Module Description, available in: EN, FR

Statistical Digital Signal Processing and Modeling

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

TSM_StatDig

Valid for academic year

2020-21

Last modification

2018-10-21

Coordinator of the module

Guido Schuster (OST, guido.schuster@ost.ch)

Explanations regarding the language definitions for each location:

- Instruction is given in the language defined below for each location/each time the module is held.
- Documentation is available in the languages defined below. Where documents are in several languages, the percentage distribution is shown (100% = all the documentation).
- The examination is available 100% in the languages shown for each location/each time it is held.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Instruction		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation			**X** E 100%		**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%			**X** E 100%		

Module Category

TSM Technical scientific module

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

Understanding of the following concepts at the Bachelor of Science level

- Calculus
- Linear algebra
- Probability/Statistics
- Digital signal processing

Brief course description of module objectives and content

The goal of this module is to introduce the students to the powerful world of statistical digital signal processing. While at the bachelor level digital signal processing is most often taught with deterministic signals, in the real world most interesting signals are stochastic in nature. Hence in more advanced applications, such as prediction or noise removal, the theories presented in this module are essential.

The basic digital signal processing, linear algebra and probability theory necessary to understand the module are brushed-up at the beginning. Then stochastic processes are introduced which allows the proper formulation of the optimal filtering and spectral estimation problem later on. After an in-depth treatment of the optimal filtering and estimation problem, adaptive filters are introduced which are a popular choice for many advanced statistical digital signal processing problems.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

- The student becomes familiar with stochastic signals and systems
- The student understands and can apply the different methods for signal modeling
- The student has an in-depth understanding of Wiener filtering and knows how a discrete Kalman filter can be used to solve a stochastic filtering problem
- The student understands and can apply the different methods for spectrum estimation
- The student knows the most common adaptive filters and is able to select the proper one for the application at hand

Module content with weighting of different components

The module starts with a review of basic digital signal processing, linear algebra and probability theory. It then introduces some concepts about stochastic processes, which are necessary to understand the following applications of statistical signal processing. Then the module discusses several different ways of signal modeling which can be used for parametric methods later on. Then one of the core topics is presented, which is the optimal linear mean square error estimation of a signal which is corrupted by additive noise. The module then presents a chapter about the very important topic of spectral estimation and finally concludes with the application of the learned theory for designing adaptive filters.
The available 14 weeks are organized as follows:

- 2 weeks: Background (review of digital signal processing and linear algebra)
- 3 weeks. Discrete-time random processes (including a review of probability)
- 2 weeks: Signal modeling
- 3 weeks: Wiener filtering (including the discrete Kalman Filter)
- 2 weeks: Spectrum estimation
- 2 weeks: Adaptive filtering

Teaching and learning methods

- A three hour session each week for 14 weeks
- The first hour is a homework review session where the homework is discussed. The homework is “paper and pencil” homework and small Matlab programming assignments
- The next two hours are lecture hours, where new theory is introduced

Literature

“Statistical Digital Signal Processing and Modeling” by Monson H. Hayes

Assessment

Certification requirements

Module does not use certification requirements

Basic principle for exams

As a rule, all standard final exams are conducted in written form. For resit exams, lecturers will communicate the exam format (written/oral) together with the exam schedule.

Standard final exam for a module and written resit exam

Kind of exam

Written exam

Duration of exam

120 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

Other permissible aids

Open book

Special case: Resit exam as oral exam

Kind of exam

Oral exam

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

No aids permitted

Description du module, disponible en: EN, FR

Traitement statistique du signal et modélisation

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM_StatDig

Valable pour l'année académique

2020-21

Dernière modification

2018-10-21

Coordinateur/coordinatrice du module

Guido Schuster (OST, guido.schuster@ost.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation			**X** E 100%		**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%			**X** E 100%		

Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Les principes fondamentaux en :

- Calcul
- Algèbre linéaire
- Probabilités/statistiques
- Traitement numérique du signal

Brève description du contenu et des objectifs

Le but de ce module est de présenter à l'étudiant une introduction au monde puissant du traitement statistique du signal. Alors qu'au niveau bachelor, l'enseignement du traitement numérique du signal se fonde principalement sur des signaux déterministes, dans le monde réel, les principaux signaux sont de nature aléatoire. Donc, dans les applications plus élaborées, comme la prédiction ou la suppression du bruit, les théories présentées dans ce module s'avèrent essentielles.

Le cours débutera par une remise à niveau des connaissances de bases du traitement numérique du signal, de l'algèbre linéaire et de la théorie des probabilités qui seront nécessaires pour comprendre le contenu de ce module. Ensuite seront introduits les processus stochastiques qui permettront ultérieurement la conception appropriée d'un filtrage optimal et du filtrage adaptatif.

Après l'approfondissement du problème de filtrage optimal, le cours introduira les filtres adaptatifs souvent utilisés dans la technologie avancée de traitement des signaux numériques. Dans le cadre de ce cours une introduction dans le domaine du Machine Learning par descente de gradient et réseau de neurones sera faite.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

- L'étudiant se familiarise avec les signaux et les systèmes aléatoires
- L'étudiant comprend et peut appliquer les différentes méthodes pour la modélisation du signal
- L'étudiant dispose d'une connaissance approfondie du filtrage de Wiener et sait comment utiliser un filtre Kalman pour résoudre un problème de filtrage stochastique
- L'étudiant comprend et peut appliquer différentes méthodes pour l'estimation spectrale
- L'étudiant connaît les filtres adaptatifs les plus répandus, il est également capable de sélectionner le plus approprié pour l'application concernée.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

Le module débute par une révision des bases du traitement numérique du signal, de l'algèbre linéaire et de la théorie de la probabilité. Il se poursuit ensuite par une introduction aux concepts des processus stochastiques, qui sont nécessaires pour comprendre les applications dans le domaine du traitement statistique du signal. Puis le module aborde différentes possibilités de modélisation du signal qui peuvent être utilisées plus tard pour les méthodes paramétriques. Puis vient la présentation d'un des sujets essentiels à savoir : l'estimation optimale de l'erreur quadratique moyenne linéaire d'un signal qui est altérée par du bruit additionnel. Le module présente ensuite un chapitre sur le sujet très important qu'est l'estimation spectrale et se termine finalement par une application de la théorie apprise à la conception de filtres adaptatifs.

Les 14 semaines disponibles sont organisées comme suit:

- 2 semaines: Les acquis (révision du traitement numérique du signal et de l'algèbre linéaire)
- 3 semaines. Processus aléatoires à temps discret (y compris une révision des probabilités)
- 2 semaines: Modélisation du signal
- 3 semaines: Filtrage de Wiener (y compris le filtre Kalman discret)
- 2 semaines: Estimation spectrale
- 2 semaines: Filtrage adaptatif

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

- deux heures de cours magistral et une heure de pratique
- Devoirs sur papier et sur Matlab

Bibliographie

"Statistical Digital Signal Processing and Modeling" by Monson H. Hayes (Anglais uniqument)

Evaluation

Conditions d'admission

Le module n'utilise pas de conditions d'admission.

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

Examen écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Autres aides autorisées

Open Book

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides