
TEL5025

Systèmes de télécommunications embarqués

Plan de cours

Responsable(s) du cours

Coordination : BÉGIN, Guy
PK-4825
begin.guy@uqam.ca
<http://professeurs.uqam.ca/professeur/begin.guy/>

Enseignement :

TRIGUI, Imene
trigui.imene@uqam.ca
Groupes : 030

Les étudiants doivent consulter régulièrement leur courriel UQAM ainsi que le site *Moodle* du cours, moyens de communication du professeur avec le groupe-cours.

Place du cours dans le programme

Ce cours de troisième année s'appuie sur les notions préalables en programmation, en télécommunications et en électronique. Il permet d'approfondir et de mettre en œuvre de façon pratique les plus importants mécanismes de communication utilisés dans les systèmes embarqués.

Modalités

Cours de 3 heures et un laboratoire de 2 heures / semaine.

Objectifs du cours

Familiariser l'étudiant avec les systèmes de réseaux embarqués et les réseaux de senseurs, et apprendre les notions de conception d'un réseau embarqué.

À la fin de ce cours, l'étudiant devra être en mesure de :

- expliquer les principes à la base de plusieurs applications importantes en télécommunications embarquées ;
- expliquer le fonctionnement de protocoles de communications caractéristiques des systèmes embarqués ;
- spécifier, concevoir, programmer et vérifier des systèmes allant d'un routeur à un capteur en utilisant les principes et normes appropriées (ex., CAN, IEEE 802.15.4, Zigbee) ;
- mettre en œuvre des solutions matérielles, logicielles et système pour les communications en environnements embarqués, avec ou sans fil.
- préciser les étapes et conditions d'une communication numérique en environnement embarqué ;
- reconnaître et repérer les problèmes inhérents au développement des télécommunications embarquées ;
- concevoir un programme dans un contexte de ressources limitées (systèmes embarqués temps réel, éco-énergétique) ;
- démontrer une méthodologie d'analyse et de simulation de performance des systèmes de communication en environnement embarqué avec ou sans fil.

Sommaire du contenu

Senseurs, transducteurs et interfaces. Communications numériques : communication synchrone et asynchrone, par événements ; accès multiple ; gestion de flux de données : fiabilité, intégrité, compression ; synchronisation. Types de canaux, fiabilité, codage, synchronisation, notion de protocole. Systèmes de réseaux embarqués : architecture, conception. Protocoles de communication locale : SPI, I2C, CAN. Réseaux : connectivité réseau, réseaux dirigés par les événements ou par le temps, topologies, échelle, modèle en couches. Réseaux sans fil : réseaux ad hoc, réseaux de capteurs. Protocoles adaptés aux systèmes embarqués : accès au support, accès multiple, routage, transport. Fonctions et services : identification, acquisition de données, synchronisation, surveillance, contrôle, mobilité, localisation. Gestion et optimisation d'énergie. Intégration avec les réseaux classiques. Introduction à l'internet des objets. Études de cas. Tendances et évolution.

Contenu détaillé du cours

Voici les principaux thèmes que seront traités dans ce cours :

- Introduction : rappels de notions en télécommunications, systèmes embarqués communicants.
- Théorie des communications et technologie : représentation et propagation de signaux, types de canaux, fiabilité, codage, synchronisation, notion de protocole.
- Systèmes de réseaux embarqués : architecture, conception. Protocoles de communication locale : SPI, I2C, CAN. Réseaux : connectivité réseau, réseaux dirigés par les événements ou par le temps, topologies, échelle, modèle en couches.
- Réseaux sans fil : réseaux ad hoc, réseaux de capteurs. Protocoles adaptés aux systèmes embarqués : accès au support, accès multiple, routage, transport.

- Fonctions et services : identification, acquisition de données, synchronisation, surveillance, contrôle, mobilité, localisation. Gestion et optimisation d'énergie. Intégration avec les réseaux classiques.
- Introduction à l'internet des objets. Études de cas. Tendances et évolution.

Calendrier

Sem.	Date (période cours)	Sujets	Activités	Travaux pratiques
1	7 Sept. 2022	Présentation du plan de cours et principes de base des systèmes embarqués	Quiz révision	
2	14 sept. 2022	1. Introduction et rappel de théorie des communications		
3	21 sept. 2022	2. Protocoles de communication locale		CAN
4	28 sept. 2022	2. Protocoles de communication locale 3. Accès au support	Quiz 1	
5	5 oct. 2022	4. Réseaux : sans fil, structurés, spontanés		
6	12 oct. 2022	5. Bluetooth Low Energy	Quiz 2	BLE
7	19 oct. 2022	Examen intra		
8	26 oct. 2022	6. Capteurs, accès au support		
9	2 nov. 2022	7. Routage	Quiz 3	
10	9 nov. 2022	8. Zigbee		Zigbee
11	16 nov. 2022	9. Transport	Quiz 4	
12	23 nov. 2022	10. La question de l'énergie		
13	30 nov. 2022	11. Services et applications	Quiz 5	
14	7 déc. 2022	12. Internet et systèmes embarqués : 6LoWPAN		
15	14 déc. 2022	Examen final		

