

Smart Buildings

Einsatz von ICT in Gebäuden zur Steigerung der Energieeffizienz

Fachseminar Verteilte Systeme, „Smart Energy“, FS 2010

Dominik Blunschy



Fakten zum Energieverbrauch von Gebäuden

- 40% des weltweiten Energiekonsums
- 33% aller globalen CO₂-Emissionen [1]

Mit „Smart Buildings“-Technologien:

- Einsparungen von bis zu 1.68 GtCO₂e bis 2020
- Wert: Etwa 340.8 Milliarden US-Dollar [2]

[1] D.Gyalistras. Use of MPC for Building Control. Short Course on Model Predictive Control

[2] The Climate Group. Smart Report 2020. Enabling the low carbon economy in the information age

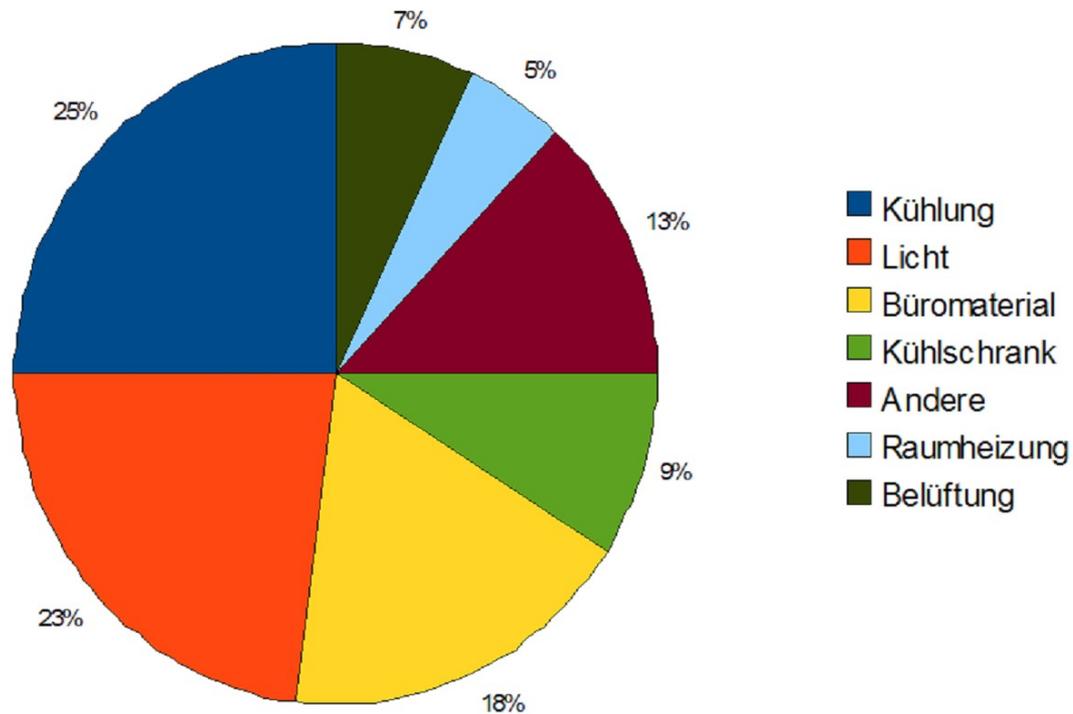
Aufbau und Inhalt

- 1) Einführung und Motivation**
- 2) Heutige Standards
- 3) Einführung in die modellprädiktive Regelung (MPC)
- 4) Anwendungen von prädiktiven Controllern
- 5) Diskussion und Schlussfolgerungen

1) Definition von „Smart Buildings“ [2]

- **Standardize**
- **Monitor**
- **Accountability**
- **Rethink**
- **Transformation**

Energieverbrauch innerhalb von Gebäuden



Zahlen: http://www.energyworks.com/index.php?page=smart_buildings

Aufbau und Inhalt

- 1) Einführung und Motivation
- 2) Heutige Standards**
- 3) Einführung in die modellprädiktive Regelung (MPC)
- 4) Anwendungen von prädiktiven Controllern
- 5) Diskussion und Schlussfolgerungen

2) Heutige Standards

Was kann alles kontrolliert und automatisiert werden?

