

# Touch Prime: imaging ecografico avanzato costruito su una straordinaria user experience

Autore: Ajay Anand, PhD

## Introduzione

Il Sistema CARESTREAM Touch Prime Ultrasound si basa su di un'architettura di calcolo completamente nuova, allestita per fornire un front-end avanzato e preciso nella formazione del fascio di ultrasuoni (beamforming), nuove modalità di imaging e capacità di ottimizzazione delle immagini automatizzate. Le tecnologie di beamforming e di postelaborazione avanzata traggono notevole beneficio dalla disponibilità di una potenza di calcolo che è considerevolmente aumentata. L'imaging ecografico medicale continua ininterrottamente a sfruttare i progressi in campo consumer, e l'utilizzo delle Graphic Processing Unit (GPU, Unità di elaborazione grafica), in combinazione con un hardware front-end perfettamente integrato, ne è un esempio particolarmente significativo. Proprio in conformità a questo trend, il sistema Touch Prime si basa su un'architettura hardware pensata ex novo ed equipaggiata con tecnologie di imaging ecografico rivoluzionarie. La combinazione di ciò con un'esperienza straordinaria vissuta dall'utente, **fa del Touch Prime la prossima rivoluzione nell'Ecografia.**

Le applicazioni del Touch Prime sono rivolte all'imaging radiologico, ostetrico/ginecologico, muscoloscheletrico, vascolare e cardiologico in generale. Questo white paper evidenzia alcune delle tecnologie chiave disponibili sul Sistema Touch Prime Ultrasound.



## Architettura SynTek: Smart Beamforming di prossima generazione

Nei sistemi ecografici convenzionali, il tempo necessario per acquisire i dati ecografici è soggetto al vincolo fisico della velocità di propagazione del suono nel corpo. Nei tessuti molli, la velocità media è pari a 1540 m/s. I sistemi ecografici convenzionali devono attendere la propagazione del suono, sia nella fase di trasmissione che in quella di ricezione, a causa della natura sequenziale dell'acquisizione, linea per linea, dei dati. Il risultato è che tali sistemi sono costretti a sacrificare il frame rate e la velocità complessiva, forzando spesso il Clinico a scegliere tra frame rate e qualità d'immagine. Ad esempio, è possibile che si sacrifichi la risoluzione temporale per migliorare la risoluzione spaziale.

La limitazione sulla rapidità di acquisizione dei sistemi convenzionali causa una degradazione del frame rate o della qualità d'immagine anche quando si lavora in modalità duplex con il Color Flow (Doppler Imaging). Questo avviene poiché le tecniche color Doppler possono richiedere impulsi multipli per ciascuna linea di scansione, e pertanto i frame rate sono minori di quelli per l'imaging anatomico su scala di grigi alla stessa profondità. Il problema, come menzionato sopra, è che il beamforming convenzionale è vincolato fisicamente dal metodo di acquisizione sequenziale dei dati.

Negli scanner ecografici convenzionali moderni equipaggiati con beamformer digitali, un'altra implementazione diffusa è l'utilizzo di una focalizzazione dinamica in ricezione, ma con un fuoco fisso statico in trasmissione. Con i beamformer digitali, gli eco-segnali vengono focalizzati in continuazione man mano che sono ricevuti dal trasduttore e pertanto i fasci in ricezione vengono mantenuti a fuoco costantemente. Questo avviene aggiornando costantemente i ritardi per il fuoco del beamformer mentre gli echi ritornano da profondità crescenti. Tuttavia, poiché la qualità d'immagine è un prodotto del profilo della focalizzazione di trasmissione e di ricezione, tipicamente si ottiene una qualità d'immagine migliore attorno alla posizione del fuoco di trasmissione, dove la larghezza del fascio è minima.

Negli anni recenti, è stata introdotta la focalizzazione multizona, che è disponibile ampiamente sui sistemi ecografici commerciali. Il metodo si basa sull'utilizzo di trasmissioni consecutive, lungo una direzione data, con il fuoco di trasmissione posto a profondità differenti, e sulla combinazione dei fasci ricevuti da ciascuna di queste trasmissioni per formare una linea di scansione dell'immagine. Tuttavia, per migliorare la qualità d'immagine il metodo compromette il frame rate.

Il Sistema CARESTREAM Touch Prime Ultrasound costituisce un cambio di paradigma rispetto a questi metodi convenzionali, utilizzando un'architettura di sistema completamente nuova che si avvale della potenza di elaborazione della GPU integrata e dell'hardware proprietario per il parallel beamforming. Il parallelismo intrinseco dei dati e l'elevata capacità di

flusso offerti da questa combinazione costituiscono la base per gli algoritmi avanzati di beamforming. Insieme, l'hardware e il software costituiscono l'architettura di beamforming che Carestream presenta come architettura **SynTek**.

