

WAACT - Widget Augmentative and Alternative Communication Toolkit

Gonçalo Fontes¹, Salvador Abreu²,

¹ LabSI⁽²⁾ – ESTIG, Instituto Politecnico de Beja, Portugal
goncalo.fontes@ipbeja.pt

² Universidade de Évora e CENTRIA FCT/UNL, Portugal
spa@di.uevora.pt

Sumário. Neste artigo descreve-se uma proposta de implementação de uma plataforma de desenvolvimento de sistemas de Comunicação Aumentativa e Alternativa para programadores, com o objectivo de melhorar a produtividade e diminuir os tempos dispendidos na implementação deste tipo de soluções. Esta proposta assenta numa estrutura composta por widgets configuráveis por código, integráveis em novas aplicações, numa filosofia de reaproveitamento de objectos e funcionalidades. Esta plataforma pretende ainda dar flexibilidade aos programadores, através da possibilidade de introdução de novas funcionalidades e widgets. A implementação em tecnologias open source independentes da plataforma, permitirá utilizar os objectos deste toolkit em vários sistemas operativos.

Abstract. In this article we describe an implementation proposal for an Augmentative and Alternative Communication Framework for developers, with the objective of improves the productivity and reduces the implementation times for these types of solutions. This proposal is based on a customized widgets structure that can be integrated in new applications, with the objective of reuse common features of these applications. This framework intends to provide flexibility to programmers giving them the possibility of introduce new functionalities and widgets. The implementation based on open-source technologies, platform independent, allows the use of this toolkit in several different operating systems.

Palavras-chave: Framework, ToolKit, Comunicação Aumentativa e Alternativa, Pessoas com necessidades especiais, Tecnologias de Apoio.

1 Introdução

A comunicação é uma prática e uma necessidade fundamental para todos os seres humanos. No entanto, por diversos motivos, muitos de nós sofrem de condições físicas que tornam a comunicação tradicional difícil ou até mesmo impossível.

Certas perturbações sensoriais, cognitivas ou motoras podem comprometer total ou parcialmente as capacidades comunicativas humanas. As estimativas apontam para que cerca de 10% da população mundial seja portadora de um qualquer tipo de

deficiência, sendo que nesse grupo, uma percentagem bastante significativa é afectada por deficiências ao nível da comunicação [1].

Nestas circunstâncias pode-se recorrer à Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA).

Segundo a American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), esta área de prática clínica tenta compensar de forma temporária ou permanente incapacidades de comunicação por parte de pessoas com dificuldades ao nível da fala ou escrita [2]. Ainda segundo a ASHA um sistema de CAA é, “um grupo integrado de componentes, incluindo símbolos, ajudas, estratégias e técnicas usadas por indivíduos para melhorar a comunicação” [1].

Os sistemas de informação e as tecnologias actuais podem ser um importante auxílio para os sistemas de CAA, tendo sido desenvolvidos nos últimos anos esforços nesse sentido com o desenvolvimento e a implementação de diversas soluções. No entanto, grande parte das soluções até agora desenvolvidas, não tem em consideração qualquer integração com outros sistemas, não sendo assim aproveitado o trabalho já desenvolvido e o conhecimento já adquirido de forma a fazer mais e melhor.

No desenvolvimento de soluções deste tipo, é importante a incorporação de todo o discurso existente, vocalizações, gestos e sempre que necessário o recurso a elementos externos de apoio à comunicação (e.g. tabela com letras e frases). Neste sentido têm vindo a ser desenvolvidos diversos sistemas tecnológicos que auxiliam a composição e transmissão de mensagens escritas ou faladas.

O Laboratório de Sistemas de Informação e Interactividade (LabSI²), em conjunto com o Centro de Paralisia Cerebral de Beja (CPCB) e o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores Investigação e Desenvolvimento em Lisboa (INESC-ID), têm vindo a desenvolver algumas ferramentas de apoio à CAA, entre as quais se destaca o “Eugénio – O Génio das Palavras” [3].

Este sistema é uma ferramenta de apoio à escrita de textos em Português Europeu que recorre a modelos estatísticos baseados em n-gramas[4] para sugerir um conjunto de palavras prováveis na sequência do texto já escrito. O Eugénio funciona no ambiente MS Windows e apoia a escrita de mensagens em qualquer aplicação deste sistema operativo.

Para pessoas incapacitadas de utilizar um teclado de computador, o sistema dispõe de um teclado de ecrã¹. A selecção destes elementos pode ser efectuada através de métodos de acesso directo que utilizam, por exemplo, um dispositivo de ponteiro (e.g. rato, caneta, luva virtual, entre outros.), ou métodos de acesso indirecto que recorrem apenas a um ou dois interruptores. Para o reforço da interacção com o utilizador foi incorporado no sistema um agente de interface e um sintetizador de fala, podendo estes componentes da interface do sistema ser adaptados às necessidades particulares de cada pessoa.

No desenvolvimento de outros sistemas de apoio à CAA, como é o caso do Caderno Escolar – Electrónico (CE-e)[5] tem-se verificado a necessidade de reutilização de componentes de software já desenvolvidos para outros sistemas. Por

¹ Componente que apresenta uma matriz contendo os vários caracteres disponíveis para a composição de mensagens.

exemplo, no CE-e, que pretende ser uma alternativa digital aos tradicionais cadernos de papel para alunos com necessidades especiais, verificou-se a utilidade de incorporação de algumas funcionalidades já desenvolvidas para o Eugénio, como a predição de palavras ou o teclado de ecrã. Além disso, se estas ferramentas adoptarem uma estrutura modular que facilite a substituição dos seus componentes, então poder-se-ão experimentar e avaliar de forma mais eficaz novas abordagens a determinadas técnicas de CAA, como é o caso da predição de palavras.

Contudo, a integração de componentes entre as duas aplicações anteriormente descritas não é tarefa fácil, visto que tais sistemas não foram desenvolvidos de forma modular e nem sequer na mesma tecnologia.

Neste contexto, este artigo propõe uma plataforma de desenvolvimento transversal ao sistema operativo que permita a reutilização de componentes de software, numa linguagem multiparadigma e de uso geral.

A nossa solução, que se encontra neste momento em desenvolvimento, é implementada numa arquitectura modular que permite a reutilização de variados widgets ou a criação de novos componentes, podendo estes ser usados isoladamente, num novo projecto ou ainda integrados num projecto existente. Devido ainda ao middleware utilizado e a um módulo de gestão de eventos criado, garantimos total liberdade na compilação e execução dos projectos para os sistemas operativos mais comuns do mercado.

Por fim, devido ao facto das tecnologias utilizadas serem abrangidas pelo licenciamento LGPL, é-nos garantida total liberdade no desenvolvimento e disponibilização dos componentes.

De forma a introduzir o trabalho até agora desenvolvido, na secção 2 apresentamos uma revisão do estado da arte, sendo na secção 3 apresentado e descrito o sistema. Na secção 4 será explicada a avaliação e o trabalho relacionado, e por fim, na secção 5, concluímos e propomos direcções para trabalho futuro.

2 Estado da Arte

É comum, no que diz respeito às tecnologias de informação, que no desenvolvimento de um software ou sistema, o público portador de um qualquer tipo de deficiência cognitiva ou motora, acabe por não ser contemplado pelos requisitos das várias fases do projecto. Duas das razões para esta situação prendem-se com a especificidade que os sistemas devem ter neste tipo de casos e a variedade de situações entre cada utilizador e o seu estado.

No entanto, o desenvolvimento de software de apoio à CAA é imprescindível para as pessoas que conseguiram ganhar parcial ou total autonomia graças as tecnologias, bem como para futuros utilizadores.

2.1 Comunicação Aumentativa e Alternativa

Um dos principais objectivos desta área, é fornecer a ajuda necessárias as pessoas incapazes de satisfazer as suas necessidades diárias de comunicação através de meios convencionais.

Ao contrário do que normalmente é sugerido, a Comunicação Aumentativa e Alternativa abrange todas as formas de comunicação, não sendo esta apenas um exclusivo da forma oral, sendo assim usada para a expressão de pensamentos, necessidades, vontades ou ideias. Todos usamos CAA, mesmo que inconscientemente, quando fazemos expressões faciais ou gestos, usamos símbolos ou imagens, ou ainda quando escrevemos. Todas estas utilizações de CAA permitem-nos usufruir de uma prática fundamental, a comunicação.