- Heizung, Kühlung
- Belüftung
- Lichtquellen
- Sicherheitssysteme (Alarm usw.)
- Alle Steckdosen

Zusammenspiel aller Komponenten

3 verbreitete Standards: [3]

- BACnet
- LonWorks
- EIB/KNX

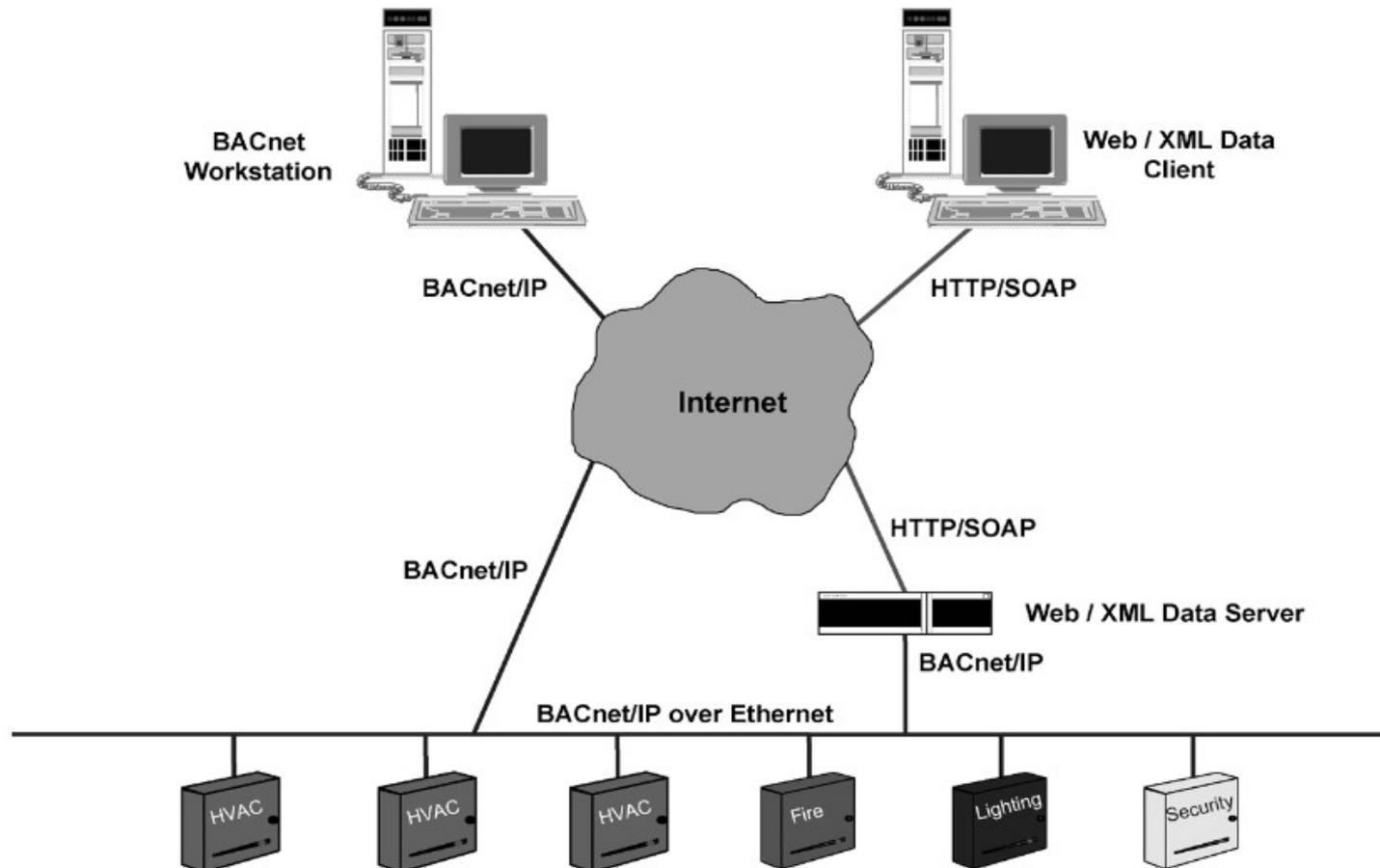
[3] W.Kastner, G.Neugschwandtner, S.Soucek und H.M.Newman. Communication Systems for Building Automation and Control. Proceedings of the IEEE.

BACnet

„Building Automation and Control Networking Protocol“

- Protokoll
- Systeme verschiedenster Arten und Grössen vereinen
- Hohe Interoperabilität
- ISO-Norm 16484-5

BACnet/IP



Bildquelle: [3]

LonWorks

„Local Operating Network“

- Produkt der Firma Echelon
- Bestandteile:
 - LonTalk Protokoll
 - Controller
 - Netzwerk-Management-Tool
- Dezentrale Automatisierung, Geräte kommunizieren über einen Bus miteinander
- ISO-Norm 14908-x

EIB/KNX

„Europäischer Installationsbus“

- Beschreibt den Verbund von Sensoren und Aktoren in Gebäuden
- Sowie deren Kommunikation

- KNX: Nachfolger von EIB
- Hauptziele: Mehr Komfort und Flexibilität
- Als ISO-Norm 14543-3 definiert

Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC)

- Grossteil des Energieverbrauchs von Gebäuden
- Moderne HVAC-Systeme zur Automatisierung
- Fokus fortan auf HVAC

Aufbau und Inhalt

- 1) Einführung und Motivation
- 2) Heutige Standards
- 3) Einführung in die modellprädiktive Regelung (MPC)**
- 4) Anwendungen von prädiktiven Controllern
- 5) Diskussion und Schlussfolgerungen

3) Einführung in die modellprädiktive Regelung (MPC)

Was ist MPC?

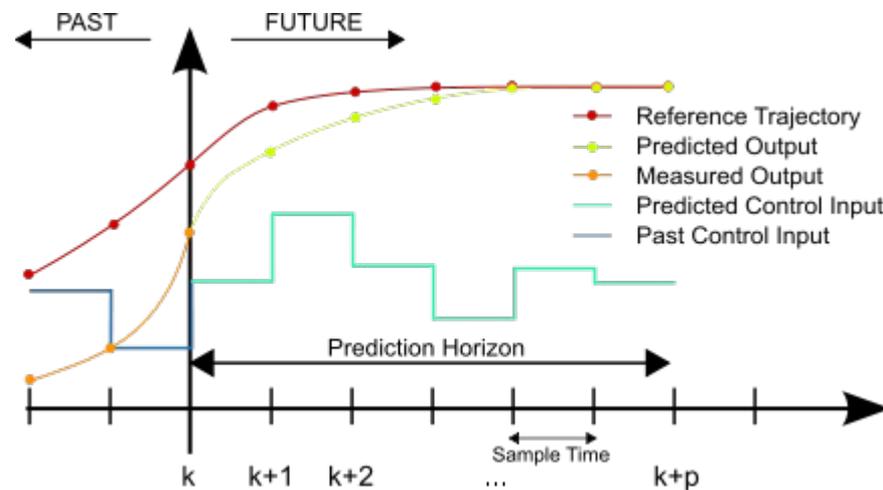
- Mathematische Methode
- Regelung von komplexen dynamischen Prozessen
- Voraussagen von Zuständen

Was ist MPC ?

