكفوفين في اليابان

الخاتمة

إن هناك العديد من المشاريع والمصنّعين الذين استكشفوا استخدام الروبوتات لتحل محل الوسائل المساعدة على الحركة الشخصية للمكفوفين أو المساعدين الشخصيين في أعقاب الاتجاه الجديد الناجح لحلول تكنولوجية مختلفة مثل الأجهزة المحمولة يدوياً مثل العصا البيضاء المجهزة برادار وتكنولوجيا تحديد المسارات والمشايات الآلية للمكفوفين المتقدمين في السن من ذوي الصعوبات الحركية. ومع ذلك، ومع التطور الأخير للذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والتكنولوجيا السحابية والجيل الخامس والأنظمة الروبوتية، فقد تم اعتماد توجه جديد من قبل صناع التكنولوجيا لبناء روبوت جديد لديه القدرة على التغلب على التحديات التي تواجه الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية والمكفوفين في حياتهم وأنشطتهم اليومية. إن هذه الأنظمة الروبوتية ذكية للغاية ويمكن تدريبها وتخصيصها لتناسب أفراد معينين أو يمكن استخدامها في مناطق الخدمات العامة مثل المطارات حيث يتنوع المستخدمون وأغراض الاستخدام.

المراجع:

Albogamy, F., Alotaibi, T., Alhawdan, G., & Faisal, M. (n.d.). SRAVIP: Smart Robot Assistant for Visually Impaired Persons. IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(7), 2021. Retrieved September 6, 2021, from www.ijacsa.thesai.org

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

Feng, C., Azenkot, S., & Cakmak, M. (2015). Designing a Robot Guide for Blind People in Indoor Environments. ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 02-05-Marc, 107–108. https://doi.org/10.1145/2701973.2702060

Mini Cheetah - ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. (2021). Retrieved 5 September 2021, from https://robots.ieee.org/robots/minicheetah/

Tobita, K., Sagayama, K., & Ogawa, H. (2017). Examination of a Guidance Robot for Visually Impaired People. Journal Of Robotics and Mechatronics, 29(4), 720-727. doi: 10.20965/jrm. 2017.p0720

Vision impairment and blindness. (2021). Retrieved 5 September 2021, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

الحلول المبتكرة للنفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الملاعب ومناطق المشجعين للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية والمكفوفين

الدانة المهندي[1]
مركز مدى[1]

نبذة

تناقش هذه المقالة كيف يمكن استخدام الحلول المبتكرة في مناطق المشجعين لتسهيل وتحسين التجربة الشاملة للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية والمكفوفين. وستتناول المقالة أولاً كيف يمكن لحلول الإرشاد المكاني أن تساعد الأشخاص ذوي الإعاقة على التنقل عبر مساحات غير مألوفة. كما ستستعرض المقالة ثانيًا الحلول المبتكرة التي تسمح للمعجبين ذوي الإعاقة بالاستمتاع بالمباراة من خلال التغذية الراجعة اللمسية. وستناقش المقالة أخيراً كيف يمكن أن يكون التعليق الصوتي قابلاً للنفاذ بشكل أكبر للمعجبين.

