

Modellbaserad utveckling gör det lättare att andas

En allt större del av utvecklingsarbetet sker idag på hög abstraktionsnivå, med modellbaserade verktyg. Här beskriver Fredrik Jalde från Maquet Critical Care AB ett projekt för att göra det lättare att andas i ventilator.

Vanligtvis, när vi vill andas, gör vi det utan att tänka. Men med maskinell ventilation, hur vet maskinen hur mycket luft patienten behöver och när? Mekanismisk intervention kan vara stressande för patienten och för att minimera obehaget, måste maskinen reagera på patientens andningsförsök så snabbt som möjligt.

HUR VI ANDAS

Andningsfunktionen styrs av en signal från andningscentrum i hjärnan. Denna signal färdas genom frenicusnerven och påverkar muskelceller i diafragman, så att muskeln drar ihop sig och diafragman därmed sänks. Detta resulterar i att lufttrycket i luftvägarna sjunker vilket leder till att luft suges in i lungorna.

KONVENTIONELL MASKINELL ANDNING

Konventionella mekaniska ventilatorer känner av när en patient försöker ta ett andetag, genom antingen en sänkning av tryck eller en förändring av flöde. Det vill säga, det sista och långsammaste steget i händelsekedjan används för att känna av patientens andningsförsök. Patienten måste agera innan ventilatorn följer efter.

Detta är mycket arbetsamt, speciellt för svaga patienter. Då konventionella ventilatorer reagerar relativt sent, kan en viss asynkroni uppstå mellan människan och maskinen. Detta kan leda till att patienten känner obehag och frustration. Att använda en ventilator som tar över andningsaktiviteten helt och hållet skall undvikas så långt det är möjligt för att bibehålla patientens egen andningsförmåga och för att stödja spontanandning.

NAVA

För att förbättra maskinell andning och för att göra situationen mer behaglig för patienten, har vi på MAQUET utvecklat ett helt nytt sätt att känna av patientens andningsförsök, kallat NAVA (Neurally Adjusted Ventilator Assist). I stället för att mäta lufttrycket använder vi elektroder som fångar upp den elektriska aktiviteten i diafragman (se fig 1). Den elektriska signalen som registreras av elektroderna kallas



Fig 1. Patient kopplad till NAVA.

EMG (elektromyografi).

Signalbearbetningen göts på EMG för att få det vi benämner Edi-signalen, som bara består av de signaler som är relaterade till diafragman. Edi-signalen sänds till ventilatorn och används för att understödja patientens andning. På detta sätt kan maskinen reagera snabbare på patientens önskemål. Då ventilatorn och diafragman arbetar med samma signal är kopplingen mellan dessa två i princip synkron. De elektriska impulserna i diafragman är den tidigaste signalen vi kan använda med dagens teknologi (se fig 2).

TEST AV NAVA

Nyckelteknologin med NAVA är bearbetningen av EMG-signalen. För att testa EMG-algoritmerna och deras interaktion med SERVO-i-ventilatorn, använder vi en laboratorieuppställning (fig 3) bestående av följande:

- En kateter som levererar uppmätta EMG-signal, eller en simulator som simulerar EMG-signalen som andetag.
- Ett dSPACE DS1005 PPC-kort som processar EMG-signalen.
- En SERVO-i ventilator som kontrollerar den maskinella andningen.

Stimulering av systemet kan göras på fyra olika sätt:

1. Verklig input från en patient eller en volontär. Detta uppnås genom att en kateter förs in i esofagus som plockar upp EMG-signalen från diafragman. Som ett alternativ till att sätta in en kateter i en patient har vi ett system med en vattenrör med två kablar anslutna till en iPod. iPoden genererar två stereosignaler till vattenröret som skapar EMG- och EKG-signalerna.

2. Simulerad input från en



Fig 2. Genom att använda den elektriska signalen från diafragman, plockar NAVA teknologin upp den tidigaste andningssignal som kan upptäckas.

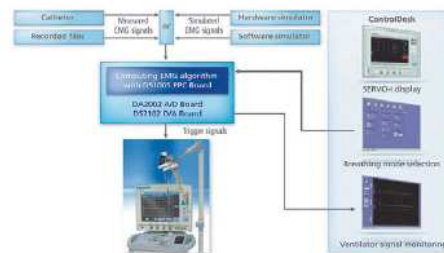


Fig 3. Schema av test- och utvecklingsupställning för NAVA utvecklingsystem.

hårdvarusimulator. En signalgenerator ger en sinussignal på ca 200 Hz.