Allgemein:

- Eingangssignale und momentane Zustände
- Berechnung von Ausgangssignalen
- Auf zukünftige Zustände schliessen
- Prädiktion verwenden um Eingangssignale für weiteren Verlauf zu wählen

Schema des MPC-Prinzips



Mathematischer Hintergrund

- Iterative Methode zur Optimierung innerhalb eines endlichen Zeitintervalls
- Numerische Minimierungs-Algorithmen zur Bestimmung der zukünftigen Kontrollstrategie
- „On-the-fly“-Berechnung durch Lösen von Euler-Lagrange-Gleichungen
- Ziel: Kosten minimieren

MPC allgemein vs. MPC in Smart Buildings

Eingangssignale:

- Momentane Temperatur innerhalb und ausserhalb des Gebäudes
- Anzahl Personen im Gebäude
- Tageszeit
- Luftfeuchtigkeit
- usw.

MPC allgemein vs. MPC in Smart Buildings

Ausgangssignale:

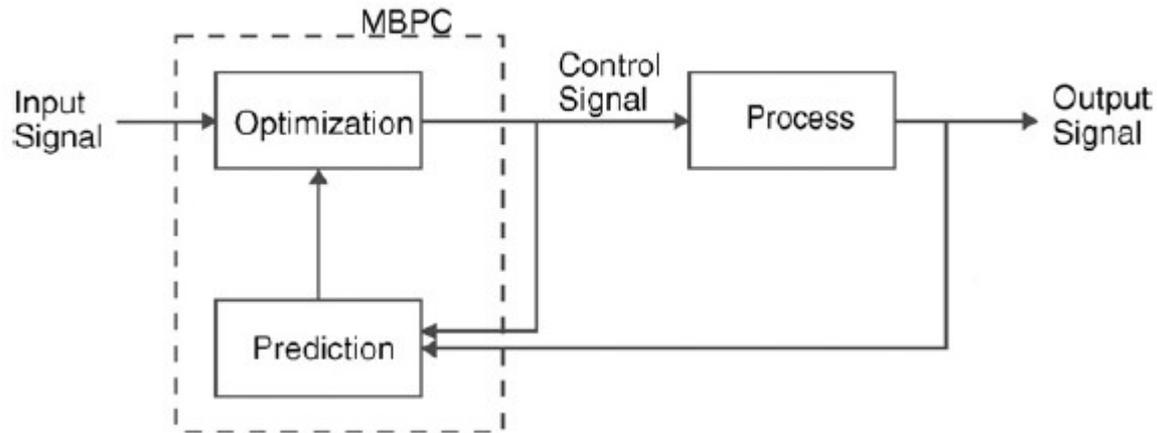
- Heizstufe
- Belüftungsstärke
- Zustand der Jalousien
- Luftbefeuchtungsstärke
- Kühlung durch Klimaanlage

MPC allgemein vs. MPC in Smart Buildings

Kostenminimierung:

- Möglichst geringer Energiekonsum
- Erhaltung möglichst hohen Komforts
- Durch Zusammenspiel der Umgebung mit den dem System angeschlossenen Geräten

Schema eines MPC-Controllers



Herausforderungen... [1]

- Konservative Industrie
- Geringe Erfahrung
- Geteilter Bereich
- Geringe Aufklärung
- Erstkosten

...und Chancen

- **Grosses Sparpotential**
 - Energie
 - Geld
 - Emissionen
- **Systemabhängig**
- **Flexible Lösungen sind gefragt**

Aufbau und Inhalt

- 1) Einführung und Motivation
- 2) Heutige Standards
- 3) Einführung in die modellprädiktive Regelung (MPC)
- 4) Anwendungen von prädiktiven Controllern**
- 5) Diskussion und Schlussfolgerungen

4) Anwendungen von prädiktiven Controllern

- MPC im Kommen
- Komplexe HVAC-Systeme energieeffizient regulieren
- Umgebung in die Kontrolle einfließen lassen

Beispiele für Anwendungsbereiche

- HVAC-Systeme
- Beleuchtung
- Sicherheitssysteme

Konkrete Algorithmen

- Ziel: Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Raum in „Komfortzone“
- Komfort-Optimierung vs. Energie-Minimierung
- MPC macht's möglich!

