

Introduction To Mechatronics And Mechatronics System Design

مقدمة عن الميكاترونيات
و تصميم النظام الميكاتروني



نظرة عامة على الميكاترونيات

Overview of Mechatronics

ما هي الميكاترونيات؟

الميكاترونيات هي كلمة تجمع وتصف التكامل بين الميكانيكا والالكترونيات و تكنولوجيا الكمبيوتر في عمليات التصميم المعقد للمنتجات .

ويكون هذا التكامل تكامل فعال من اجل الزيادة و تعتبر أيضا فلسفه في عمليه التصميم و تمثل هذه الفلسفة الاستخدام الأمثل للتكنولوجيا المتاحة .

تعريفات الميكاترونيات

قامت شركه يوسوكاوا بوضع التعريف الأصلي **من الملاحظة** **للتكامل الفعال بين الميكانيكا والالكترونيات في brushless motor** وعرف يوسوكاوا الميكاترونيات على أنها تتكون من "mech" وفي من mechanism و "tronics" من electronics وقدمت للعالم في نهاية 1960 بواسطة شركه يوسوكاوا اليابانية .

والسؤال هنا هل كان قبل 1960 يوجد ميكاترونيات ؟ الإجابة نعم ولكن بدون اسم لن بعض الناس يعتقدون أن الميكاترونيات ليست سوى هندسة جيدة أو تصميم جيد

وبعد يوسوكاوا توالى التعريفات وكان من أهمها التعريف الخاص بهاراشيما و توموزوكا وفاكادا في أوراقهم وهو التكامل الفعال للأنظمة الطبيعية مع تكنولوجيا المعلومات و اتخاذ القرار الصعب في عمليات التصنيع و التصميم وإنتاج المنتجات الصناعية و العمليات الصناعية أيضا وعرف هذا التعريف بتعريف سنة 2000 أو Y2K ويوضح هذا التعريف أن تكنولوجيا المعلومات تلعب دور متزايد في الميكاترونيات و يشمل على الكمبيوتر و معالجه الإشارات الرقمية DSP و التصميم بواسطة الكمبيوتر CAD .

ومن ناحية أخرى فان عملية اتخاذ القرار تشمل الطرق والنظريات مثل نظريه تصميم التغذية أو الراجع feedback design theory ونظريه التحكم وكلا هذين الأساسين التكنولوجيين وأساس المعرفة في عملية اتخاذ القرار الصعب انتشر جدا خلال العقود الثلاثة الماضية والذي أدى إلى توسيع مجال تطبيقات الميكاترونيات .

Auslander and Kempf at وبعد ذلك توالت التعريفات مثل
1996 وهو كما يأتي .

"Mechatronics is the application of complex
decision making to the operation of physical
systems."

وهناك تعريف آخر ظهر سنة 1997

" Mechatronics is a methodology used for the
optimal design of electromechanical products."

وهناك تعريف آخر قام به Bolton

"A Mechatronics system is not just a marriage
of electrical and mechanical systems and is
more than just a control system it is a complete
integration of all of them and Mechatronics
engineering appears modern concurrent
engineering design practices.

ولذلك يمكن اعتبار التعريف المبسط للميكاترونيات وهو من فروع
الهندسة و ليس مشتق من الهندسة الميكانيكية أو الكهربائية و الذي
يتعامل مع الميكانيكا والالكترونيات و تكنولوجيا المعلومات

و الميكاترونيات تقدمت كثيرا خلال ال 25 سنة الماضية و انتشرت انتشار واسع من خلال المنتجات الذكية والصناعات الجديدة .

مكونات الميكاترونيات

تتكون الميكاترونيات من مقياس أعلى من الأنظمة الميكانيكية وهو الأنظمة الطبيعية كلها و عناصر الميكاترونيات تشمل المجسات sensors actuators and microcontrollers المشغلات (microprocessors) and real time control software.

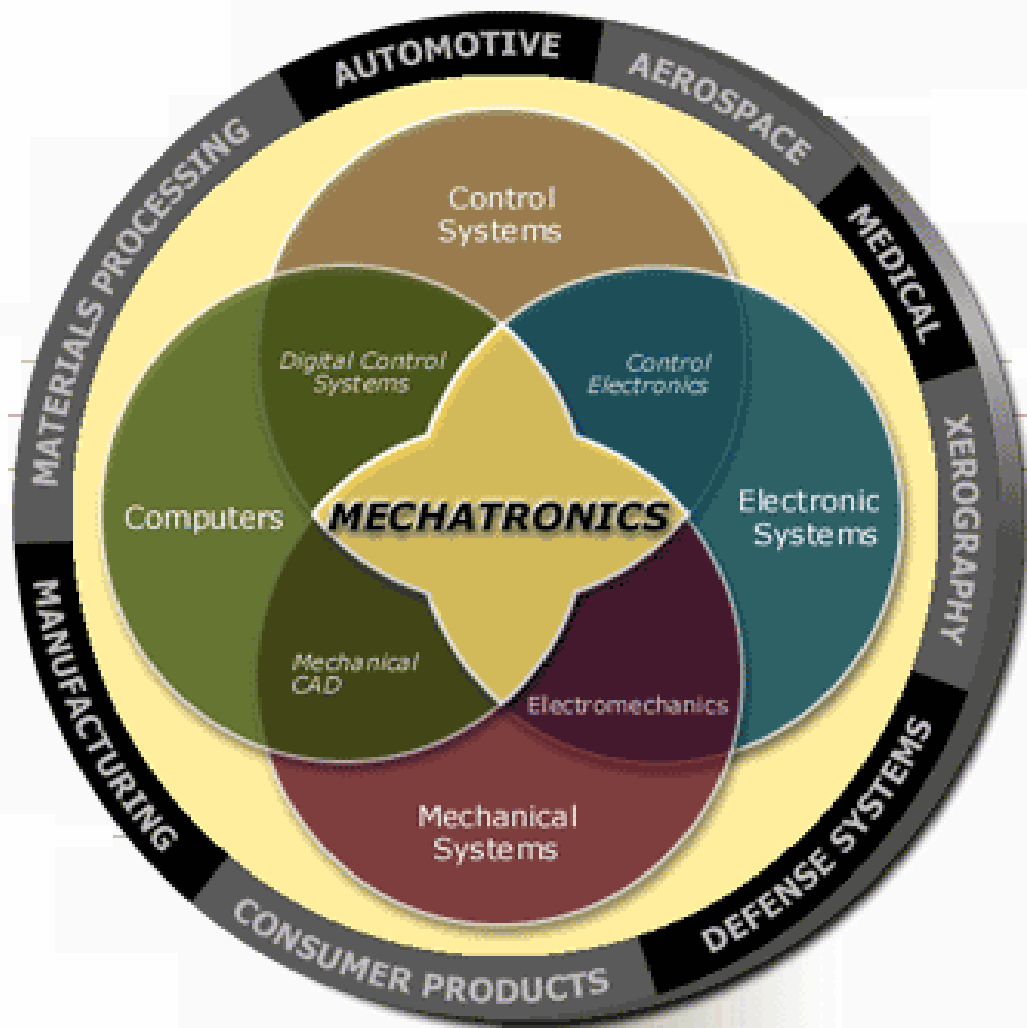
وتكون المشغلات actuators عالية الدقة مثل المواتير الكهربائية عالية الدقة وال solenoids

وهناك العديد من ال sensors ويستخدم كل نوع منها حسب التطبيق وتشمل حساسات للضوء و العجلة و الوزن و اللون ودرجه الحرارة و الصورة .

أذن يمكننا القول أن الميكاترونيات تتكون من ثلاث أشياء رئيسيه و موضح دور كل منها في النظام

- 1- Sensor perceive environmental
- 2- Actuators make decision
- 3- Controllers take action

وفى الشكل التالى نلاحظ مكونات الميكاترونيات



ويمكن تحليل عناصر هذا الشكل الموجودة في كل جزء

1- Physical system modeling

وتشتمل على

- mechanics of solids
- translation and rotational systems
- fluid systems
- electrical systems
- thermal systems
- micro and nano systems
- rotational electromagnetic MEMS

2- Sensors and actuators

وتنقسم ال sensors الى عدة انواع

1- optical

ex * photodiodes

* phototransistor

2- magnetic

* hall effect device

3- acceleration

- MEMS ACCELEROMETERS

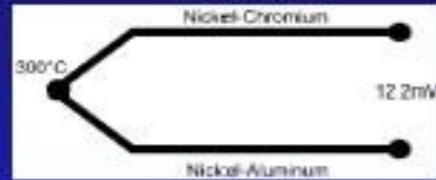
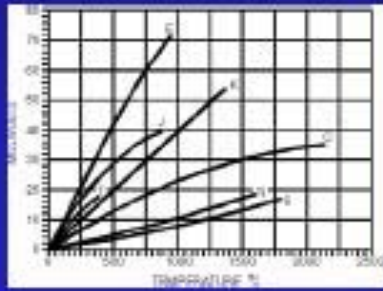
4- force

- strain gauge and load cell (strain gauge are hard to mount on flexures)
- prefab load cells are expensive
- very accurate
- very stiff
- multiaxis load cells are available

وهذه بعض اشكال ال sensors

Thermocouple

- Inconveniently low voltage
- Need a reference junction at known temperature
- Can be very small, inexpensive
- Large temperature range
- Moderately linear
- Unit-to-unit very repeatable