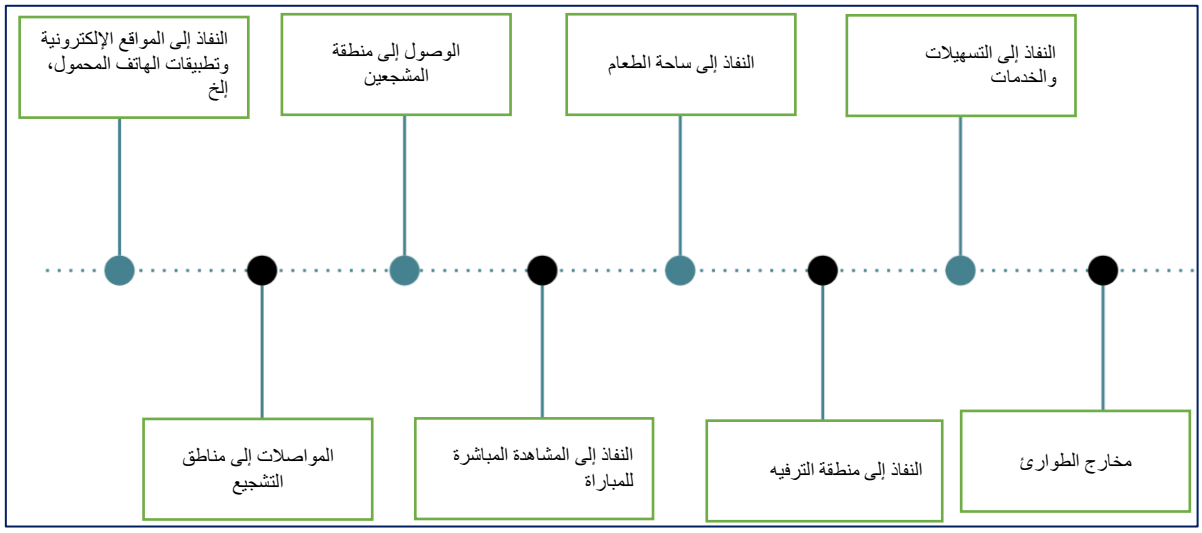
مقدمة

مع اقتراب بطولة كأس العالم 2022 في قطر، يتوقع العديد من المشجعين وجود مناطق معجبين خاصة لمشاهدة المباريات على الهواء مباشرة. ومع ذلك فإنه من الضروري التأكد من أنه سيكون بإمكان المشجعين ذوي الإعاقة والمتقدمين في السن الاستمتاع الكامل بالمباريات الحية في الملاعب وفي مناطق المشجعين هذه. إن الملاعب عبارة عن أماكن كبيرة مسورة مخصصة لمباريات كرة القدم مع سعة جلوس كبيرة للجماهير والمتفرجين (Zetlin 1999). ووفقًا لقانون الأمريكيين ذوي الإعاقة (ADA) لعام 1990 (1990 ADA)، والمبادئ التوجيهية إلى محتوى الويب (WCAG2.1)، يجب أن تمتثل الملاعب المصنفة على أنها قابلة للنفاذ للميزات الرئيسية في الجوانب المادية والرقمية لجميع أنواع الإعاقات.

في حين أن مناطق المشجعين تغطي نطاقًا مختلفًا لمشاهدة المباريات فهي تأخذ في الاعتبار المشجعين الذين لم يتمكنوا من أن يكونوا جزءًا مباشرًا من تجربة الملعب الأصلي لتمكنهم من مشاهدة المباريات الحية جنبًا إلى جنب مع المشجعين الآخرين (El-Sayed 2013). وبالإضافة إلى المشاهدة الحية للمباراة، تشمل مناطق المشجعين مجموعة متنوعة من الأنشطة التي تدعو الجماهير للمشاركة فيها مثل: "العروض الحية والمرطبات والطعام والألعاب والأنشطة الصديقة للأطفال ونقاط تسوق ومناطق لاستضافة الضيوف من الفرق والأنشطة التجريبية "(Rapidretail، 2018). ولكي تكون مناطق المعجبين فعالة وقابلة للنفاذ

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

بشكل كامل من قبل الأشخاص ذوي الإعاقة، يجب تصميمها كرحلة مستخدم كاملة مع مراعاة مدى سهولة الوصول إلى كل نشاط. ويوضح الشكل 1 سير عمل رحلة المستخدم في منطقة المعجبين (Dickson et al ، 2016).