5 verschiedene Ansätze [4]

- Algorithmen basierend auf einer festgelegten Komfortzone (3)
- Index basierte Algorithmen (2)

Algorithmen basierend auf einer festgelegten Komfortzone

- Alg. 1 basierend auf Festlegung von Temperaturgrenzen, Optimierung der relativen Luftfeuchtigkeit
- Alg. 2 basierend auf Optimierung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit
- Alg. 3 basierend auf Festlegung von Temperaturgrenzen, Minimierung des Energiekonsums

Index basierte Algorithmen

PMV-Index: „Predicted Mean Vote“

- Alg. 4 basierend auf PMV-Optimierung
- Alg. 5 basierend auf Festlegung von PMV-Signalgrenzen, Minimierung des Energiekonsums

Resultate

Kriterien der diversen Fallstudien:

- Leistungsfähigkeit der Controller
- Energiesparpotential

Resultate

- Kein Qualitätsverlust bei sämtlichen Algorithmen (dank Komfortzone)
- Performance schwankt zwischen Algorithmen (Implementationsabhängig)
- Unterschiedliche Priorisierungen
- Kombination macht den entscheidenden Unterschied

Weitere Anwendungen von MPC

Viele weitere Anwendungen

Interessanter Ansatz:

Verwendung von Wetterprognosen

Verwendung von Wetterprognosen [5]

Hauptaugenmerk:

- MPC-Performance
- Wettervorhersagen
- Robustheits-Analyse
- Tunability

[5] F.Oldewurtel, D.Gyalistras, M.Gwerder, C.N.Jones, A.Parisio, V.Stauch, B.Lehman und M.Morari. Increasing Energy Efficiency in Building Climate Control using Weather Forecasts and Model Predictive Control

Verwendung von Wetterprognosen

- Grosses Potential an Verbesserungsmöglichkeiten
- Genauigkeit jedoch nicht überall ausreichend

Aufbau und Inhalt

- 1) Einführung und Motivation
- 2) Heutige Standards
- 3) Einführung in die modellprädiktive Regelung (MPC)
- 4) Anwendungen von prädiktiven Controllern
- 5) Diskussion und Schlussfolgerungen**

5) Diskussion

Einsatz von ICT in der Gebäudetechnik:

Gewinnbringende Revolution oder unnötige Investition
in die Forschung?

Contra-Betrachtung [6]

Kritische Punkte von Smart Buildings:

- Wenn die Energieeffizienz in Gebäuden fehlschlägt
- Mehraufwand an Energie
- Zu kleiner Nutzen der Innovation

[6] M.Ryhaug und K.H.Sorensen. How energy efficiency fails in the building industry

Schlussfolgerungen

- Gewaltige Energiemenge
- Komfort und Ineffizienz
- Einsatz von ICT kann Energie sparen
- MPC kann dabei den Komfort erhalten

Fazit

- Wirtschaftlichkeit fraglich
- Herausforderungen für die Forschung
- Gewaltiges Potential

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen ?

Quellenverzeichnis

- [1] D.Gyalistras. Use of MPC for Building Control. Short Course on Model Predictive Control
- [2] The Climate Group. Smart Report 2020. Enabling the low carbon economy in the information age
- [3] W.Kastner, G.Neugschwandtner, S.Soucek und H.M.Newman. Communication Systems for Building Automation and Control. Proceedings of the IEEE.
- [4] R.Z.Freire, G.H.C.Oliveira und N.Mendes. Predictive controllers for thermal comfort optimization
- [5] F.Oldewurtel, D.Gyalistras, M.Gwerder, C.N.Jones, A.Parisio, V.Stauch, B.Lehman und M.Morari. Increasing Energy Efficiency in Building Climate Control using Weather Forecasts and Model Predictive Control
- [6] M.Ryhaug und K.H.Sorensen. How energy efficiency fails in the building industry