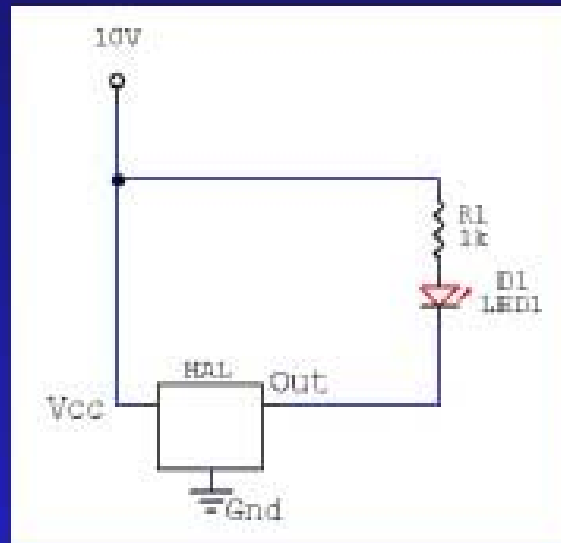
Hall effect devices:

Unilateral switch (a few gauss)

Bilateral switch

Latching switch

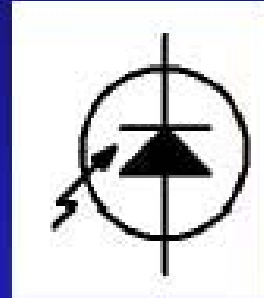
Analog output (100 gauss)



Earth's field: $\frac{1}{2}$ gauss

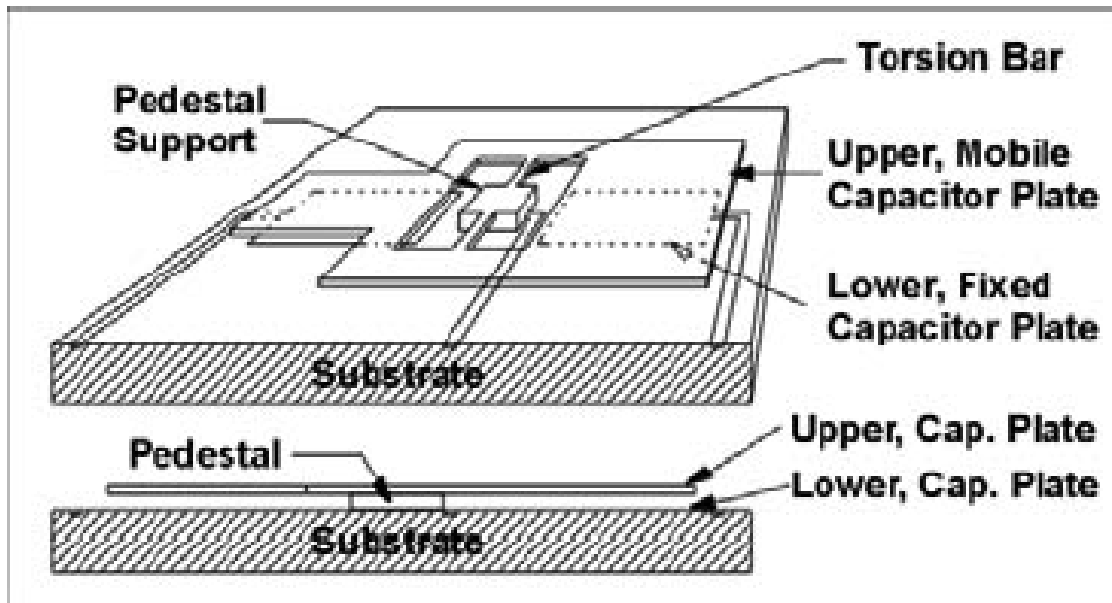
Strong magnet: 1000 gauss

Photodiodes – photons kick up electrons
that conduct through a reverse-biased diode junction

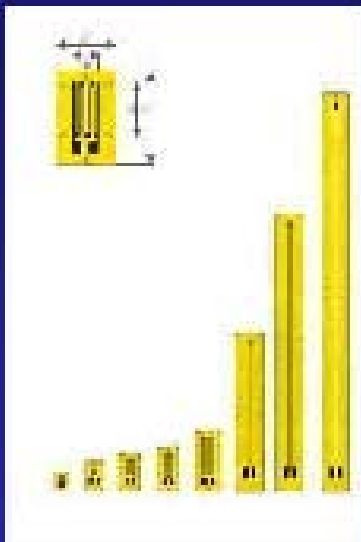


Phototransistor





Strain gauges



Load cells



4- Actuators

- Elctro-mechanical actuators
- Motors
 - DC motors
 - AC motors
 - Stepper motors
- Piezoelectric actuators
- pneumatic and hydraulic actuators
- micro and nana actuators

5- Signals and systems

- Mechatronics modeling
- Signals and systems in Mechatronics
- Response of dynamic systems
- Root locus method
- Frequency response method
- State variable method

- Stability , controllability and observability
- Observers and kalman filters
- Design of digital filter
- Optimal control design
- Adaptive and non-linear control design
- Neural networks and fuzzy design
- Intelligent control for Mechatronics
- Identification and design optimization