As pessoas com graves dificuldades ao nível da fala ou expressão têm nestes métodos de comunicação, uma forma de complementar o seu discurso existente, ou, se este for inexistente, uma forma de o substituir. Para se exprimir, estas pessoas dispõem de diversas ajudas aumentativas, como os quadros de comunicação por imagens ou símbolos, ou ainda equipamentos electrónicos, no entanto, mesmo com este tipo ajudas, é importante que os seus utilizadores nunca deixem de se exprimir de uma forma natural, se o conseguirem, devendo estes métodos ou mecanismos ser apenas uma melhoria na sua comunicação.

Contudo, se estas ajudas permitem uma melhoria significativa da comunicação dos seus utilizadores, estas também apresentam alguns problemas, tais como o facto de a sua utilização ser bastante lenta comparativamente com os métodos de expressão mais utilizados, a fala ou escrita. Este é um dos principais problemas ligados ao desenvolvimento de soluções de auxílio a comunicação, sendo que os dois valores mais importantes expressados por pessoas que utilizam este tipo de sistemas são: (i) Dizer exactamente o que querem dizer; (ii) Dizê-lo o mais depressa que consigam [6].

2.2 Software de apoio a CAA

A introdução dos sistemas de informação e das tecnologias actuais vieram melhorar significativamente a eficácia dos sistemas de CAA.

Como já foi referido, ao logo dos últimos anos têm sido desenvolvidos muitos esforços da construção de soluções tecnológicas com o intuito de auxiliar os utilizadores com dificuldades comunicativas.

A grande maioria dos softwares de CAA desenvolvidos tem por base, de uma forma ou de outra, um teclado de ecrã, tanto na sua forma tradicional funcionando nos tradicionais computadores de secretária ou portáteis, como em interfaces físicas adaptadas (dispositivos do tipo “handheld”), sendo os mesmos utilizados para a obtenção de frases, podendo estas ser formadas por letras, palavras ou por sequências de símbolos pictóricos. Um exemplo deste tipo de sistemas é o Eugénio (Fig. 1.) [3]. Esta ferramenta que dispõe de uma funcionalidade de predição recorre a modelos estatísticos baseados em n-gramas[4] para sugerir um conjunto de palavras prováveis na sequência do texto.

constituir a grande maioria do que é dito em comunicações normais. Com algumas centenas de palavras uma pessoa pode dizer cerca de 80% de tudo o que é necessário em comunicações diárias [8].

Este é um sistema de utilização simples que recorre a símbolos pictóricos para identificar palavras, que conjugadas entre si permitem formar as frases que o utilizador pretende comunicar.

Assim, o utilizador apenas precisa de seleccionar as imagens representativas do que este pretende transmitir a outro interveniente, tendo a vantagem de num único click poder transmitir uma palavra, frase ou ideia.

Devido em grande parte a sua simplicidade, estes sistemas de símbolos ganharam grande popularidade em vários países, sendo usados com grande sucesso por pessoas portadoras de paralisia cerebral [9][10].

Contudo, o Talkactive também possui claras desvantagens, como o facto de, devido a sua extensão, não ser possível disponibilizar num único ecrã todo o vocabulário de utilização diária ou de não estar disponível em português.

No entanto, à semelhança do que se passa com o Eugénio esta aplicação também é composta por diversos componentes distintos, tais como o teclado, o corpus de símbolos pictóricos e um editor de texto, que poderiam por sua vez também ser de grande utilidade em aplicações do mesmo género.

Por outro lado, estes dois sistemas acabam por se revelar bastante semelhantes ao nível da sua estrutura gráfica, bem como, ao nível de algumas das suas funcionalidades, sendo ambos baseados numa grelha de teclas permitindo a escrita de palavras e frases.

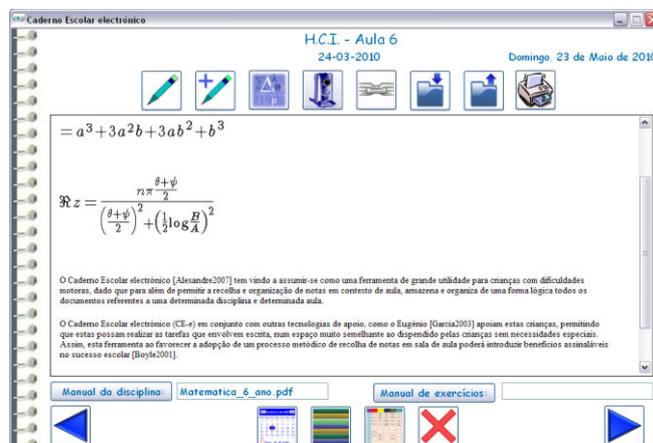


Fig. 2. Interface principal do notetaking do CE-e, apresentando a inserção de texto e de formulas matemáticas.

Outro software de apoio a pessoas com necessidades especiais, mas desta vez essencialmente direccionado para estudantes, é o Caderno Escolar electrónico (CE-e) [5]. Este sistema que pretende ser um substituto dos tradicionais cadernos escolares em papel, disponibiliza aos seus utilizadores uma interface e variadas funcionalidades de notetaking organizado, permitindo a escrita de texto, inserção de imagens e

hiperligações, upload de ficheiros e aplicação de fórmulas matemáticas, entre outras (Fig. 2.).

No entanto, ao contrário dos sistemas anteriores este não possui qualquer ferramenta de apoio ou aceleração da escrita, como o preditor de palavras, o teclado de ecrã com varrimento ou ainda a grelha de símbolos pictóricos, ferramentas estas, de grande importância para aumento da produtividade deste tipo de utilizadores.

2.3 Sistemas com Paradigmas Semelhantes

A ideia da criação de uma plataforma de auxílio ao desenvolvimento de aplicações de CAA não é propriamente nova, tendo sido nos anos 90 desenvolvidos esforços nesse sentido por parte do Consórcio Comspec. Este consórcio que reuniu uma equipa multidisciplinar constituída por educadores, engenheiros e programadores provenientes de diversos países europeus [11] tinha por objectivo a criação de uma plataforma que permitisse plena transversalidade entre quatro tipos de utilizadores (programadores, integradores de sistema, facilitadores e utilizadores finais).

Contudo, devido a necessidade de garantir o cumprimento dos requisitos necessários a todos estes utilizadores, acabaram por serem impostas grandes limitações na interface bem como na configuração de componentes, o que levou ao esquecimento do projecto, alguns anos mais tarde.

O projecto Ulysses tentou ser um pouco menos ambicioso que o Comspec tendo sido definidos apenas três tipos de utilizadores principais (programadores, integradores e utilizadores finais), no entanto o desenvolvimento do sistema acabou por não conhecer grandes avanços, tendo acabado por ser abandonado [14].

3 Apresentação e Descrição do Sistema

Como foi dito na secção 2, a maior parte dos sistemas de apoio à CAA foram desenvolvidos de forma monolítica, sendo a sua implementação, a sua alteração ou integração noutros sistemas bastante difícil.

Este problema acaba por ter diversas origens, tais como o desenvolvimento de aplicações proprietárias, a falta de estrutura para reaproveitamento de código, ou ainda, a utilização em diferentes estruturas ou linguagens durante a sua implementação. São estes os problemas que este projecto pretende resolver.

Para isso, encontra-se em fase de estudo e codificação uma plataforma de desenvolvimento para programadores, denominada de Widget Augmentative and Alternative Communication Toolkit (WAACT), que lhes permitirá criar projectos de ferramentas de CAA, utilizando uma variedade de componentes gráficos predefinidos e configuráveis comuns neste tipo de aplicações, permitindo assim aumentar a produtividade no desenvolvimento, bem como experimentar e avaliar novas abordagens a estas aplicações durante a investigação.

3.1 Framework ou Toolkit

Analisando as suas características e estrutura podemos classificar esta ferramenta como Toolkit ou como Framework.

Existem varias definições para ambas as estruturas entre as quais se destaca, para os Frameworks, a de Ralph E. Johnson que diz que estes “são a reutilização da totalidade ou de parte do desenho de um sistema que é representado por um conjunto de classes abstractas e pela forma como as suas instâncias interagem”[13].

Ainda o mesmo autor diz que “um Framework é um esqueleto de uma aplicação que pode ser configurada por um programador”.

Assim, quando se utiliza um Framework o corpo da aplicação está implementado, permitindo a sua reutilização, devendo apenas ser particularizadas as chamadas às funções, o que reduz significativamente as decisões de concepção, ao contrário do que é feito em sistemas como os Toolkits ou livrarias partilhadas(*dll's*), em que é codificado o corpo das aplicações e apenas se faz a chamada ao código que se quer reutilizar [14].

Não sendo as duas definições anteriormente descritas semelhantes, também não são contraditórias, acabando até por se completar uma a outra. Enquanto a primeira define a estrutura de um Framework a segunda define o seu objectivo.

O WAACT pode assim ser considerado um Toolkit com características de Framework.

3.2 Análise e Decisões

Durante a análise deste projecto foram surgindo diversas questões, tais como, a quem seria o sistema disponibilizado e quem o poderia desenvolver.

Assim, como o principal objectivo é a uniformização da estrutura das aplicações em questão bem como a reutilização de componentes já desenvolvidos e validados, verificou-se que a melhor forma de atingir esse objectivo seria através da participação no desenvolvimento de todos aqueles que utilizarão o sistema. Para isso, foram escolhidas ferramentas e linguagens de uso geral e abrangidos por licenciamento aberto, permitindo a utilização e possível desenvolvimento de todos.

Contudo, o uso de sistemas Open Source não era de todo suficiente, tendo em conta que a maior parte dos profissionais destas áreas acabam por trabalhar em sistemas e softwares proprietários, tendo sido assim necessário a utilização de tecnologias multi-plataforma, bem como a criação de uma estrutura modular que permita um desenvolvimento contínuo e flexível.

O desenvolvimento do WAACT é feito em C++ e apoiado na User Interface Framework, QT [15], o que permite resolver alguns dos problemas atrás referidos.

Por outro lado, a necessidade de garantir a gestão dos eventos enviados por equipamentos de Input (podendo estes ser ratos, teclados, interruptores, entre outros.), processando-os e, se necessário, enviando-os para algum equipamento de Output, originou a criação de uma interface Event Manager que tem por missão tornar os módulos independentes dos eventos, permitindo o isolamento de cada Widget, podendo estes ser desenvolvidos com total independência uns dos outros (Fig. 3.).

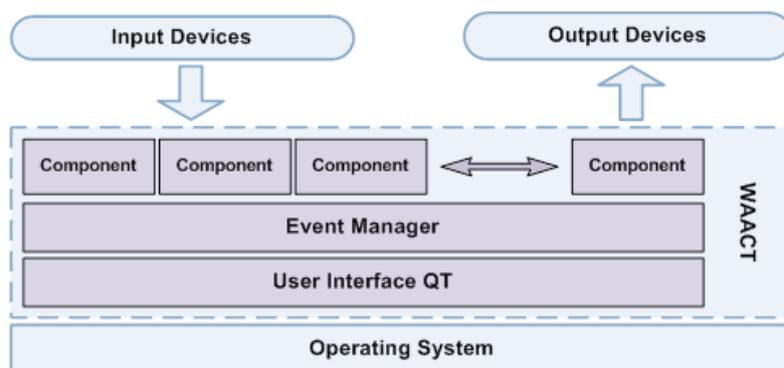


Fig. 3. Estrutura de implementação do WAACT

Sendo o QT também desenvolvido em C++, este middleware permite uma grande liberdade e interoperabilidade entre sistemas operativos, podendo assim ser desenvolvidas aplicações para as diversas plataformas existentes no mercado, com recurso à versatilidade que o paradigma da programação orientada a objectos oferece.

Assim, as aplicações desenvolvidas não só podem ser implementadas com recurso às bibliotecas standard do C++ como podem ser programadas com recurso às bibliotecas específicas do QT.

O QT dispõe ainda de um mecanismo de SLOTS e SIGNALS que se podem definir como uma alternativa às técnicas de callback. Estas são as funcionalidades centrais deste sistema e o maior aspecto diferenciador de outros Frameworks. Esta funcionalidade permite ligar funções a eventos, ou funções a outras funções, o que permite despoletar acções em qualquer tipo de evento predefinido ou em qualquer evento programado.

3.3 Utilização

Como já foi dito, foi necessária a utilização de um middleware que fosse multi-plataforma, de forma a não restringir a utilização de software desenvolvido a um determinado sistema, tendo sido o QT a plataforma escolhida.

Esta escolha permite alguma flexibilidade ao programador, pois como também já foi referido, este poderá desenvolver utilizando varias tecnologias. Contudo, pensamos ser importante proporcionar aos utilizadores do WAACT uma metodologia de implementação mais direccionada e que não obrigue a utilização de todas as tecnologias disponíveis na plataforma.

Assim, numa óptica de programação orientada a objectos, foram criadas, para além dos widgets, funções que permitissem absorver as bibliotecas do QT, para que o programador apenas programe em C++ com recurso ao WAACT, libertando o utilizador de mais uma tecnologia.

Exemplo de código na programação do WAACT

```
W_KeyboardKey *k = new W_KeyboardKey();
```

```

k->keySized("B", "b", 50, 50);
W_TextPad *t = new W_TextPad();
t->textPad();
EventManager *e = new EventManager();
e->clickedKeyToTextpad(k, t);

```

4 Avaliação e Trabalho Relacionado

Numa primeira fase do projecto, foi importante avaliar a real mais-valia que poderia ser proporcionada por um toolkit deste tipo no desenvolvimento de software específico.

Normalmente este tipo de avaliação é feita numa fase final de implementação, no entanto, sentimos a necessidade de validar as escolhas e caminhos percorridos, tendo-nos então decido a implementar algumas ferramentas já desenvolvidas noutras tecnologias de forma a daí tirar algumas ilações.

Uma dessas ferramentas foi o CE-e, da qual implementamos um protótipo bastante simples que apenas dispunha das principais funcionalidades de notetaking.

Para além, da portabilidade entre vários sistemas operativos, tendo este protótipo sido compilado, executado e testado em Sistemas Microsoft e Linux (Fig. 4.); este teste demonstrou-nos que estas aplicações poderiam ser implementadas com um relativo baixo esforço de programação, desde que os widgets pretendidos estejam disponíveis no WAACT. Verificamos assim, que com poucas linhas de código, poderemos obter uma aplicação gráfica, mesmo que rudimentar, mas funcional.

Como já foi referido anteriormente, este projecto assentou no pressuposto da reutilização de componentes existentes noutras aplicações, bem como no teste de novas abordagens de integração dos mesmos, tendo sido introduzido no nosso protótipo um teclado de ecrã bastante semelhante ao do Eugénio (Fig. 4.).

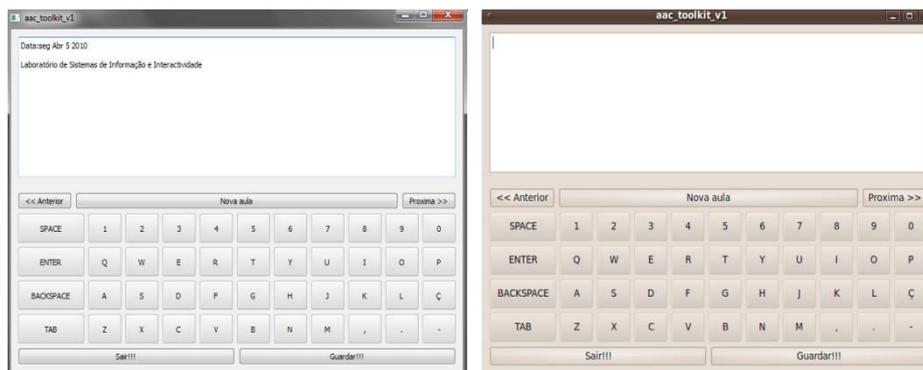


Fig. 4. Protótipo de uma aplicação desenvolvida pelo WAACT em ambiente Windows e Linux

Neste caso fizemos a integração de um teclado QWERTY (disposição adoptada pelos países ocidentais), no entanto, poderão ser utilizados ou criados outros, sendo

que, o WAACT está preparado para qualquer disposição de teclas, podendo inclusivamente ser criado um teclado de raiz.

Baseado no protótipo anterior, a integração de um teclado virtual, que é um componente comum e bastante utilizado, necessitou apenas do registo de mais duas linhas, no código já implementado.

Assim, com base nestes dados, verificamos que desde que alguns dos componentes necessários ao desenvolvimento de determinada aplicação estejam implementados no WAACT, o aumento de produtividade e eficiência é visível no desenvolvimento de soluções deste tipo.

