

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté de génie
Département de génie électrique et génie informatique

RAPPORT APP2

Interfaces entrées/sorties
GIF672
Réseaux sans fil
GIF673
Physique des matériaux et capteurs
GIF680

Présenté à
Julien Rossignol

Présenté par
Équipe numéro 2
Étienne Beaulieu – beae0601
Emile Bureau – bure1301

Sherbrooke – 24 mai 2024

Possibilité d'ajout de nouveaux capteurs

Puisque nous désirons réduire les coûts engendrés pour la production de la station météo, il a été déterminé qu'un panneau solaire est une des meilleures solutions pour l'alimentation. Avec les capteurs actuels, la station météo ne nécessite pas un grand apport en électricité. Aussi, les panneaux solaires sont peu dispendieux pour subvenir aux besoins de la station. C'est donc le choix qui permet de réduire au maximum les coûts, tout en ayant une station météo fonctionnelle.

Actuellement, le capteur d'intensité de lumière n'est pas très précis. Après divers essais et calibrations, l'équipe a conclu que les valeurs retournées par ce capteur ne sont pas toujours près de la réalité. Il est possible de l'utiliser pour déterminer l'ensoleillement ainsi que l'intensité lumineuse, mais l'équipe a envisagé une autre solution. Celle-ci est l'utilisation du panneau solaire d'alimentation comme un capteur additionnel. En effet, un panneau solaire convertit la lumière en électricité, la tension générale est donc proportionnelle à l'intensité lumineuse perçue par le capteur. L'équipe peut donc mesurer la tension retournée par le panneau solaire afin de déterminer le niveau d'intensité de la lumière. La plus grande surface de ce panneau solaire comparé au capteur de luminosité actuel permettrait d'obtenir des résultats plus près des valeurs attendues. Pour déterminer la durée d'ensoleillement, il sera simplement nécessaire d'enregistrer le temps total où le panneau solaire produit de l'électricité dans une journée. Finalement, les coûts de la station météo pourront être réduits en retirant le capteur de luminosité, puisque son travail sera accompli par le panneau solaire.

Nos tests sur le prototype de station météo nous ont aussi fait constater que le capteur de vent n'était pas idéal. Nous pourrions changer le capteur de direction du vent pour un autre qui serait plus précis et ayant une meilleure résolution. Le capteur actuel utilise plusieurs résistances qui sont connectées de manière à former des diviseurs de tensions selon l'angle de la girouette. Le problème avec ce mécanisme, c'est que la résolution est limitée par le nombre de résistances placées dans la base de la girouette et la précision varie dans le temps puisqu'il s'agit d'une connexion mécanique et que le frottement va endommager les connexions au fil du temps jusqu'à ne plus être en mesure de lire la bonne valeur. Nous avons vu ce problème lors de nos tests et nous avons été obligés d'établir nos mesures de tensions de manière expérimentale puisque les données de la fiche technique n'étaient plus bonnes avec notre capteur. Une meilleure solution serait d'utiliser un potentiomètre magnétique (aussi appelé Hall effect potentiometer), celui-ci aurait une bien meilleure résolution puisqu'il permet une variation continue sur toute la plage et la précision ne se dégraderait pas puisqu'il n'y a pas de frottement à l'intérieur du potentiomètre.

Pour ce qui est du capteur de vitesse du vent, comme il utilise un simple interrupteur qui indique que l'hélice a fait un tour complet, la résolution laisse à désirer et la sensibilité du capteur pour de très faibles vitesses de vent est assez basse aussi. Comme pour la girouette, le fait qu'il y ait un contact physique signifie que les performances du capteur vont se dégrader avec le temps. Il pourrait alors être intéressant de plutôt utiliser un anémomètre qui utilise un encodeur sans contact et qui aurait plus qu'un seul clic par tour. Pour les besoins de la station météo, il n'est pas non plus nécessaire d'avoir une énorme résolution puisqu'il s'agit d'un modèle de milieu de gamme.

Discussion sur les changements pour la version finale

Pour la version finale du produit, nous avons établi un contexte type dans lequel nous voulons que les stations météo puissent fonctionner. Il y aura plusieurs stations météo placées de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de la station de base. Les stations satellites seront alimentées par un panneau solaire et une batterie afin de continuer à fonctionner la nuit et les jours nuageux. C'est un produit qui serait déployé au Québec, donc dans des températures froides en hiver et chaud et humide en été. Comme il s'agit d'un produit de milieu de gamme, il faudra s'assurer de respecter un budget limité en jonglant entre précision et coût des capteurs.

Nous optons pour garder le même microcontrôleur utilisé dans le prototype. Un ESP32 est un excellent choix pour ce type de produit, car il est peu coûteux et permet une grande flexibilité au niveau des entrées et sorties. Le code développé pour le prototype pourra aussi être réutilisé en partie dans le produit final.

Pour comparer les choix offerts en matière d'interfaces d'entrées et de sorties, nous avons établi un tableau énumérant les différences entre les interfaces pour les critères jugés importants.