6- Software and data acquisition

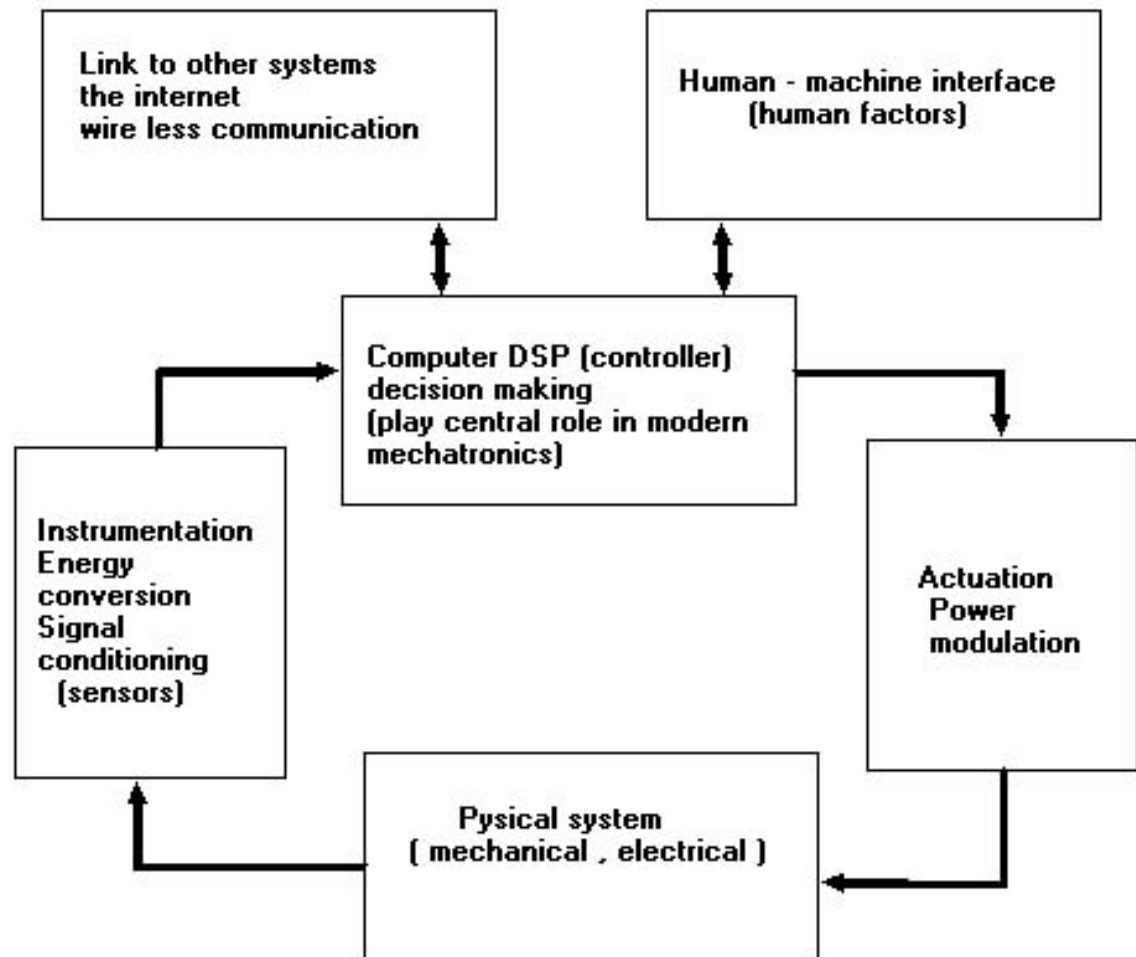
- Data acquisition systems
- Transducers and measurement systems
- A/D , D/A conversion
- Amplifiers and signals conditioning
- Computer based instrumentation system
- Software engineering
- Data recording

