

Coexistence des systèmes sans fil dans l'usine

Tous les systèmes sans fil utilisent le même support pour transporter les informations : l'air qui nous entoure. Or, ce support est limité car un nombre limité de fréquences peut être utilisé pour faire circuler l'information. Il faut donc coordonner l'utilisation de cette ressource. Ce sont les autorités nationales et internationales qui définissent l'usage des différentes plages de fréquences libres ou soumises à des licences pour des transmissions radio. Parmi elles, quelques plages seulement sont allouées à l'utilisation pour des systèmes d'automatisation et rentrent dans trois catégories.

Fréquences disponibles

Les premières, appelées bandes ISM (*Industrial, Scientific & Medical*), peuvent être utilisés sans restriction, à partir du moment où les appareils employés suivent les directives réglementaires. Les fréquences libres classiques sont 433 MHz, 2,4 GHz et 5 GHz. Elles sont généralement employées

dans des réseaux de portée limitée comme le WLAN, le Zigbee et le Bluetooth. En plus des bandes ISM, la bande de fréquences de 868 à 870 MHz peut être utilisée sans licence en Europe. Leurs principales applications sont dans le monde de la sécurité (systèmes d'alarme et de détection incendie) et dans l'automatisation des bâtiments. Les systèmes RFID utilisent également cette bande.

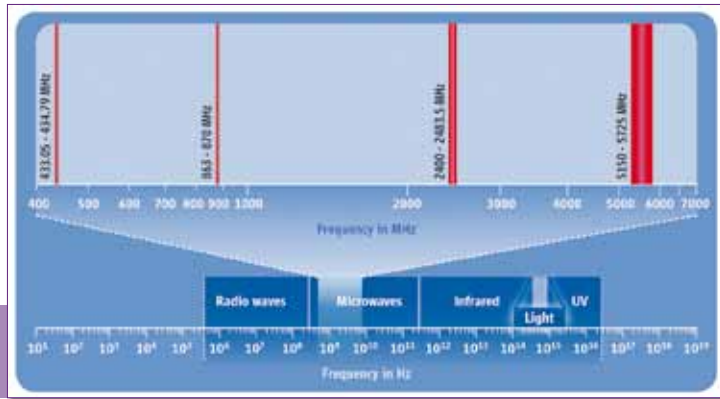
Aux Etats-Unis, la bande de fréquence allant de 902 à 928 MHz est disponible pour ce type d'application et considérée comme une bande ISM. La bande de 1880 à 1900 MHz est, quant à elle, exclusivement réservée au standard DECT (téléphones sans fil) en Europe (aux USA, le DECT utilise la bande ISM 2,4 GHz). La bande de 5,1 à 5,7 GHz peut aussi être employée gratuitement par des réseaux de type WLAN, mais nécessitent l'emploi de techniques additionnelles comme la sélection dynamique de fréquence et la régulation de puissance. Enfin, le monde de l'automatisation peut aussi utiliser d'autres fréquences sous licence, comme le 448 MHz et le 459 MHz dans le cadre

Les réseaux sans fil peuvent se faire une place dans les sites industriels, à condition de mettre en place les conditions pour les faire fonctionner de façon sûre. Le ZVEI a édité des préconisations pour exploiter plusieurs systèmes radio en parallèle sans difficulté dans un environnement automatisé. En voici l'essentiel.

de certaines limites de rapport cyclique (qui caractérise l'utilisation de la bande passante). Grâce à des transmetteurs plus puissants, il est alors possible de couvrir des zones de 10 km environ.

LE 2,4 GHz ISM

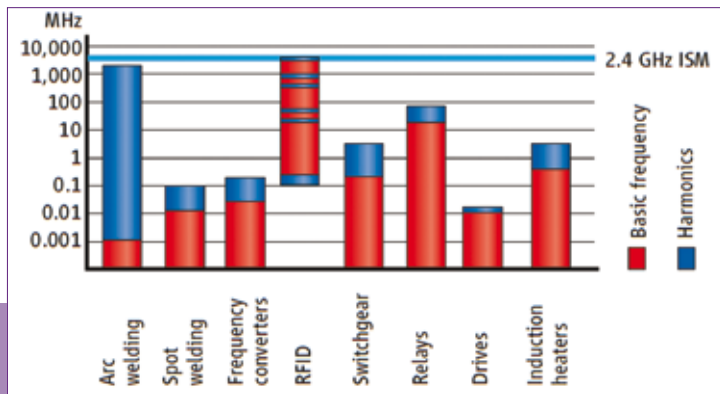
Basée sur des composants performants mais bon marché et portée par les applications grand-public, la technologie 2,4 GHz est de plus en plus fréquemment employée dans le monde industriel. Une grande