L'architettura SynTek differisce significativamente rispetto ai metodi con acquisizione sequenziale linea per linea. Con SynTek, una data zona tissutale viene esposta a segnali ultrasonori in direzioni multiple da impulsi trasmessi in modo indipendente. Gli echi ricevuti dal trasduttore sono sommati in modo coerente, tenendo conto della differenza nel tempo di transito dal trasduttore alla posizione nel tessuto e ritorno, per ciascuno degli impulsi. Così, combinando le informazioni ottenute in modo indipendente, da molti di questi eventi in trasmissione, attraverso la regione d'interesse dell'imaging, l'architettura SynTek sintetizza di fatto un fascio di trasmissione che è stretto non solo in un singolo punto o in una singola regione dell'immagine (in prossimità del fuoco di trasmissione dell'imaging convenzionale), ma bensì sull'intera regione, fornendo una qualità d'immagine migliore.

In un sistema convenzionale, l'utilizzo di questo schema di trasmissione con impulsi multipli causerebbe una riduzione del frame rate. Tuttavia, l'acquisizione parallela e le capacità di elaborazione in tempo reale dell'architettura SynTek implicano il minimo di compromesso tra frame rate e qualità d'immagine.

### Sommario: l'architettura SynTek

I vantaggi forniti dall'architettura SynTek sono molteplici:

- Si migliorano risoluzione d'immagine e penetrazione, poiché si combinano in modo coerente fasci multipli in corrispondenza di ciascuna profondità, posizione per posizione, con il risultato di un rapporto Segnale/Rumore migliore.
- Si aumentano i frame rate grazie al numero ridotto di trasmissioni utilizzate per creare l'immagine.
- Dato che per ricostruire una data linea di scansione si utilizzano fasci multipli che si sovrappongono, il fascio trasmesso è focalizzato contemporaneamente su molteplici profondità, rendendo meno critica anche la posizione del fuoco di trasmissione. Nell'imaging color flow e Doppler, l'architettura SynTek permette una visualizzazione più coerente di differenze minime di contrasto dei tessuti, migliorando simultaneamente la capacità di vedere le strutture più piccole. Si ottengono maggiori informazioni in profondità e anche un aumento dei frame rate, migliorando la visualizzazione delle strutture in movimento.

#### Benefici clinici dell'Architettura SynTek

- Risoluzione laterale uniforme sull'intera profondità, rendendo meno critica la posizione del fuoco di trasmissione
- Frame rate elevato conservando allo stesso tempo la risoluzione spaziale
- Migliore penetrazione (ad es. per l'imaging addominale profondo)

L'immagine che segue è una scansione addominale del fegato acquisita con il trasduttore 6C2 sul Sistema Touch Prime Ultrasound.



*La figura mostra l'eccellente risoluzione spaziale e di contrasto che si estende sull'intera immagine conservando i dettagli clinici.*

### Smart System Control (SSC)

Lo Smart System Control (SSC) è un'altra tecnologia rivoluzionaria disponibile sul sistema Touch Prime, che utilizza la potenza delle GPU e del calcolo in parallelo per il miglioramento del workflow ecografico. È una **tecnica di ottimizzazione in tempo reale** implementata sul sistema Touch Prime per regolare automaticamente oltre 25 parametri differenti (inclusi alcuni che non sono sotto il controllo dell'utente) per fornire all'operatore una qualità d'immagine ottimale. Fondamentalmente fornisce un sistema automatico di regolazione che va oltre il tradizionale controllo tastiera/operatore. La tecnologia SSC ha una prospettiva dettagliata e un controllo d'insieme su tutti i parametri e sulle loro interrelazioni.

La tecnologia SSC può essere utilizzata nel B-mode, nel Color mode e nelle modalità Doppler. Per determinare le impostazioni ottimali, l'algoritmo impiega come input la preferenza dell'utente per il frame rate o per la risoluzione e ottimizza automaticamente gli altri parametri. L'ottimizzazione è eseguita in background in modo continuo e in tempo reale e non richiede che l'utente l'avvii dalla console per ciascuna scansione.