Formules pédagogiques

Pour favoriser l'intégration des nombreux concepts au menu, nous suivons essentiellement le modèle suivant :

- Exposés magistraux en classe, où les étudiant(e)s sont fortement encouragés à contribuer par leurs questions et commentaires.
- Mini-tests hebdomadaires (quiz) à teneur formative, qui permettront aux étudiant(e)s de mesurer concrètement leur compréhension des concepts explorés, et qui seront autocorrigés à l'aide d'une grille de vérification. Ces quiz seront notés mais sont surtout importants comme moyens d'évaluation formative, afin de bien suivre et maintenir le rythme d'acquisition des connaissances et compétences.
- Des questions de réflexion sur une base quasi hebdomadaire permettront de revenir sur les contenus et d'apporter les explications nécessaires.

Modalités d'évaluation

Pondération

Description sommaire	Date	Pondération
Quiz et participation	Périodiques	10%
Examen intra	Semaine 7	25%
Travaux pratiques	Spécifié dans les énoncés	30%
Examen final	Semaine 15	35%

Outils d'évaluation

Quiz. De façon périodique au cours du trimestre, les étudiants devront répondre de façon individuelle à un mini-test (quiz) en ligne via *Moodle*. Un quiz est accessible pendant une période déterminée (normalement de quelques jours). Pour les premiers quiz, les étudiants auront droit à deux tentatives, sans rétroaction ; pour les derniers quiz, une seule tentative sera permise. Une fois un quiz fermé, les réponses sont publiquement accessibles. Avec n quiz soumis, les résultats des $n - 1$ meilleurs quiz seront comptés.

Travaux pratiques. La mise en pratique des concepts vus en classe se fera par la réalisation de travaux pratiques, faisant appel à différents environnements de développement et de simulation. Ces travaux seront réalisés par équipes de quelques étudiants. Le matériel nécessaire aux travaux pratiques (kits individuels) devra être emprunté par chaque étudiant au début du trimestre et rendu à la fin du trimestre.

L'auxiliaire d'enseignement sera en mesure de fournir de l'assistance (à distance) pour la réalisation des expérimentations. Ses disponibilités seront conformes à l'horaire établi pour la séance de laboratoire du cours. Un forum *Moodle* permettra de poser des questions spécifiques aux manipulations à l'auxiliaire ou au professeur.

Remise des rapports. Les travaux et rapports doivent être rendus électroniquement par l'intermédiaire du site *Moodle* du cours. Les travaux remis en retard seront pénalisés, à raison de 20 % de la note globale par jour (incluant samedi, dimanche et congés) de retard. Exceptionnellement (par ex., panne de *Moodle*), une copie pourra être rendue par courriel régulier.

Chaque fichier doit être NOMMÉ de façon à ce qu'on puisse **IDENTIFIER LES MEMBRES DE L'ÉQUIPE** (par exemple, par l'utilisation d'initiales), de même que le **TITRE DU TRAVAIL, DE LA MANIPULATION / SIMULATION**. Si plusieurs versions d'un même rapport sont remises, un numéro de version significatif doit être inclus dans le nom. Attention : des erreurs de titres pourraient faire que des copies ne soient pas corrigées, ou que des résultats soient confondus par mégarde.

Le format de fichier pour les documents doit **ABSOLUMENT ÊTRE PDF** (Portable Document Format), ce qui assure que ce qui est corrigé est conforme à la version de l'étudiant et ne risque pas d'être modifié par la suite. Un rapport doit normalement être présenté en un seul fichier, avec annexes, le cas échéant, pour les codes sources, etc. Un guide détaillé disponible sur le site du cours, donne davantage d'information sur la présentation des rapports de laboratoire.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués.

Examens. Les examens seront réalisés pendant les séances de cours. L'utilisation de documentation personnelle (notes de cours, manuel) n'est pas permise pendant l'examen. Seul un résumé personnel de 20 pages sera autorisé.

Une moyenne d'au moins 50 % aux examens est exigée pour réussir le cours.

Modalités en cas de reconfinement. Dans l'éventualité où les autorités sanitaires imposerait un reconfinement en cours de trimestre, il serait possible de poursuivre toutes les activités pédagogiques prévues. Seule la remise (en fin de trimestre) des kits de matériel empruntés devra être organisée différemment. Les informations à cet effet seront transmises par les canaux habituels, le cas échéant.

Médiagraphie

Site web du cours via Moodle <http://www.moodle.uqam.ca>

- VC KUROSE, J. & ROSS, K. – Analyse structurée des réseaux. – 2003.
- VC PECKOL, J.K. – Embedded Systems : A Contemporary Design Tool – 1st Edition. 2008.
- VC PARET, D., & RIESCO, R. – Multiplexed Networks for Embedded Systems – 2007.
- VC ELAHI, A. – ZigBee Wireless Sensor and Control Network – 2010.
- VC EADY, F. – Hands-On ZigBee : Implementing 802.15.4 with Microcontrollers – 2007.
- VC KRIEF, F. ed. – Communicating Embedded Systems – 2010.
- VC SOHRABY, K., MINOLI, D., & ZNATI, T. – Wireless sensor networks : technology, protocols and applications – 2007.
- VC DARGIE, W., & POELLABAUER, C. – Fundamentals of wireless sensor networks : theory and practice – 2010.
- VC SHELBY, Z., & BORMANN, C. – 6LoWPAN : The wireless Embedded Internet – 2007.
- VC RAM MURTHY, C. SIVA, MANOJ, B.S. – Ad Hoc Wireless Networks : Architectures and Protocols – 2004.

VC : Volume Conseillé

Autres lectures

D'autres documents pourront être soumis pour lecture durant la session. La liste sera tenue à jour sur le site Web du cours.

Politique d'absence aux examens

Reprise d'examen. L'autorisation de reprendre un examen en cas d'absence est de **caractère exceptionnel**. Pour obtenir un tel privilège, l'étudiant.e doit avoir des motifs sérieux et bien justifiés.

Conflits d'horaire. Il est de la responsabilité de l'étudiant.e de ne pas s'inscrire à des cours qui sont en conflit d'horaire, tant en ce qui concerne les séances de cours ou d'exercices que les examens. **De tels conflits d'horaire ne constituent pas un motif justifiant une demande d'examen de reprise.**

Procédure. L'étudiant.e absent.e lors d'un examen doit, dans les cinq (5) jours ouvrables suivant la date de l'examen, présenter une demande de reprise en utilisant le formulaire prévu, disponible sur <http://info.uqam.ca/repriseexamen/>.

Pièces justificatives. Dans le cas d'une absence pour raison médicale, l'étudiant.e doit joindre un certificat médical original et signé par le médecin décrivant la raison de l'absence à l'examen. Les dates d'invalidité doivent être clairement indiquées sur le certificat. Une vérification de la validité du certificat pourrait être faite. Dans le cas d'une absence pour une raison non médicale, l'étudiant.e doit fournir les documents originaux expliquant et justifiant l'absence à l'examen ; par exemple, lettre de la Cour en cas de participation à un jury, copie du certificat de décès en cas de décès d'un proche, etc. Toute demande incomplète sera refusée. Si la direction du programme d'études de l'étudiant.e constate qu'un.e étudiant.e a un comportement récurrent d'absence aux examens, l'étudiant.e peut se voir refuser une reprise d'examen.

Pour plus d'informations. Consulter la page <http://info.uqam.ca/politiques>.

Règlement numéro 18 sur les infractions de nature académique (extraits)

Tout acte de plagiat, fraude, copiage, tricherie ou falsification de document commis par une étudiante, un étudiant, de même que toute participation à ces actes ou tentative de les commettre, à l'occasion d'un examen ou d'un travail faisant l'objet d'une évaluation ou dans toute autre circonstance, constituent une infraction au sens de ce règlement.

La liste non limitative des infractions est définie comme suit :

- la substitution de personnes ;
- l'utilisation totale ou partielle du texte d'autrui en la faisant passer pour sien ou sans indication de référence ;
- la transmission d'un travail pour fins d'évaluation alors qu'il constitue essentiellement un travail qui a déjà été transmis pour fins d'évaluation académique à l'Université ou dans une autre institution d'enseignement, sauf avec l'accord préalable de l'enseignante, l'enseignant ;
- l'obtention par vol, manœuvre ou corruption de questions ou de réponses d'examen ou de tout autre document ou matériel non autorisés, ou encore d'une évaluation non méritée ;
- la possession ou l'utilisation, avant ou pendant un examen, de tout document non autorisé ;
- l'utilisation pendant un examen de la copie d'examen d'une autre personne ;
- l'obtention de toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle ;
- la falsification d'un document, notamment d'un document transmis par l'Université ou d'un document de l'Université transmis ou non à une tierce personne, quelles que soient les circonstances ;
- la falsification de données de recherche dans un travail, notamment une thèse, un mémoire, un mémoire-crédation, un rapport de stage ou un rapport de recherche ;
- Les sanctions reliées à ces infractions sont précisées à l'article 3 du Règlement no 18.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués. Pour plus de renseignements :