Bandes de fréquences libres dans le spectre électromagnétique.

variété de solutions existe déjà. On y retrouve ainsi le WLAN (22MHz, 14 canaux), le Bluetooth et le WISA (1MHz, 79 canaux), le WirelessHart, le ZigBee et MeshScape (5 MHz, 16 canaux) et, enfin, nanoLOC (80MHz/22MHz, 1/7 canaux). La principale raison de cet engouement tient au fait que cette bande ISM est gratuite partout dans le monde avec des restrictions mineures et qu'elle bénéficie d'une grande bande

entre autres, par les bandes de fréquence utilisées, le besoin en bande passante et le nombre de canaux. Le taux de transfert, le rapport cyclique, le nombre maximal de nœuds et les performances en termes de coexistence peuvent également constituer des critères de choix importants pour les applications. Dans le choix d'une solution 2,4 GHz, l'application doit d'abord être étudiée de manière à pouvoir garantir le fonctionnement



Spectre d'interférences des équipements industriels typiques.

passante. Cela autorise des taux de transferts de données importants ou permet d'augmenter la résistance aux interférences provenant des autres systèmes radios. En outre, le spectre d'interférence dans un environnement industriel, provenant par exemple d'installations de soudage à l'arc ou des électroniques de puissance, n'atteint pas le 2,4 GHz et n'a donc pas d'influence sur ces systèmes.

Distinguer les besoins

Il existe une grande diversité de systèmes radio dans le monde de l'automatisation. Ils se distinguent,

parallèle avec d'autres systèmes déjà en place. Le transfert de données de sécurité (par exemple les arrêts d'urgence) nécessite des performances élevées en termes de sécurité de fonctionnement et de fiabilité. Les contrôles en boucle fermée et le pilotage de machines nécessitent généralement des temps de réponses élevés. Enfin, si les informations transportées sont destinées uniquement à la visualisation ou au stockage, le temps de réponse est alors moins critique, mais peut demander des taux de transfert importants.

Dans un environnement industriel, la qualité du canal de communication radio peut varier énormément. Dans ce cas, les systèmes

doivent employer des technologies appropriées de transmission du signal (modulation de fréquence, étalement de spectre par saut de fréquence, étalement de spectre à séquence directe, ou par modulation linéaire de fréquence, ou encore l'utilisation de sous-porteuses de fréquences orthogonales OFDM).

Ces signaux doivent également couvrir de grandes distances. C'est la raison pour laquelle des solutions de réseaux constitués de multiples nœuds à la portée limitée sont souvent privilégiées plutôt que les systèmes point à point. La gestion du réseau inclut alors non seulement le transfert de l'information, mais aussi la recherche de chemins alternatifs au travers du réseau (on parle de routage). Outre la puissance de l'émetteur, la sensibilité du récepteur et les conditions ambiantes dépendent également de leur position et de leur orientation.

Systèmes en parallèle

Quand plusieurs systèmes sans fil sont utilisés dans le même espace, ils peuvent s'influencer les uns les autres. Ces influences apparaissent quand ils transmettent des informations dans le même espace, en même temps et à la même fréquence. La cause est donc toujours l'utilisation simultanée d'une fréquence, mais les effets dépendent aussi du degré de protection contre les interférences des systèmes impliqués.

Cela dépendra de l'application mais, en général, les influences mutuelles de systèmes radio ont pour effet de retarder les transmissions de données. La mesure des retards de transmissions et l'analyse de la fréquence d'occurrence de ces retards permettent de déterminer très vite s'il existe effectivement une influence entre des systèmes et si cette influence est acceptable ou non. La notion d'« acceptable » dépendra de l'application, mais le retard, l'erreur de transmission et

le taux de perte de trame devront toujours demeurer sous un niveau donné. Par exemple, le monitoring dans le process supportera des retards des informations de plus de 100 ms et des taux de pertes inférieurs à 10^{-3} , le pilotage d'une machine de production au niveau local ne tolérera pas de retard supérieur à 20 ms et un taux de perte de 10^{-9} .

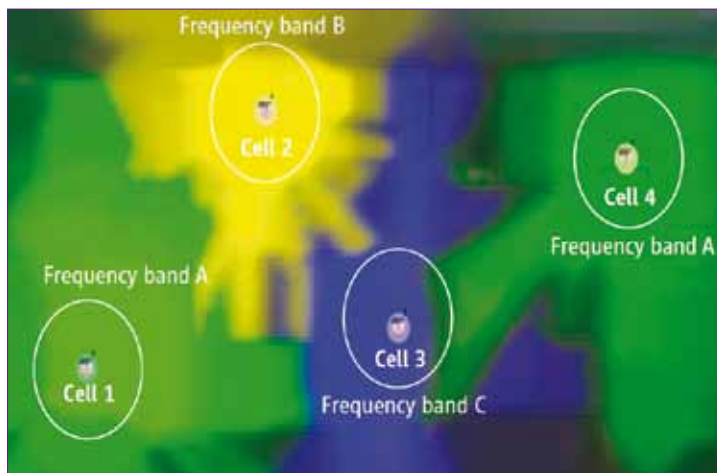
Le chemin de la coexistence

Quel que soit le système mis en œuvre, les fréquences radio doivent être considérées comme une ressource rare et être utilisées avec précaution. Cela peut être réalisé en appliquant des mesures simples, comme le planning des émissions, impliquant, le plus tôt possible dans le projet, toutes les personnes et services impliqués par l'utilisation du sans fil.

La gestion d'une vraie coexistence de systèmes sans fil ne peut être assurée qu'en prenant en compte plusieurs aspects essentiels et en suivant plusieurs étapes clé. Il faudra d'abord inventorier toutes les applications dans tous les services de l'entreprise en répondant à des questions simples : Où est utilisé quel système et dans quelle plage de fréquence ? Qui en est responsable ? Quelle en est l'application exacte ? Quelle est l'utilisation des signaux radio dans le temps ? Ensuite, il faudra avérer la coexistence de systèmes et, si nécessaire, prendre des mesures, afin de réduire les influences des systèmes les uns sur les autres. Enfin, l'évaluation devra se poursuivre après l'installation afin de conserver cette « non-influence ».

Réduire les influences

Comment réduire ces fameuses influences ? La principale action à mener consistera à découpler les systèmes sans fil dans au moins un de ces trois domaines : leur localisation, la fréquence utilisée et son utilisation dans le temps.

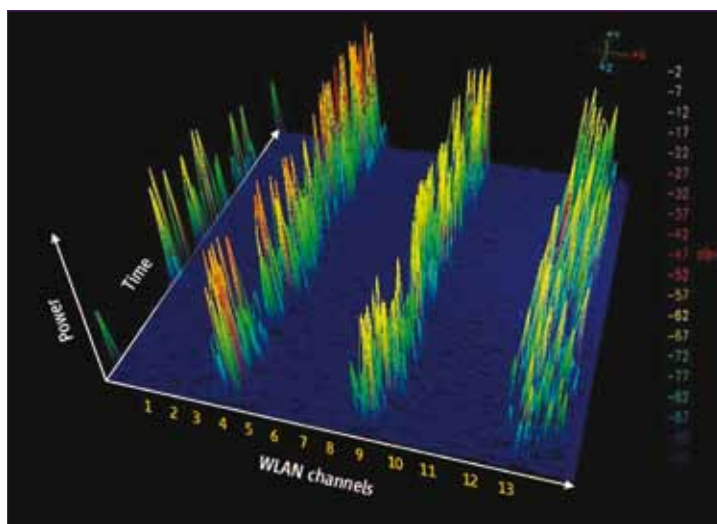


Exemple de champ de propagation des ondes radio avec découplage spatial des appareils utilisant la même fréquence.

Première étape : le découplage spatial. C'est la puissance transmise par un système sans fil qui détermine sa portée, sachant que le signal sera de moins en moins fort quand on s'écartera de l'antenne. Il est donc possible d'utiliser la même fréquence à une distance de sécurité, à condition que la sensibilité de l'autre système ne soit pas trop forte. Il est ainsi important de sélectionner la puissance au plus juste pour chaque système, afin d'autoriser plusieurs utilisations de la même fréquence. L'optimisation de la couverture spatiale d'un système pourra aussi être réalisée par un choix approprié des antennes utilisées, de leurs positions, de leurs directions et de leurs gains.

Deuxième étape : le découplage en fréquence. Quand deux systèmes doivent opérer dans le même espace, il est possible de les distinguer par leur fréquence d'utilisation. Certains systèmes

comme le WLAN sont dits à fréquence fixe, c'est-à-dire qu'une fréquence donnée leur est allouée, d'autres, comme le Bluetooth, sont à fréquence variable et utilisent plusieurs canaux sur la totalité de leur plage de fréquence, en opérant des sauts de fréquence. Pour cloisonner des systèmes à fréquence fixe, il suffira de leur allouer des plages de fréquence différentes. Les systèmes à fréquence variable ne nécessitent pas d'allocation de fréquence, puisqu'ils en changent en permanence. Dans le cas d'une collision, la transmission est répétée à une autre fréquence. Enfin, afin de découpler des systèmes à fréquence fixe et variable fonctionnant dans le même espace, on pourra introduire une « blacklist » dans ceux à fréquence variable, afin qu'ils évitent les plages allouées aux systèmes à fréquence fixe. Dans les environnements industriels, la génération de ces blacklists ne doit pas être confiée au système lui-même. En effet, les mécanismes automa-



Exemple de « blacklisting » : un système Bluetooth cède de l'espace à plusieurs canaux WLAN.

tiques ne reconnaissent souvent les utilisateurs de fréquence que s'ils sont actifs assez fréquemment et assez longtemps, ce qui n'est pas forcément pertinent pour des applications industrielles. Les limitations des récepteurs doivent aussi être étudiées car certains ne sont pas en mesure de supprimer les fréquences adjacentes de façon suffisamment nette.

En raison du grand nombre de composants disponibles et d'applications possible dans le 2,4 GHz, cette bande est très usitée. Sa bande passante disponible est large mais reste limitée. Pour assurer un découplage, il est conseillé de passer sur la bande de 5 GHz si cela est possible, en particulier

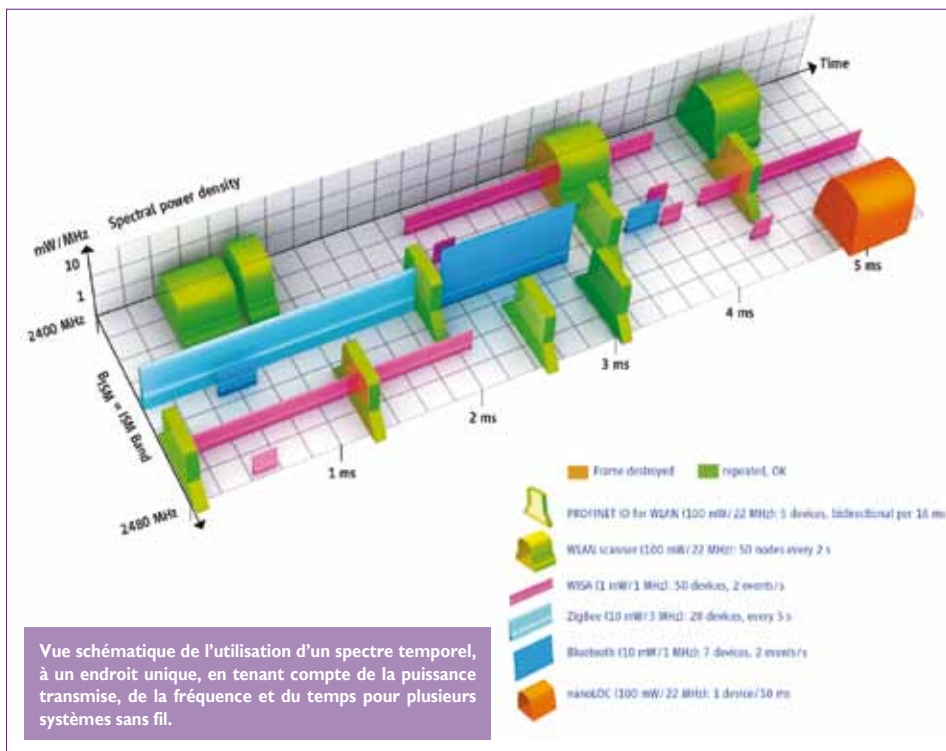
et si l'on utilise des mécanismes appropriés de correction d'erreurs. Les données peuvent ainsi être transmises par un système pendant le temps de pause des autres. L'utilisation d'un spectre temporel est généralement dictée par l'application, par exemple par le nombre de transmissions de données par unité de temps ou l'intervalle d'inactivité entre l'envoi de deux paquets de données. Elle dépend également directement du taux de transfert de données du système utilisé. Si ce taux est élevé, il faudra moins de temps pour envoyer une même quantité d'informations.