Quelli che seguono sono esempi di parametri di sistema che l'SSC regola automaticamente durante il funzionamento del sistema:

Modo ecografico	Parametri
B-mode	<ul style="list-style-type: none"><li>Densità delle linee</li><li>Numero di zone focali</li><li>Numero di fasci trasmessi</li><li>Numero di Compounding angle (angoli che vengono combinati)</li></ul>
B-mode + Color (Duplex)	<ul style="list-style-type: none"><li>Densità delle linee in B-mode e Color</li><li>Numero di impulsi trasmessi in ciascun pacchetto di forma d'onda (impulsi per ciascuna stima)</li></ul>

La tecnologia SSC assicura costantemente, se pur con una limitata interazione dell'utente, l'ottimizzazione delle immagini, ottenendo un miglioramento del workflow e dell'affidabilità diagnostica. Potenzialmente è in grado di ridurre i tempi d'esame poiché non è necessario regolare manualmente i parametri di imaging. Il risultato è un'immagine ottimizzata con un minore numero d'interventi sui tasti hard e soft del touch panel da parte dell'utente. L'intento, considerato in modo più ampio, è che, per le applicazioni routinarie, la tecnologia SSC possa produrre direttamente immagini ottimizzate, con cambiamenti manuali minimi da parte dell'operatore.

### Oltre le performance di imaging

Con la potenza di SynTek e dell'elaborazione con GPU, il Sistema CARESTREAM Touch Prime Ultrasound, nella sua prima versione, utilizza solo una piccola frazione della sua potenza. Il sistema, grazie anche all'interfaccia utente programmabile di tipo touch, è una piattaforma ideale per eseguire l'upgrade senza richiedere modifiche rilevanti all'hardware. Dato che Carestream continua a innovare con miglioramenti alle performance di imaging e con nuove funzionalità, il sistema si presta a una "upgradabilità" facile e dispone della potenza per ulteriori applicazioni innovative.

Quelli che seguono sono esempi di tali applicazioni innovative disponibili con la prima versione.

### Smart Flow Imaging

Per valutare il flusso ematico nelle arterie e nelle vene, l'ecografia Doppler utilizza la variazione di frequenza che si verifica quando le onde sonore sono riflesse da un oggetto in movimento. Queste immagini sono utilizzate per scoprire ostruzioni ed emboli, stenosi dei vasi ematici e malformazioni vascolari congenite. Nell'imaging color Doppler, le acquisizioni eseguite sugli echi sono visualizzate mediante colori che indicano la velocità e la direzione del flusso ematico. Queste si utilizzano per individuare, ad esempio, i vasi stenotici e i piccoli "getti" di sangue associati alle anomalie vascolari. L'imaging Power Doppler è ancora più sensibile del color Doppler, poiché visualizza il flusso ematico attraverso piccoli vasi come quelli che alimentano i tumori nella tiroide e nello scroto, e anche le lesioni appena al di sotto della pelle. La tecnica Spectral Doppler calcola e poi traccia la velocità del sangue in base allo spazio che percorre nel tempo. L'abituale ecografia color e spectral Doppler misura la velocità delle componenti del flusso verso il trasduttore e in allontanamento dal trasduttore; utilizzando l'angolo del fascio di ultrasuoni rispetto alla direzione del flusso per calcolare la velocità effettiva del flusso attraverso il vaso.

Nelle implementazioni convenzionali, l'accuratezza dei calcoli Doppler dipende dalla conoscenza precisa della direzione del fascio di ultrasuoni e della direzione del flusso nel vaso (e dell'angolo  $\alpha$  tra tali direzioni).

Come mostrato dall'equazione Doppler che segue, quando il fascio di ultrasuoni è perpendicolare al vaso ( $90^\circ$ ), il calcolo è impossibile, poiché non c'è alcuna componente del flusso nella direzione del fascio. In effetti, se la "insonazione" (esposizione agli ultrasuoni) avviene secondo un angolo superiore a  $60^\circ$ , la misurazione è impossibile, poiché in questo caso piccoli errori nella misurazione delle due direzioni generano grandi differenze nei risultati.

$$\text{Frequenza doppler } (f_d) = \frac{2 \cdot f_t \cdot V \cdot \cos\theta}{c}$$

$f_d$  = spostamento doppler  
 $f_t$  = frequenza del fascio trasmesso  
 $c$  = velocità del suono nel tessuto  
 $V$  = velocità del flusso ematico  
 $\theta$  = angolo di incidenza tra il fascio di ultrasuoni e la direzione del flusso