6- Computer and logic systems

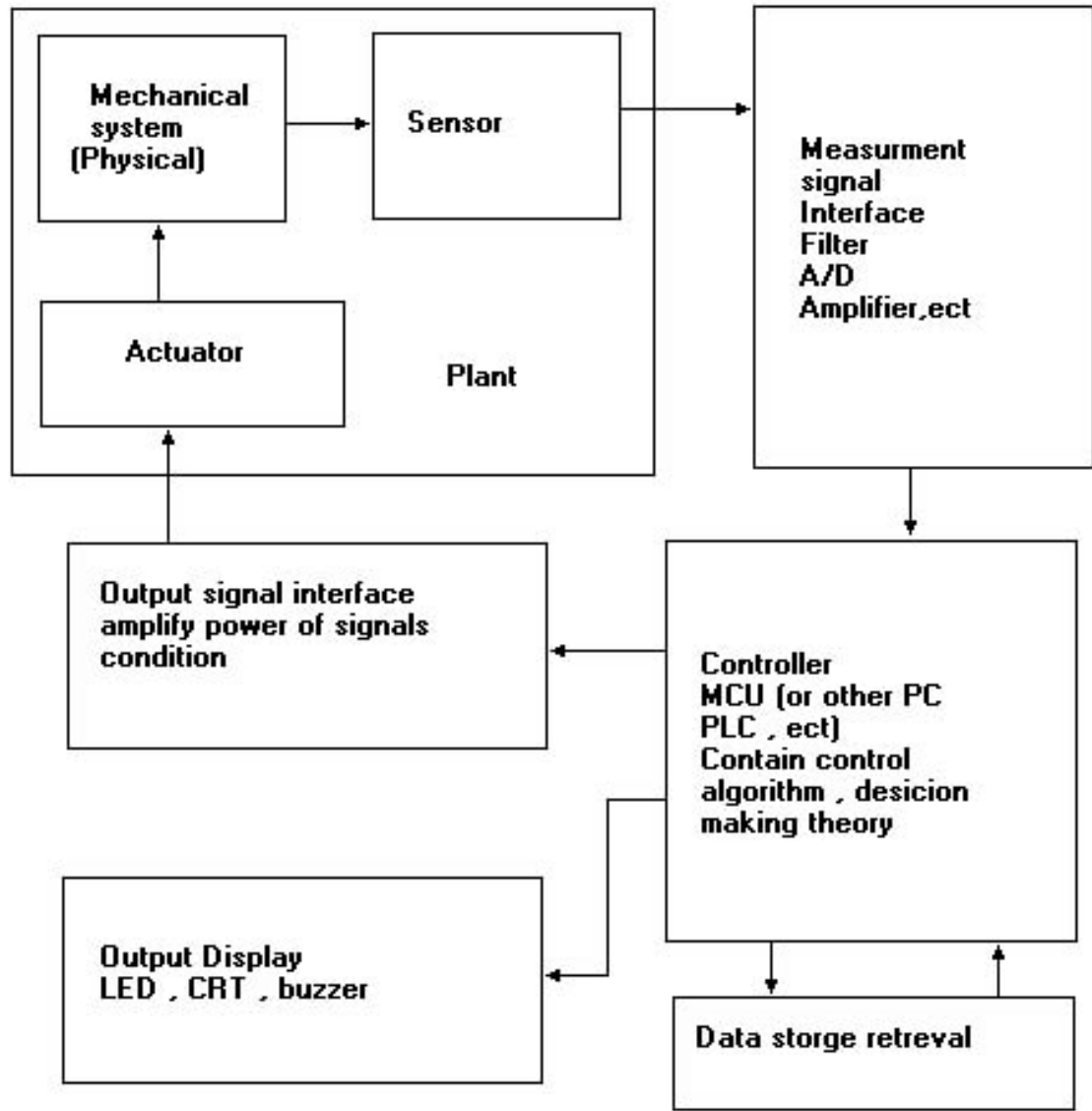
- Digital logic
- Communication systems
- Fault detection
- Logic system design
- Asynchronous and synchronous sequential
- Computer architectures and microprocessors
- System interfaces
- Programmable logic controllers PLC
- Embedded control computer

Introduction of Mechatronics Design

The following figure show the modern Mechatronics system



And this also show the Mechatronics but in general view.



من الشكلين السابقين لاحظنا أن الميكاترونيات تبدأ بفكره واضحة
 عن طبيعة النظام الطبيعي و لا يشترط أن يكون النظام ميكانيكي أو
 كهربى .

وعملياته التصميم تتكون من مجموعه من الخطوات هي

1- اختيار العناصر في جميع المكان أو اختيار مكونات النظام

2- نمذجة و تحليل و تشخيص سلوك هذه العناصر و تشخيص

سلوكها أيضا عند تجميعها مع بعضها

3- حساب النواتج الناشئة من عمليات الدمج بين العناصر و

هل هي تحقق المطلوب أم لا ؟

وأيضا كل منتج أو عملية في الميكاترونيات يكون وحيد في

الوظيفة و الشكل و لكن هذه المنتجات والعمليات تشترك في

التركيب عندما ننظر إليها على هيئة تبين وظائف مكوناتها .

والتصميم يرتبط بالاختيار الأمثل و التصميم الجيد الذي يستثمر

جميع العناصر الموجودة في النظام الميكاتروني و هذا يؤدي

بنظام الميكاترونيات إلى التكامل الذي هو أساس هندسة

الميكاترونيات و تكون صور التكامل في المكونات الميكانيكية و

المكونات الكهربائية و في تكنولوجيا المعلومات أيضا .

فنحن نرى أن هناك ماكينات تتكامل مع الالكترونيات وذلك مثل

ماكينات إنتاج القدرة مثل

electrical drives, pneumatic and hydraulic

drives

والماكينات المستهلكة للقدرة مثل المولدات و المضخات و الكمبيوتر و سور و أيضا يتضح التكامل في مختلف المركبات كالسيارات و الغواصات و الطائرات.

