

*Nicola.Tomatis@epfl.ch,
Ralph.Piguet@epfl.ch & Team Robotics*

*EPFL
Faculté des sciences et techniques de l'ingénieur
Laboratoire de systèmes autonomes 1*

Ordinateurs à Roulettes, ou l'Etat de l'Art de la Robotique Mobile

Robotics: l'Exposition

Qui n'a jamais entendu parler de *Robotics*? Mais oui, *Robotics*, l'exposition qui, dans le cadre d'Expo.02, donne l'occasion aux visiteurs d'interagir avec des robots qui servent de guides. Cette exposition fait partie de la thématique *nature et artifice* de l'Arteplage de Neuchâtel. Le message-clé réside dans le rapprochement entre les robots et les humains qui est tangible avec les thèmes: robotique industrielle, robotique personnelle et robotique **cyborg** présentée à travers *Robotics*.

Point fort de l'exposition, les quelque dix robots vont à la rencontre des visiteurs et les invitent à les suivre. Bougeant, chantant, clignotant, grimaçant, ces étranges machines donnent des explications sur l'exposition en français, al-

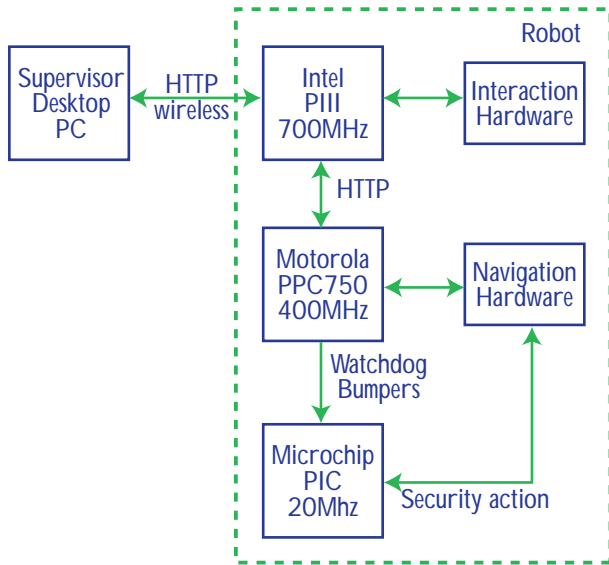
lemand, italien ou anglais. Baptisés RoboX, les guides de *Robotics* ont été développés par le *Laboratoire de Systèmes Autonomes* de l'EPFL et produits par la start-up *BlueBotics SA*. Ils connaissent précisément leur position à chaque instant, ils évitent les obstacles, renseignent les visiteurs, interagissent avec eux en les suivant des yeux et en utilisant des expressions de leur visage, et permettent aux visiteurs de répondre à leurs questions grâce à leurs boutons lumineux.

RoboX: l'Ordinateur Mobile

RoboX a un système de contrôle complexe comprenant une carte Intel Pentium III à 700 MHz, une carte Motorola PowerPC 750 à 400 MHz et un microcontrôleur PIC à



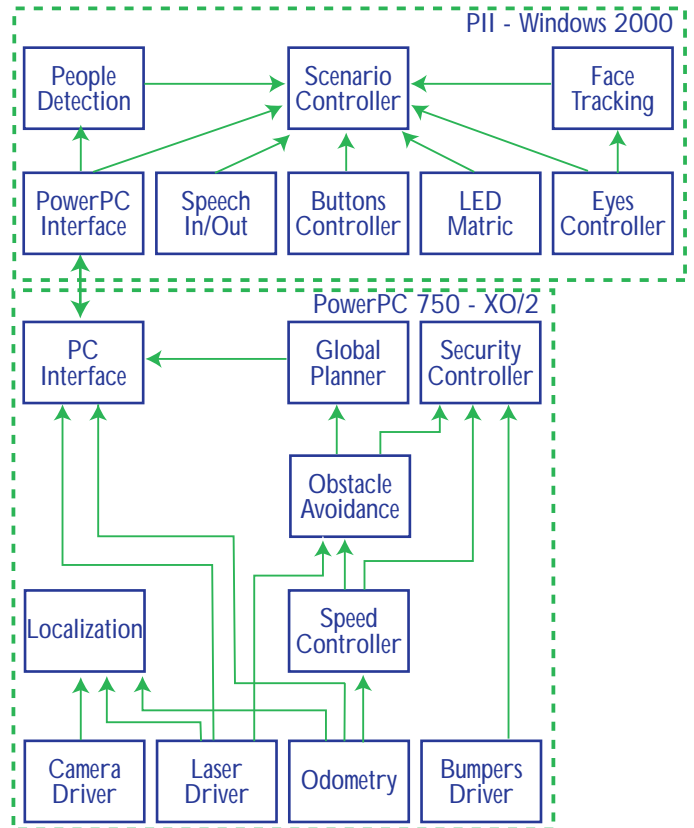
20 MHz. Il est complètement autonome dans ses fonctions de navigation et d'interaction. Une connexion wireless avec un PC de supervision est utilisée pour visualiser son état depuis l'extérieur.



Le processeur Intel est chargé du contrôle de l'interaction. Au cœur de ce système il y a le contrôleur de scénario qui gère tous les composants du robot en permettant de créer des séquences complexes. Dans le cadre de *Robotics*, elles aboutissent à la tâche de *robot guide d'exposition*. Ces composants sont:

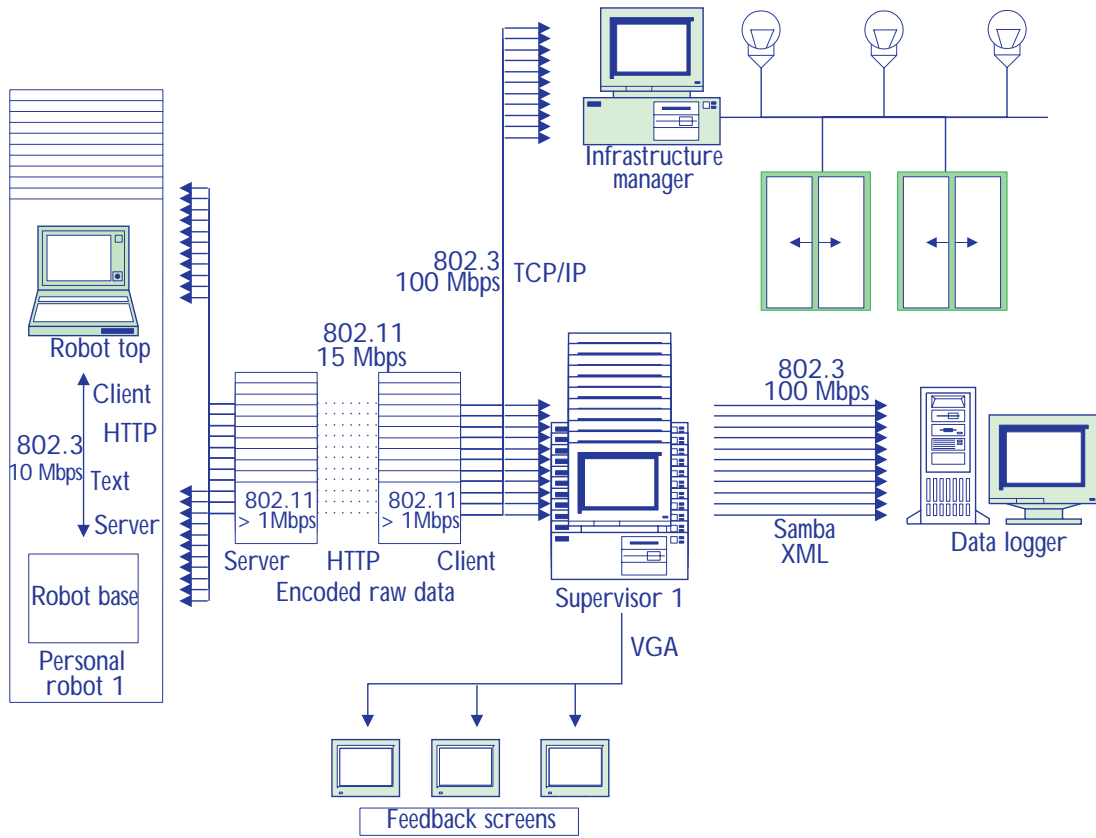
- la détection de personnes (présence et mouvement), à l'aide de deux *scanners laser*;
- le mouvement du robot, grâce à l'interface avec le PowerPC;
- le contrôle de la parole en quatre langues;
- la détection de réponses avec les boutons;
- l'affichage d'icônes dans l'œil droit;
- la détection de visage avec une caméra couleur dans l'œil gauche;
- le suivi de visage à l'aide du contrôleur de mouvement des yeux qui permet aussi d'afficher des expressions.

La partie navigation est confiée au PowerPC, lequel utilise le système d'exploitation temps réel XO/2 (hard real-time deadline driven). Ce dernier s'occupe d'une part de garantir que le robot évite d'une façon active les obstacles qui l'entourent et d'autre part, de toujours savoir où il se trouve dans l'environnement. Vu l'importance de ces deux tâches du point de vue de la sécurité (éviter collisions et accidents en général) le PowerPC garantit, grâce à des watchdogs, que chacune des tâches critiques qu'il exécute est toujours active. Cela est fait par une tâche de sécurité (*security controller*) qui envoie aussi un signal vers le processeur PIC pour qu'il soit lui-même toujours supervisé par quelqu'un. Le PIC ne se charge pas seulement de garantir que le PowerPC est toujours en fonction, mais en plus il contrôle que les plaques tactiles (bumpers) sont toujours prises en charge par le PowerPC et que la vitesse limite n'est jamais dépassée. Si le PIC détecte un problème, il stoppe instantanément le robot et le met en état d'alarme (alarme sonore et visuelle).



Arteplage de Neuchâtel: le réseau





Structure du système informatique de Robotics



Interface de supervision d'un RoboX



Même si les robots sont entièrement autonomes dans leurs fonctionnalités, ils sont reliés à un réseau pour permettre de visualiser leurs états, sauvegarder leurs données pour des études *off-line*, pour qu'ils puissent interagir avec l'environnement (allumer des lumières, démarrer des démonstrations) et pour qu'ils sachent quelle visite n'est pas déjà occupée par un autre robot.

Vu l'importance d'une telle communication et vu que les robots bougent, le *frequency hopping* (IEEE 802.11) a été choisi même s'il ne permet qu'une bande passante maximale de 3 Mbps par robot et de 15 Mbps au total. Le IEEE 802.11b aurait permis une bande passante jusqu'à 11 Mbps par robot, mais le risque de perte de connexion combiné à la lenteur de connexion était trop handicapant.

Comme expliqué plus haut, un robot a deux cartes processeur. Cela demande une double connexion sans fil. Le *Station Adapter SA-40* (PRO.11 series) de BreezeCom a été choisi car il permet jusqu'à quatre connexions sur le même élément. Pour garantir une couverture optimale ainsi qu'une bande passante maximale, six Access Point (BreezeCom AP-10) sont répartis dans la zone de travail des robots. Avec une bande passante garantie de 3 Mbps chacun, ils couvrent toute la plage de fréquence, ce qui permet d'atteindre le maximum total de 15 Mbps. En réalité, cinq auraient été suffisants, mais le sixième garantit une redondance.

Comme on peut le voir dans le schéma de la page précédente, le système installé à Neuchâtel est relativement complexe. Il comprend les dix robots, les dix superviseurs, un système domotique, le *data logger* et trois écrans supplémentaires qui permettent aux visiteurs de voir ce que nous contrôlons.

Les superviseurs reçoivent les données du PC et du PowerPC des robots par liaison sans fil en utilisant le protocole HTTP. Cela permet de visualiser l'image de la caméra

de l'œil gauche, l'image affichant les données de la localisation et l'évitement d'obstacles, la position du robot dans son environnement et toutes les données d'état des composants software.

La même liaison sans fil permet aux robots d'allumer des lumières, contrôler les autres robots (Alice) et interagir avec un projecteur vidéo via TCP/IP et ce, grâce au système domotique DOMOS (Infrastructure manager). Le *data logger* (Oracle DB) s'active automatiquement la nuit pour sauvegarder toutes les informations provenant des robots. Ces dernières sont stockées, pendant la journée, sur les superviseurs en format XML.

Et en plus, ça marche!

À mi-juillet, après 60 jours de travail, les robots ont guidé dans l'exposition de Neuchâtel plus de 250'000 visiteurs. Ils ont travaillé pour un total de 4'900 heures, bougé pendant 3'400 heures et parcouru au total 1150 km. Au rythme de 600 MB par robot et par jour, le réseau a déjà fait transiter plus de 280 GB entre les robots et le *data logger* en passant par les superviseurs et leurs interfaces.

Avec ces résultats, le projet Robotics est déjà la référence au niveau mondial dans le domaine de la robotique mobile. En effet, jamais autant de robots n'ont interagi avec autant de personnes pendant une durée si importante.

Et ça continue jusqu'au 20 octobre 2002 ...

A voir

<http://robotics.epfl.ch>

<http://dmtwww.epfl.ch/isr/asl/>

<http://www.bluebotics.com/> ■



cadavre exquis mis en scène par un RoboX