Smart Flow imaging è una tecnologia d'avanguardia disponibile sul Sistema Touch Prime Ultrasound che ha il potenziale per rivoluzionare il workflow in molte applicazioni ecografiche Doppler. Oltre a rivelare i dettagli del pattern del flusso, fa risparmiare tempo prezioso e rende molto più facile l'esame. Il nuovo metodo proprietario Smart Flow **visualizza il flusso ematico in tutte le direzioni, indipendentemente dall'angolo di imaging**. Per superare le limitazioni di angolo dell'ecografia Doppler ordinaria, Smart Flow utilizza una tecnica denominata Transverse Oscillation che crea un'effettiva oscillazione ultrasonora perpendicolare al fascio di trasmissione – un'oscillazione nella direzione trasversale (Jensen JA 2001; Jensen JA, Munk P 1998). La tecnologia Smart Flow genera, infatti, un pattern d'interferenza 2D nel segnale ecografico ricevuto. Questo permette al sistema di calcolare non solo la componente assiale della velocità (come il color Doppler tradizionale), ma anche la componente trasversale. Pertanto, la tecnologia Smart Flow **elimina la dipendenza dall'angolo e rende possibile sia la rivelazione che la visualizzazione dei flussi complessi**.

Per visualizzare le informazioni ottenute con la tecnologia Smart Flow sulla piattaforma Touch Prime, si utilizzano la codifica a colori e/o una serie di frecce. In aggiunta al colore, la lunghezza della freccia indica l'entità del flusso mentre l'orientamento della freccia indica la direzione del flusso.

Le figure che seguono mostrano un confronto tra l'imaging color flow convenzionale e la nuova tecnologia Smart Flow in una scansione dell'arteria carotide. Il color flow convenzionale (a sinistra) produce dei drop-out (regioni senza flusso) quando all'interno del vaso il flusso è orientato perpendicolarmente al fascio acustico (senza steering del Color box). Per la stessa area anatomica, l'immagine Smart Flow (a destra) visualizza informazioni continue e stabili nel flusso per l'intero lume, anche quando questo è perpendicolare al fascio acustico.



Confronto tra l'imaging con color flow convenzionale (a sinistra) e con Smart Flow (a destra) in una scansione dell'arteria carotide

La figura seguente mostra un'immagine Smart Flow della vena giugulare (sopra) e dell'arteria carotide (sotto) in un volontario, acquisita con un trasduttore 8L2. Le frecce indicano direzioni opposte di flusso, con lunghezze crescenti delle frecce verso il centro del lume della carotide, a indicare velocità più elevate.

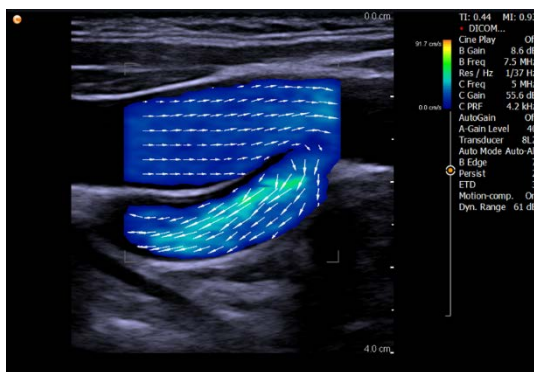


Immagine Smart Flow della vena giugulare e dell'arteria carotide con frecce che rappresentano la direzione e l'entità della velocità

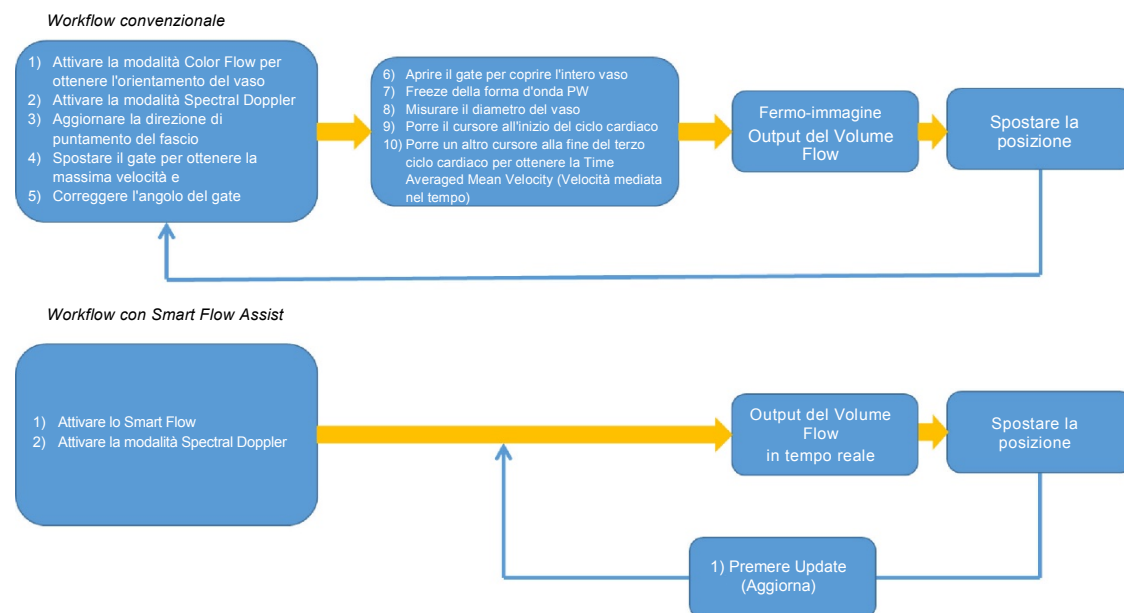
Concludendo, la tecnologia Smart Flow fornisce una rappresentazione visiva intuitiva del flusso in tutte le direzioni, rendendola molto adatta alla visualizzazione del flusso trasversale e dei pattern complessi di flusso, compresa la turbolenza. Le misurazioni sono indipendenti dall'angolo. La tecnologia permette un workflow più rapido poiché si ha una vista emodinamica complessiva senza dover orientare la sonda. I risultati sono maggiormente ripetibili, hanno una minor dipendenza dall'operatore.