3. Simulerad input från en mjukvarumodell. Detta implementerades som en Simulink-modell som kan kontrolleras med dSPACE ControlDesk.

4. Filer med patientdata. Filerna läses från en PC och skickas vidare till dSPACE hårdvara i realtid via C-Lib funktion. Filerna väljs ut i ControlDesk.

Alla dessa olika typer av insig-naler har det gemensamt att de innehåller information om andningen – in- respektive utandning – och den önskade styrkan (amplituden) på inandningen. Den modulära hårdvaran från dSPACE, ett DS2002 A/D-kort, tar emot signalerna. Ett DS1005

PPC-kort används för att processa signalen med EMG-algoritmen för att extrahera Edi-signalen. SERVO-i får den analoga Edi-signalen från ett DS2102-kort och signalen används som en triggnings-signal, men även för att stödja patienten genom att ge syre- och lufttryck i proportion till amplituden av Edi-signalen.

Vi använder dSPACE test- och experimentmjukvara ControlDesk för att skapa ett grafiskt interface för vår utveckling och våra tester. Detta har gett oss ett enkelt sätt att hantera och manipulera kontrollmodellen, t ex, att välja ut andningsmode och definiera nivåerna, och att välja mellan simulerade och uppmätta EMG-sig-naler. Vi kunde också övervaka de uppmätta ventilatorsignalerna.

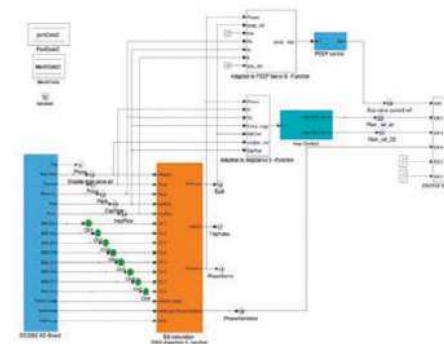


Fig 4. Simulink-modell för EMG-kontroll av SERVO-i.

Den viktigaste användningen av dSPACE systemet har varit vårt arbete med algoritmer för signalbearbetning av EMG-signalen och att sätta upp en prototyp för test utan att behov av implementation i SERVO-i ventilatorn.

NAVA I RUTIN-ANVÄNDNING

NAVA-teknologin, tillsammans med Edi-modulen och Edi-katetern, är ett tillval till vår SERVO-i ventilator, användaren behöver inte köpa en ny ventilator. Men än viktigare är att det finns flera fördelar för patienten, vilket har erfärits vid användning fram till idag:

- Förbättrad synkroni; Med NAVA sker triggningen av ventilatorn så snart den neurala signalen sänds. Vidare är det patientens andningscentrum som avgör nivån på det tryckunderstöd som ventilatorn ger. Det samma gäller tidpunkten för när ett andetag ska avslutas. Direkt när EMG signalen för en inspiration upphör, avslutas andetaget och dess tryckunderstöd. Genom att använda Edi-signalen, förbättras synkronin mellan patient och ventilator.

- Skydd för lungorna; Med NAVA, bestäms nivån av understöd av patientens eget andningsbehov. NAVA gör det möjligt att undvika för högt eller för lågt tryckunderstöd till patienten.

- Patientkomfort; Med NAVA, drivs andningsmuskulaturen och ventilatorn av samma signal. Det levererade understödet anpassas till den neurala efterfrågan. Synkronin mellan patient och ventilator hjälper till att minska patientens obehag och oro, vilket stöder spontanandning.

- Skydd för avlastning och extubering; Edi-signalen kan användas som en indikator för att sätta nivån på ventilatorns understöd, och för att optimera användning. När patientens tillstånd förbättras minskar Edi-amplituden, vilket leder till en minskning av ventilatorns tryckunderstöd. Att trycket sjunker är en indikator för att besluta när man skall avväjna patienten från maskinell andning och extubera. ■ ■ ■

Fredrik Jalde,
Control Engineer Mechatronics,
Maquet Critical Care AB

Originalartikeln publicerad i dSPACE Magazine 1/2009. Svensk dSPACE-representant är Fengco Real Time Control AB, www.fengco.se.