Critère	I2C	SPI	UART	CAN
Nombre de broches (par capteur)	2 (SDA, SCL)	4 (Master in slave out, Master out slave in, clock, chip select)	2 (TX, RX)	2 (CANH, CANL)
Vitesse	Jusqu'à 3,4 MHz	Jusqu'à plusieurs dizaines de MHz	Jusqu'à plusieurs Mbps	Jusqu'à 1 Mbps
Complexité	Modérée (protocole d'adressage)	Faible (gestion de plusieurs chip select)	Faible (simple point à point)	Élevée (gestion de la priorité et des identifiants)
Périphériques	Plusieurs sur le même bus	Plusieurs avec chip select supplémentaires	Deux, plus complexes pour 3+	Plusieurs (communications intercapteurs)
Consommation	Modérée (résistances de pull-up requises)	Faible (pas de résistances nécessaires)	Variable (dépend du débit)	Modérée (transceivers CAN nécessaires)
Distance	Courte à moyenne	Courte (sur le même PCB)	Longue	Longue

Afin de déterminer un choix pour le type d'interfaces d'entrées et de sorties, il est important de se rappeler le contexte actuel de la station météo. Celle-ci a cinq capteurs météorologiques externes qui sont placés tout près du microcontrôleur. Il est donc nécessaire de s'assurer qu'il est possible de connecter simultanément chacun de ces capteurs et que l'information de chacun soit transmise intégralement. L'équipe a fait une comparaison entre quatre interfaces qui ont chacun leurs propriétés, soit I2C, UART, SPI et CAN. Malgré la robustesse du signal de l'interface CAN, elle n'est pas retenue comme choix final. Pour une station météo de cette ampleur, il n'est pas nécessaire d'avoir recourt à une interface d'une telle vitesse, car elle est très complexe à utiliser et peut coûter très cher. Les capteurs n'ont pas besoin de communiquer entre eux, ils ont seulement besoin de communiquer directement avec le microcontrôleur.

Aussi, l'interface UART n'est pas retenue comme choix final, pour des raisons semblables à l'interface CAN. UART permet d'avoir une communication fiable entre les capteurs, et ce à des distances élevées. Cependant, les capteurs de la station sont tous très rapprochés les uns des autres, ce n'est pas nécessaire dans le cas actuel. Aussi, UART devient plus complexe à intégrer lorsque l'on doit avoir plusieurs capteurs simultanément, car il est nécessaire d'avoir un bus pour chacun des capteurs de la station météo.

Les deux interfaces restantes à comparer sont I2C et SPI. Les deux interfaces permettent une communication de courte étendue, tout en ayant des vitesses de transfert de données similaires. L'interface SPI permet une communication avec une plus grande fiabilité et une complexité plus faible que l'interface I2C. Cependant, SPI nécessite davantage de broches sur le microcontrôleur pour chacun des capteurs pour établir la communication. En effet, SPI nécessite quatre branches pour la communication, tandis que I2C en utilise seulement deux par capteurs. En ce moment, la station a déjà cinq capteurs, il est donc possible que si l'on désire en ajouter dans le futur, que le câblage de l'interface SPI soit impossible à implémenter.

Donc, l'équipe a choisi d'utiliser l'interface I2C pour la communication entre les capteurs et le microcontrôleur de la station météo. Même si sa vitesse est un peu plus lente que SPI et sa consommation légèrement plus haute, l'interface effectuera amplement le travail en assurant une communication fiable et efficace, tout en ayant une complexité assez faible comparée aux autres interfaces disponibles.

Pour comparer les différentes options s'offrant à nous pour la communication sans fil entre les stations météo satellites et la station de base, nous avons fait un tableau de comparaison selon différents critères que nous jugeons importants.

Critère	Wi-Fi	Bluetooth	Zigbee	5G/LTE	LoRa
Bande passante	Élevée (jusqu'à plusieurs Gbps)	Moyenne (jusqu'à 2 Mbps)	Basse (250 kbps)	Très élevée (jusqu'à plusieurs Gbps)	Très basse (jusqu'à 50 kbps)
Consommation énergétique	Élevée	Faible à moyenne	Très faible	Moyenne à élever	Très faible
Distance de communication	Courte à moyenne (jusqu'à 100 m)	Très courte à moyenne (1-100 m)	Moyenne (jusqu'à 100 m)	Très longue (jusqu'à plusieurs km)	Très longue (jusqu'à 15-20 km)
Topologie	Étoile, maillée	Point à point, étoile	Étoile, maillée	Étoile, maillée	Étoile
Complexité	Élevée (installation et configuration)	Faible	Faible à moyenne	Très élevée (infrastructure complexe)	Faible à moyenne
Coût	Moyen à élever	Très faible	Très faible	Faible, mais récurrent (abonnement)	Très faible

Étant donné notre contexte, nous recherchons une solution de communication sans-fil nous permettant une longue distance communication, une faible consommation d'énergie, une communication entre plusieurs stations météo et une station de base et un faible coût. En priorisant ces critères dans cet ordre,

le LoRa s'impose comme choix de réseau sans-fil pour la version finale des stations météo. Le Wifi, le Bluetooth et le Zigbee sont éliminés dès le départ en raison de leur distance de communication très limitée pour notre utilisation. Le réseau cellulaire aurait été notre seule option si nous avions besoin de plus de bande passante, mais vu la nature des données à transmettre entre les stations météo et la station de base, le LoRa est amplement suffisant. De plus sa faible consommation électrique est propice à l'utilisation de panneaux solaires et le coût d'implémentation est très faible. Il faut simplement se munir d'un esp32 ayant une puce LoRa et d'une antenne. La consommation moyenne et son coût plus élevé au long terme fait en sorte que le 5G/LTE n'est pas l'option optimale pour notre produit.