و الماكينات الدقيقة توجد بها الكترونيات طبعا في صوره تكاملية مثل أجهزه الاتصالات و أجهزه معالجه البيانات و الحساسات و المشغلات و الاجهزه البصرية و الاجهزه الطبية .

وتكامل الالكترونيات في هذه الاجهزه يسمح للعديد من الوظائف الجديدة و المحسنة مثل

تحكم السرعة الدقيق في مختلف الظروف و العمليات في أجواء غير مستقره أو خطرته .

هذه الأمثلة توضح التكامل بين مكونات الميكاترونيات و هذا التكامل يتمثل في نوعان و هما

1- التكامل في المكونات

2- التكامل في معالجه المعلومات

أولا التكامل في المكونات أو ما يسمى

(hardware integration) وهذا ينتج عند تصميم نظام

ميكاترونى كنظام عام أو شامل overall system و يكون عبارة

عن وضع و تركيب الحساسات sensors و المشغلات

actuators والمعالجات الرقمية الدقيقة microprocessors

في النظام الميكانيكي .

و الميكروبروسيسور يتكامل أيضا مع المشغلات و مع الحساسات فيما بينهم كما يتكاملون مع النظام .

وهذا يودي إلى حساسات ذكية و مشغلات ذكية و متكاملة و يكون الربط بينهم بواسطة الباص bus connection بدلا من الكابلات المعقدة .

ومن هنا نجد الإمكانيات المتعددة لبناء نظام عام و شامل متكامل بواسطة تكامل المكونات

(hardware integration) والنوع الثاني من التكامل وهو software integration وهذا يعتمد على خصائص التحكم و

اختيار الطريقة المثلي لذلك

Modeling and simulation of Mechatronics system

التطبيقات المحددة والمتنوعة غالباً تحدد متطلبات النظام الميكاتروني و خصائص نظام التحكم

وتكون خصائص هذه التطبيقات أو متطلباتها الأداء العالي وهذا ما يتيح لنا عموماً تحديات جديدة في عمليات التصميم و تكامل التصميم مع التحكم .

وفي عمليات التحكم تساعد الرسوم البيانية في نمذجة ديناميكية النظام الطبيعي و الذي يكون ضروري لتحقيق التكامل .

وهذه الرسوم مثل bond graph representation التي تتيح تقنيات مثل تعديل خصائص النظام التي تؤدي إلى النظام الأمثل .

وهذه المبادئ تطبق أيضاً في المجالات ذات الطاقة المتعددة التي تشمل على مجال أو أكثر من مجالات الطاقة الأتية الطاقة الكهربائية والطاقة الميكانيكية أو المغناطيسية أو الكيميائية.

نمذجة نظام الميكاترونيات يجب أن تبدأ بفكره واضحة عن السلوك الديناميكي للنظام و خصائص الأداء performance

Modeling perspectives

(A) System properties

يتحقق سلوك النظام المناسب بالاعتماد على تكوين مكونات النظام المادية و نظام التحكم وعموما الحدود في أداء النظام تحدد بالمكونات و العلاقات فيما بينها وعلى الرغم من عرض ديناميكية النظام التي لا تحتوى على تركيب النظام فقط و سبب هذا انه يتضمن مميزات لعملية الترابط أو التجميع synthesis process.

المعلومات الإنشائية التي تشمل العلاقات الطبيعية بين المكونات و الأنظمة الفرعية subsystem والتي يوضحها لنا رسم الروابط bond graph و يوضح أيضا عمليات انتقال الطاقة و تبادلها بين هذه الأنظمة و مكوناتها .

المعلومات هي المفتاح في عملية تحليل النظام و في عملية التجميع أو عملية التصميم وهذه المعلومات أو البيانات تشمل على الخصائص الإنشائية للنظام مثل القدرة على عمل التحكم controllability والقدرة على ملاحظه النظام observability وتحديد هوية الأنظمة الفرعية الموجودة في النظام الأساسي المختلفة في مقياس الزمن time scale.

و تطوير هذه القواعد أو البيانات يتبع طريقه للتحليل و التصميم مثل تحديد أماكن المشغلات actuators وأماكن المجسات sensors و التي تعتبر من أهم العمليات في تصميم الماكينات و التحكم والمشغلات تعتمد على العمليات التي تقوم بها الماكينات و تعتمد أيضا على علاقات الربط بين المكونات و الأنظمة الفرعية و الإشارات الداخلة input signals القادمة من المجسات

(B) Achievable performance

كما ذكرنا سابقا أن تكامل التصميم والتحكم في النظام الطبيعي ضروري جدا لتحقيق الأداء المطلوب .

المصممون عادة يضعون في اعتبارهم مظهر النظام aspects لتأكيد أن الأداء المطلوب قد تحقق و من الضروري أيضا ملاحظه تحقيق الأداء المطلوب ويعتمد ذلك على حدود مكونات النظام المادية hardware ثم بعد ذلك نقوم بالبحث نظام التحكم المناسب .