- <http://www.infosphere.uqam.ca/rediger-un-travail/eviter-plagiat>
- <http://r18.uqam.ca/>

Politique no 16 visant à prévenir et combattre le sexisme et les violences à caractère sexuel

Les violences à caractère sexuel se définissent comme étant des comportements, propos et attitudes à caractère sexuel non consentis ou non désirés, avec ou sans contact physique, incluant ceux exercés ou exprimés par un moyen technologique, tels les médias sociaux ou autres médias numériques. Les violences à caractère sexuel peuvent se manifester par un geste unique ou s'inscrire dans un continuum de manifestations et peuvent comprendre la manipulation, l'intimidation, le chantage, la menace implicite ou explicite, la contrainte ou l'usage de force.

Les violences à caractère sexuel incluent, notamment :

- la production ou la diffusion d'images ou de vidéos sexuelles explicites et dégradantes, sans motif pédagogique, de recherche, de création ou d'autres fins publiques légitimes ;
- les avances verbales ou propositions insistantes à caractère sexuel non désirées ;
- la manifestation abusive et non désirée d'intérêt amoureux ou sexuel ;
- les commentaires, les allusions, les plaisanteries, les interpellations ou les insultes à caractère sexuel, devant ou en l'absence de la personne visée ;
- les actes de voyeurisme ou d'exhibitionnisme ;
- le (cyber) harcèlement sexuel ;
- la production, la possession ou la diffusion d'images ou de vidéos sexuelles d'une personne sans son consentement ;
- les avances non verbales, telles que les avances physiques, les attouchements, les frôlements, les pincements, les baisers non désirés ;
- l'agression sexuelle ou la menace d'agression sexuelle ;
- l'imposition d'une intimité sexuelle non voulue ;
- les promesses de récompense ou les menaces de représailles, implicites ou explicites, liées à la satisfaction ou à la non-satisfaction d'une demande à caractère sexuel.

Pour consulter la politique no 16

https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_16.pdf

Pour obtenir de l'aide, faire une divulgation ou une plainte

Bureau d'intervention et de prévention en matière de harcèlement
514-987-3000, poste 0886

Pour obtenir la liste des services offerts à l'UQAM et à l'extérieur de l'UQAM

<https://harcelement.uqam.ca>

Soutien psychologique (Services à la vie étudiante)

514-987-3185
Local DS-2110

CALACS Trêve pour Elles – point de services UQAM

514 987-0348
calacs@uqam.ca
<http://trevepourelles.org>

Service de la prévention et de la sécurité

514-987-3131

Politique no 44 d'accueil et de soutien des étudiant.e.s en situation de handicap

Politique. Par sa politique, l'Université reconnaît, en toute égalité des chances, sans discrimination ni privilège, aux étudiant.e.s en situation de handicap, le droit de bénéficier de l'ensemble des ressources du campus et de la communauté universitaire, afin d'assurer la réussite de leurs projets d'études, et ce, dans les meilleures conditions possibles. L'exercice de ce droit est, par ailleurs, tributaire du cadre réglementaire régissant l'ensemble des activités de l'Université.

Responsabilité de l'étudiant.e. Il incombe aux étudiant.e.s en situation de handicap de rencontrer les intervenant.e.s (conseiller.ère.s à l'accueil et à l'intégration du Service d'accueil et de soutien des étudiant.e.s en situation de handicap, professeur.e.s, chargé.e.s de cours, direction de programmes, associations étudiantes concernées, etc.) qui pourront faciliter leur intégration à la communauté universitaire ou les assister et les soutenir dans la résolution de problèmes particuliers en lien avec les limitations entraînées par leur déficience.

Service d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap. Le Service d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap (SASESH) offre des mesures d'aménagement dont peuvent bénéficier certains étudiant.e.s. Il est fortement recommandé aux de se prévaloir de ces services afin de réussir ses études, sans discrimination. Pour plus d'information, visiter le site de ce service : <https://vie-etudiante.uqam.ca/etudiant-situation-handicap/nouvelles-ressources.html> et celui de la politique institutionnelle d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap : https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_44.pdf

Il est important d'informer le SASESH de votre situation le plus tôt possible :

- En personne : 1290, rue Saint-Denis, Pavillon Saint-Denis, local AB-2300
- Par téléphone : 514 987-3148
- Par courriel : situation.handicap@uqam.ca
- En ligne : <https://vie-etudiante.uqam.ca/>