الشكل 1: رحلة المستخدم في منطقة المعجبين

حلول الإرشاد المكاني

يتم تطوير حلول الإرشاد المكاني لتوفير تكنولوجيا المسارات الجغرافية المكانية. حيث أن الدخول في بيئة غير مألوفة يشكل تحديًا ملاحيًا للأشخاص ذوي الإعاقة وخاصة الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية (Balata et al.، 2015). ويتطلب توفير حلول إرشادية فعالة للأشخاص ذوي الإعاقة وجود مكونات مختلفة مثل مساعدة الدليل الصوتي وواجهة مستخدم قابلة للنفاذ ومراعاة العوائق في طريق التنقل. وهذا هو السبب في أنه من الضروري توفير معلومات أساسية وقابلة للنفاذ للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية لتسهيل عملية التنقل في مناطق المعجبين وتعزيز العيش المستقل. ولحسن الحظ، ومع التقدم الحاصل في مجال تكنولوجيا الإرشاد المكاني،أصبح بإمكان المستخدمين ذوي الإعاقة التنقل بسهولة في المساحات الداخلية والخارجية باستخدام هواتفهم الذكية. وتشمل مناطق المشجعين مجموعة متنوعة من المسارات والمعالم التي يجب مشاركتها مع الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية بطريقة قابلة للنفاذ. فعلى سبيل المثال، في بطولة كأس العالم للأندية 2019 في قطر ، تضمنت خريطة موقع منطقة المشجعين التي قدمتها خدمات Alibaba Cloud مجموعة متنوعة من المواقع المحددة كما هو موضح في الشكل (2) مثل غرف الصلاة والرعاية الطبية ومنصات إمكانية النفاذ وحافلات النقل وسيارات الإسعاف ومكتب المعلومات .. إلخ. وقد تتسبب هذه المعالم في ارتباك وإحباط الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية إذا لم يتم عرضها بتنسيق رقمي

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

قابل للنفاذ.

الشكل 2: خريطة منطقة المشجعين لكأس العالم للأندية قطر 2019 - من Alibaba Cloud، 2019

تطبيق لازاريللو للإرشاد المكاني:

في إطار برنامج مدى للابتكار، تم عرض حالات استخدام للترويج للحلول المبتكرة. وكان أحد أهم التحديات التي تم طرحها هو تنفيذ نظام إرشاد مكاني لدعم الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية. وتتمثل القضية في أن هناك موارد قليلة متوفرة لتطوير أنظمة الملاحة الداخلية مما يعني أن معظم الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية غير قادرين على توسيع وظائف نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتشمل المباني مما يتركهم داخلها بدون أي دعم للملاحة. ومن ثم، فقد دعم موقع مدى تطبيق لازاريلو Lazarillo للإرشاد المكاني من خلال مسار المسابقات المختلفة. وفي قمة سيدستارز العالمية 2020 2020 ، منح مركز مدى لازاريلو جائزة مدى لإمكانية النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات 2019 لتعزيز حلول إمكانية النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على المستوى الدولي. لازاريلو هو تطبيق مجاني للهواتف الذكية يوفر دليلًا مستقلاً للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية باستخدام تكنولوجيا منارات البلوتوث.

ويتمتع تطبيق لازاريلو بالعديد من الميزات التي من شأنها تسهيل التجربة الشاملة للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية في مناطق المعجبين مثل:

- التعرف على المواقع الحالية من خلال التعليق الصوتي وتخصيص رحلة الاستكشاف.

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

• البحث عن وجهات مختلفة والحصول على موقع دقيق حول كيفية الوصول إلى هناك.
• التطبيق متاح لأنظمة IOS و Android وبأكثر من 25 لغة.