المفتاح الرئيسي في عمليات التحكم والتصميم هو تحديد الخصائص الطبيعية للنظام و الخصائص المميزة characteristics للمكونات المادية التي على أساسها نحقق الأداء المطلوب .

و لتصميم نظام ميكاتروني يعطى لنا أداء كافي يجب أن يقوم المصمم باتباع الأتي وهو تطبيق عمليات الطرق أو النماذج methodology لتحديد ثوابت parameters المكونات المادية اللازمة و الخصائص الطبيعية لكل ثابت وهذا بالتأكد يساعد مهندس النظام لاختيار الثوابت المناسبة في التصميم والمناسبة لكل النظام وقدرتها inherent لتحقيق الأداء المطلوب.

(C) Control system design

النظام الميكاتروني يشمل مجالات عديدة و ظروف تشغيل متعددة ولذلك يجب أن يكون التحكم عملي practical ويتضمن على التنفيذ implementation و الثبات maintainer وان يحقق أيضا تكلفه اقل

و عامل التكلفة حقا يعتبر من أهم العوامل التي دائما تكون مهمة ومن ناحية أخرى أن يكون لديه القدرة أيضا على تصحيح نفسه في حاله الضرورة ليتواكب مع التغير السريع في ديناميكية النظام والنماذج الغير مكرره ولذلك يجب أن يكون أليجوريثم algorithm التحكم عملي وان يتعامل مع عدم الاستقرار وعدم الثبات والتغير السريع والأنظمة الغير خطيه و الأنظمة الغير مؤكدة أو الغير واضحة .

تطبيقات هندسة الميكاترونيات

أنظمة التحكم الأتوماتيكية في السيارات على الطرق السريعة
الأتوماتيكية

Automated steering systems for vehicles on
automated highways



فكره الطرق السريعة الأتوماتيكية

عرفت automated highways systems (AHS)

كطريقة عملية و فعالة في حل مشكلة الزحام المروري و مشكلة

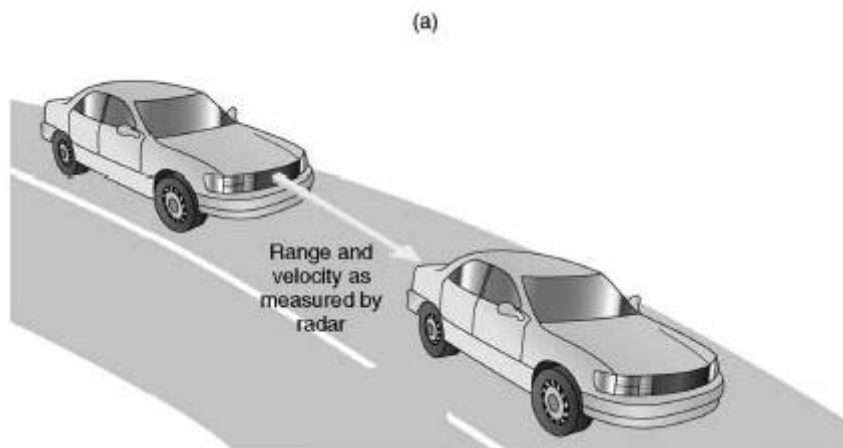
كثرة الحوادث على الطرق السريعة إلى جانب تحسين كفاءة الطرق

السريعة من خلال اعتبارات كثيرة منها الأمان على الطريق و

مشكلات الوقود و اقتصاديات التلوث .

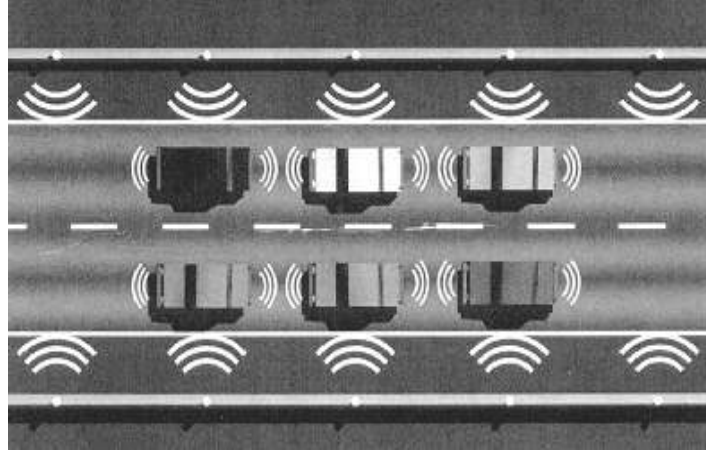
وتعتبر هذه الطرق السريعة الأتوماتيكية (AHS) واحده من أشكال الذكاء فى النظام الميكاترونى فى وسائل المواصلات فكل مركبة على هذه الطرق (AHS) تكون مزودة بحاكمات مثبتة فى الأتجاه الطولي longitudinal و حاكمات أيضا فى الأتجاه العرضي lateral .