Por outro lado, é possível garantir flexibilidade para a investigação, podendo ser integrados ou trocados diversos componentes, ou ainda para o desenvolvimento, podendo ser avaliadas novas perspectivas por parte do programador.

5 Conclusões e Trabalho Futuro

Neste artigo propusemos e descrevemos o WAACT e qual o seu objectivo, passando ainda pelas necessidades existentes ao nível de softwares CAA bem como pela história dos mesmos.

Como já foi referido este é um trabalho que se encontra em curso, estando ainda muito do desenvolvimento por efectuar, no entanto, o actual estado permite-mos verificar uma necessidade crescente na existência de uma plataforma com as características apresentadas pelo WAACT.

Actualmente dispomos de variados widgets implementados, tais como, teclados de ecrã e seus componentes, caixas rich text, botões gerais e específicos, entre outros.

Para além dos widgets propostos dispomos ainda de um módulo chamado de Event Manager que gere os eventos de input, processando-os e despoletando um evento de output, caso seja esse o objectivo, permitindo ainda o desenvolvimento de componentes dependentes ou independentes dos já existentes.

Contudo, este é um trabalho que deve ser contínuo e atento às necessidades nas áreas de CAA, devendo ainda ser implementados vários componentes que permitam completar, pelo menos para já, o leque das necessidades actuais.

Pretendemos ainda, numa fase mais avançada, disponibilizar o WAACT em regime de “Open Source”, bem como uma documentação adequada que permita uma fácil utilização e expansão por parte dos programadores.

No entanto, nesta fase, podemos desde já validar o QT como uma escolha bem sucedida no que diz respeito as questões de portabilidade, bem como, no que diz respeito a qualidade gráfica fornecida no desenvolvimento de aplicações.

Agradecimentos

Nesta secção, gostaríamos de agradecer a colaboração do corpo docente do Instituto Politécnico de Beja afecto ao Laboratório de Sistemas de Informação e Interactividade (LabSI²), pelo contributo e ideias dadas para esta plataforma.

Referencias

1. Universidade de Aveiro – Biblioteca digital, <http://portal.ua.pt/bibliotecad>
2. Scvcik, R., Ronski. M.: Aac: More than three decades of growth and development. The ASHA Leader (2000)
3. Garcia, L.: Concepção, Implementação e Teste de um Sistema de Apoio à Comunicação Aumentativa e Alternativa para o Português Europeu. Master Thesis, Instituto Superior Técnico (2003)
4. Brown, P. F., Pietra, V. : Class-Based n-gram Models of Natural Language. Association for Computational Linguistics. Volume 18, Number 4 (1992)
5. Alexandre, L., Garcia, L., Bruno, L.: Development of an Electronic Scholar Notebook for Students with Special Needs. DSAI2007 - Vila Real (2007)
6. AAC Institute, <http://www.aac institute.org>
7. Sensory Software International, Lda., <http://www.sensorysoftware.com/Talkative.html>
8. Vanderheiden, G. C., Kelso, D. P.: Comparative Analysis of Fixed-Vocabulary Communication Acceleration Techniques. AAC Augmentative and Alternative Communication, 3, 192--206 (1987)
9. Besio, S., Ferlino L.: Blissymbolics Software Worldwide: from Prototypes towards Future Optimized Products. In Proceedings of the 2nd ECART Conference (1993)
10. Schlosser, R. W., Koul, R., Raghavendra, P., Lloyd, L. L.: State-of-the-Art in Blissymbolics Research: Implications for Practice. In Proceedings of the 6th ISAAC Conference, 121--123 (1994)
11. Lundälv, M.: Comspec - The Advent of an Integrated Modular Communication System. Proceedings of the Future Integrated Solutions Conference, ACE Centre, Oxford (1994)
12. Kouroupetroglou, G., Pino, A.: A New Generation of Communication Aids under the ULYSSES Component-Based Framework. The 5th International ACM SIGCAPH Conference on Assistive Technologies (2002)
13. Johnson, R. E.: Components, Frameworks, Patterns. Communications of the ACM (1997)
14. Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. M.: Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley (1994)
15. Nokia QT – Cross Platform Application and UI Framework, <http://qt.nokia.com>