Généralement, dans les applications industrielles, les systèmes sans fil ont souvent un spectre

industrielles ne sont pas caractérisées par des temps de réponse lents et des taux de charge bas. Par exemple, l'échange de données à grande vitesse entre un automate central et des modules d'entrées/sorties déportées peuvent nécessiter des temps de réponse de l'ordre de quelques millisecondes, mais toujours des taux de charges bas. A l'opposé, le transfert permanent de données vidéo occupe le réseau radio pendant la plupart du temps et est aussi critique en termes de temps. Attention, le découplage temporel de plusieurs systèmes radio dont plus d'un est associé à une application critique en temps de réponse est très difficile pour un non spécialiste, en particulier si l'un des systèmes radio souffre d'une faible protection contre les interférences. Il est préférable de consulter un expert dans de tels cas.

Conclusion

En général, les influences des systèmes radio utilisés dans l'industrie sont faibles dans les applications industrielles typiques, notamment parce que les volumes des paquets d'informations transférés sont faibles dans les applications d'automatisation et apparaissent de façon échelonnée dans le temps. Les expérimentations actuelles vont participer à promouvoir les technologies sans fil dans le monde industriel. La gestion de la coexistence va donc rester un aspect important à l'avenir, ce qui pousse les fabricants de systèmes industriels sans fil à travailler sur l'amélioration de la protection contre les interférences de leurs produits. De nouvelles technologies vont également apparaître et pousser l'utilisation plus importante des fréquences plutôt que la réduction des interférences radios. Les nouvelles bandes de fréquences, qui pourraient aussi être approuvées par les autorités compétentes à l'avenir, amèneront davantage de capacités en bande passante. Cependant, on peut également s'attendre à ce qu'elles soient plus utilisées, aboutissant à une situation analogue à ce que l'on observe aujourd'hui. ■



Vue schématique de l'utilisation d'un spectre temporel, à un endroit unique, en tenant compte de la puissance transmise, de la fréquence et du temps pour plusieurs systèmes sans fil.

pour les transferts des grandes quantités de données ou les taux de charge importants. Le 5 GHz qui, dans certains pays, dispose d'une bande passante bien supérieure à celle du 2,4 GHz, n'est pas très utilisée pour le moment.

Troisième étape : le découplage temporel. Même si plusieurs systèmes opèrent sur les mêmes fréquences au même endroit, ils peuvent fonctionner de façon fiable si le spectre temporel de fonctionnement de chacun reste faible

d'utilisation dans le temps assez bas. Pour le moment, on retrouve principalement des applications qui n'exigent aussi que des temps de réponse bas. Des temps supérieurs à 100 ms, de l'ordre de ce qui est assuré par un réseau IT classique, peuvent ainsi donner satisfaction. Avec de tels systèmes, la priorité est d'éviter les interruptions dans la connexion, même si elles sont de courte durée, dues à des temps d'attente trop importants ou à des interférences trop nombreuses. Cependant, toutes les applications