### Smart Flow Assist

L'imaging Spectral Doppler viene eseguito comunemente per quantificare i profili di flusso nei vasi sanguigni. La misurazione è visualizzata come tracciato con forma d'onda, che esprime la distribuzione di velocità (profilo) in funzione del tempo in una posizione spaziale assegnata. Per l'ottenimento di un profilo di velocità, i passaggi tipici includono: 1) Attivazione della modalità Color Flow per ottenere l'orientamento del vaso, 2) Attivazione della modalità Spectral Doppler, 3) Aggiornamento della direzione di puntamento del fascio, 4) Spostamento del gate per ottenere la velocità più elevata, e 5) Correzione del gate per l'angolo. I passaggi citati richiedono uno sforzo manuale da parte dell'utente e inoltre i passaggi 3-5 devono essere ripetuti muovendo il trasduttore. Al contrario, la tecnologia Smart Flow Assist **elimina la necessità di regolazioni manuali ripetute**. Con le funzioni proprietarie della tecnologia Smart Flow Assist, il software aggiorna automaticamente il puntamento del fascio, la posizione del gate e la correzione per l'angolo. L'aggiornamento è continuo, anche durante il movimento del trasduttore.

I benefici della tecnologia Smart Flow Assist sono ancora più pronunciati quando si misura il volume flow (VF). In questa situazione, il workflow per ottenere il VF è ridotto da 10 passaggi (per un VF su un'immagine con "freeze" - e altri 10 per ciascuna nuova posizione) a 2 passaggi (e uno ulteriore per ciascuna nuova posizione).

## White paper tecnologico | Sistema CARESTREAM Touch Prime Ultrasound



Confronto del workflow con e senza Smart Flow Assist per la misurazione del Volume Flow (VF)

### Conclusioni

Il Sistema CARESTREAM Touch Prime Ultrasound fornisce diverse tecnologie ecografiche avanzate, che si avvalgono della potenza di elaborazione della GPU ottenendo performance di imaging migliori. Il sistema propone un metodo di beamforming di ultima generazione che, rispetto ai sistemi convenzionali, conduce a un miglioramento simultaneo del frame rate e della risoluzione spaziale, e all'automazione delle impostazioni della

scansione ecografica, con un miglioramento dell'efficienza del workflow. Queste tecnologie innovative, in combinazione con funzionalità eccezionali che migliorano la user-experience, come ad esempio il pannello di controllo all-Touch, il sapiente design del sistema secondo criteri ergonomici, e l'attivazione one-touch dei trasduttori, rendono il Touch Prime un sistema da scegliere per le applicazioni di imaging radiologico, ostetrico/ginecologico, muscoloscheletrico, vascolare e cardiologico in generale.

*Ajay Anand è un membro del Team R&D Ecografia di Carestream Health. Ha più di 10 anni d'esperienza nella direzione dello sviluppo di nuove tecnologie ecografiche, che hanno condotto allo sviluppo di tecnologie ecografiche innovative, ed è coinventore in oltre 20 domande di brevetto nel campo dell'ecografia medica.*

### Bibliografia

Jensen JA, "A new estimator for vector velocity estimation" IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control 2001; 48 (4): 886-894.

Jensen JA, Munk P "A new method for estimation of velocity vectors", IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control 1998; 45 (3): 837-51.