والحاكمات المثبتة فى الاتجاه الطولي وظيفتها الحفاظ على مسافة ثابتة أو زمن ثابت time headway بين السيارة و الأخرى التي أمامها وتكون هذه المسافة محددده بقيمة معينه تبعا لنوع الطريق .



والحاكمات المثبتة فى الاتجاه العرضي تحافظ على أن تكون السيارة فى مسار ثابت lane بطول الطريق .

وفى الشكل التالي نلاحظ هذا



ومن وجهه نظر الميكاترونيات أن هذه الطرق السريعة الاتوماتيكية (AHS) تعتبر مثال رائع على تكامل النظام مع مكوناته وتكامل المكونات مع بعضها كما تحدثنا سابقا .

ومن المهم أيضا في هذه الطرق كيفية قياس موضع السيارة و إحدائيتها بالنسبة للطريق .

وقد قامت (PATH)

The Partners For Transit and Highways

Advanced

بوضع معايير عالميه لنظام علامات مغناطيسية magnetic

(nail) marker ويكون مثبت بها أيضا على الطريق

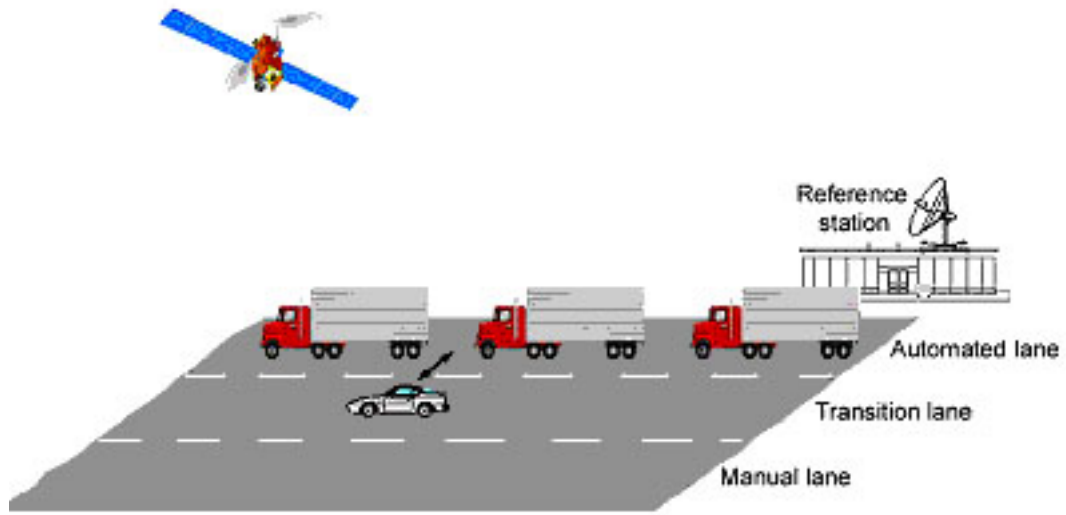
magnetometers و تدفن هذه المجموعة على مسافات

متساوية في كل مسار و على فترات على طول الطريق السريع .

ويعتمد نظام الحساسات على أن تكون مثبتة عند قيمه معينه
reference و يكون هذا محدد على أساس العلامات المغناطيسية
ومن الممكن أن تؤدي إلى إغلاق النظام والتأثير على نظام ضبط
المحاور في السيارة steering وأيضا من الممكن في الحالات
الحرجة أن تؤثر على نظام الفرامل الموجود في السيارة و تؤدي إلى
توقفها تماما .

وتكون هناك أيضا حساسات أو مجسات مثبتة في السيارة ولنتخيل
إذا ثبتنا هذه المجسات عند الإكصدام الأمامي فهذا يؤدي إلى نظره
look ahead صغيره بالمقارنة بمركز ثقل السيارة ومن ناحية
أخرى فان الكاميرا التي تكون مثبتة أيضا في السيارة تعرف هذا
البعد أو النظرة look ahead بمقدار صغير ولكن إذا ثبتنا
المجسات على ارتفاع خمسة أمتار من السيارة فان الكاميرا تعطينا
مقدار كافي من الصورة البعيدة للطريق و لكن هذا غير حقيقي و
يستحيل تنفيذه .

ولذلك العلماء والباحثين في (PATH) وجدوا حلا لهذه لمشكله
وذلك بوضع عدد اكبر من المجسات في مختلف أنحاء السيارة و في
الإكصدام الأمامي و الخلفي.



و تصميم نظام التحكم لهذا النظام الميكاتروني كما عرفنا يعتمد أولا على تحديد طبيعة النظام و هذا ما قمنا به الآن و الخطوة التالية تكون اختيار نظام التحكم الذي يضمن لنا التكامل الفعال بين مختلف مكونات النظام مثل المجسات و توزيعها و المشغلات والتي تكون موجودة في السيارة و التي تتحكم في نظام المحاور و الفرامل ومن خلال الشكل التالي يمكننا ملاحظه مكونات النظام المختلفة و توقع نظام التحكم