التعليق المباشر

تُستخدم التغذية الراجعة اللمسية وسماعات الرأس فيل تعليق المباشر لضمان النفاذ المتساوي إلى الأخبار الفورية لمباراة كرة القدم. فمن الصعب أثناء المباراة المباشرة الحصول على وصف صوتي للعبة، وبدلاً من ذلك ، يعتمد المشجعون على استخدام حواس متعددة لمواكبة اللعبة. وعلى هذا النحو، فإنه من الضروري إنشاء محتوى بث مباشر قابل للنفاذ من قبل المعجبين ذوي الإعاقة البصرية. وهناك العديد من الحلول المبتكرة التي تعزز الشمولية في السوق مثل:

تكنولوجيا Footbraille

Footbraille هي تكنولوجيا لمسية تتيح للمستخدمين ذوي الإعاقات البصرية تتبع الموقع الدقيق للكرة من خلال طاولة تعمل باللمس (""Footbraille Digi Merdeka Campaign 2019). وقد تم تصميمها بواسطة Digi و Mojo Films وبالتعاون مع Naga DDB Tribal في ماليزيا في عام 2019. وتستخدم هذه التكنولوجيا برنامجًا مخصصًا يتزامن تلقائيًا مع مباراة كرة القدم للسماح للمستخدمين "بالشعور" بالمباراة (Brohier، 2019). وتسمح Footbraille للمستخدمين بوضع أيديهم على جهاز مصغر يشبه ملعب كرة القدم. وأثناء اللعبة، تتحرك الكرة الصغيرة بالتزامن مع حركة الكرة في المباراة ، وبالتالي يمكن للجماهير تتبع اللعبة بسهولة. يجري الآن تطوير هذه التكنولوجيا كنموذج أولي وقد تم إطلاقها في الأحداث الرياضية في ماليزيا. وفي مرحلة التطوير القادمة، تهدف Footbraille إلى مزامنة المباريات على الفور مع المباريات الحية ومقاطع الفيديو التدريبية (Brohier، 2019).

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

الشكل 3: تجربة المستخدم في Footbraille، (Brohier, 2019)

المباراة القابلة للنفاذ

تتطلب عملية متابعة مباراة رياضية استخدام الشخص لحواس مختلفة، كما أنه من المهم بالنسبة للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية التأكد من أن المعلومات المنقولة دقيقة. ولتوفير تجربة شاملة، يجب أن يتضمن التعليق على المباريات الحية ما يلي:

- **مساعدات سماعات الرأس:** يمكن للضوضاء في مناطق المشجعين أن تشتت انتباه المتابعين من ذوي الإعاقة البصرية عن الاستماع إلى المعلومات القابلة للنفاذ، ولهذا السبب يمكن لمناطق المعجبين تعزيز الشمولية من خلال تقديم سماعات الرأس للمشجعين. ومن أبرز الأمثلة على الحلول المبتكرة في هذا المجال نذكر سماعات رأس Unite من شركة Beyerdynamic. وتسمح سماعات الرأس هذه بمشاركة متساوية للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية في متابعة المباراة. وتتمتع سماعات الرأس Unite بميزات مختلفة (Beyerdynamic، 2021) مثل:
  - نطاق تشغيل عريض وصوت مرتفع يمكن تعديله بشكل فردي.
  - يمكن استخدام المعلقون والشاشات المشتركة.
  - تقوم أجهزة الإرسال بموازنة الأصوات ذات الحجم المتفاوت أو تحجب ضوضاء الخلفية المزعجة.
  - ترسل السماعات إشارات تصل إلى 300 متر في المجال الحر.
  - يمكن للسماعات نقل اللغات الأجنبية ودعم السمع لمن يعانون من ضعف السمع.

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

• **تعليق وصفي صوتي: إن** التعليق الوصفي الصوتي هو عبارة عن مجموعة فريدة من الخدمات التي توفر للجماهير وصفًا وافياً للمباراة. ويمكن للمشجعين المكفوفين وضعاف البصر أن يفوتوا أبرز الأحداث المهمة في المباراة أثناء منطقة المشجعين بسبب معلومات منقوصة. ووفقًا لمركز النفاذ إلى كرة القدم في أوروبا "يوفر المعلق المدرب بشكل خاص سردًا إضافيًا يصف جميع المعلومات المرئية المهمة مثل لغة الجسد وتعبيرات الوجه والمشهد والحركة والملابس والألوان وأي شيء آخر مهم لوصف الصورة أو المكان أو المباراة أو الحدث أو الجو المحيط. ويجب أثناء المباراة أن يصف المعلق التحركات على أرض الملعب بدلاً من الحديث عن الإحصائيات أو التكتيكات أو تقديم ملخصات مطولة لتحركات سابقة"". ("حول التعليق الوصفي الصوتي" ، بدون تاريخ).

الخاتمة

بشكل عام، من الواضح أن العديد من المبادرات تعالج الفجوة في تجربة الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية في الملاعب ومناطق المشجعين. وسيستطيع المزيد من المشجعين من خلال الحلول الرقمية المبتكرة والتكنولوجيا المساعدة الاستمتاع بتجربة مباراة كرة القدم بشكل كامل. ومع ذلك، فإن التحدي الآن هو التنفيذ الكامل للحلول المبتكرة في الملاعب ومناطق المشجعين على نطاق أوسع بحيث يتم توفيرها في جميع الملاعب.

المراجع

About Audio-Descriptive Commentary. Centre for Access to Football in Europe. Retrieved 1 September 2021, from https://www.cafefootball.eu/what-is-adc

Americans With Disabilities Act of 1990, Pub. L. No. 101-336, § 1, 104 Stat. 328 (1990).

Balata J., Mikovec Z., Maly I. (2015) Navigation Problems in Blind-to-Blind Pedestrians Tele-assistance Navigation. In: Abascal J., Barbosa S., Fetter M., Gross T., Palanque P., Winckler M. (eds) Human-Computer Interaction – INTERACT 2015. INTERACT 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9296. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22701-6_8

Beyerdynamic. (2021). Unite Blind Coverage. North-america.beyerdynamic.com. Retrieved 9 September 2021, from https://north-america.beyerdynamic.com/unite-blind-coverage.html

Brohier, M. (2019). Digi Introduces Footbraille Prototype That Enables The Visually Impaired To Experience Football. Stuff.TV. Retrieved 1 September 2021, from https://www.stuff.tv/my/news/digi-introduces-footbraille-prototype-enables-visually-impaired-experience-football

Dickson, T., Darcy, S., Johns, R., & Pentifallo, C. (2016). Inclusive by design: transformative services and sport-

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

event accessibility. The Service Industries Journal, 36(11-12), 532-555. https://doi.org/10.1080/02642069.2016.1255728

El-Sayed, Walaa Yoseph (2013) "ANALYZING FAN ZONES HIERARCHY IN THE CITY AT FOOTBALL MEGA EVENT; APPLI ANALYZING FAN ZONES HIERARCHY IN THE CITY AT FOOTBALL MEGA EVENT; APPLIED STUDY: BORG EL ARAB STADIUM, ALEXANDRIA, EGYPT," Architecture and Planning Journal (APJ): Vol. 22 : Iss. 1 , Article 9.

Footbraille Digi Merdeka Campaign 2019. Expedio Design. (2019). Retrieved 1 September 2021, from https://www.expediodesign.com/portfolio-footbraille

Club World Cup Qatar 2019 Fan Zone - Presented by Alibaba Cloud. (2019). [Ebook] (p. 3). Retrieved 1 September 2021, from https://www.iloveqatar.net/public/images/local/Fanzone-Guide_EN_New_V49.pdf

Rapidretail. (2018). What is a fan zone and why are so many sports clubs investing in them? - Rapid Retail. Rapid Retail. Retrieved 8 September 2021, from https://rapidretail.co.uk/fan-zone-many-sports-clubs-investing/

Web Content Accessibility Guidelines 2.0, W3C World Wide Web Consortium Recommendation 08 November 2021 (https://www.w3.org/TR/YYYY/REC-WCAG21-YYYYMMDD/, Latest version at https://www.w3.org/TR/WCAG21/)

Zetlin, L. (1999). Stadium | architecture. Encyclopedia Britannica. Retrieved 8 September 2021, from https://www.britannica.com/technology/stadium.

نفاذ© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0