

STIMA DELL'ACQUA LIQUIDA DELLE NUBI MEDIANTE RADIOMETRIA DA TERRA

F. Del Frate, G. Schiavon, D. Solimini

Dipartimento di Informatica, Sistemi e Produzione – Università di Roma “Tor Vergata”
Via del Politecnico 1, I-00133 Rome, Italy
(delfrate@disp.uniroma2.it, schiavon@disp.uniroma2.it, solimini@disp.uniroma2.it)

P. M. Simpson, E. C. Brand, C. L. Wrench

Radio Communications Research Unit, CLRC-Rutherford Appleton Laboratory
Chilton, DIDCOT, Oxfordshire, OX11 0QX, UK
(P.M.Simpson@rl.ac.uk, E.C.Brand@rl.ac.uk, C.L.Wrench@rl.ac.uk)

Abstract

An inversion technique based on neural networks is used to retrieve profiles of cloud liquid from ground-based multifrequency data acquired by a radiometer at the RAL Chilbolton Observatory site. The effectiveness of the approach has been assessed by comparing the retrieved liquid density with both the reflectivity factor measured by a co-located 94 GHz radar and the backscattering coefficient measured by a lidar ceilometer. The Doppler capability of the radar has been exploited to discriminate between cloud liquid, rain and ice.

INTRODUZIONE

La stima quantitativa del vapor d'acqua atmosferico e dell'acqua liquida contenuta nelle nubi è critica per il progresso negli studi sul bilancio della radiazione sul pianeta Terra e sui processi di microfisica nelle nubi.

Le caratteristiche di emissione delle idrometeore e il trasferimento radiativo nelle nubi dipendono dalla frequenza. Di conseguenza, un radiometro multifrequenza ha la potenzialità di determinare i profili delle quantità microfisiche delle nubi.

Questo lavoro descrive un esperimento in corso all'osservatorio di Chilbolton del Rutherford Appleton Laboratory in UK, volto ad esaminare la consistenza della distribuzione di acqua liquida delle nubi derivata dalle misure radiometriche con le caratteristiche fornite da strumenti attivi. Sono stati stimati profili di liquido mediante l'inversione delle temperature di brillantezza misurate da un radiometro multifrequenza a onde millimetriche posto al suolo [1], messo a disposizione dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA/ESTEC), con un algoritmo di rete neurale. E' stato effettuato un confronto tra le quantità stimate e l'informazione sullo stato dell'atmosfera fornita da un radar a 94 GHz [2] e un lidar a 905 nm [3] collocati nella stessa posizione del radiometro.

La stima è stata effettuata mediante un algoritmo basato su reti neurali, le cui potenzialità nella stima di profili di temperatura e vapore atmosferici è già stata provata [4, 5, 6].

L'ALGORITMO

E' stato sviluppato, addestrato ed usato, un algoritmo di inversione, basato su una rete neurale a tre strati, per la stima dei profili di acqua liquida a partire dalle misure radiometriche e dalle quantità meteorologiche misurate al suolo. L'addestramento della rete neurale si è basato sui profili di pressione atmosferica, temperatura e umidità relativa misurate mediante radiosondaggi nel sito di Herstmonceaux, nell'Inghilterra meridionale, la cui posizione fa ritenere sia rappresentativo delle condizioni climatiche di Chilbolton. Gli insiemi di training e di test sono stati costituiti da più di 11000 radiosondaggi, acquisiti tra il 1993 e il 2000 e suddivisi in quattro insiemi di tre mesi, ciascuno dei quali definisce una diversa stagione. Sono state calcolate le temperature di brillanza che sarebbero state misurate alle frequenze radiometriche di 22.235, 23.87, 31.65 GHz dal radiometro puntato allo zenit, in corrispondenza di ogni radiosondaggio, usando il modello di propagazione a onde millimetriche MPM di Liebe [7].

L'addestramento è stato effettuato fornendo alla rete neurale coppie di vettori in ingresso e in uscita. I vettori di input costituiti dalle temperature di brillanza e dalle misure al suolo di temperatura, umidità e pressione, quelli di output dai valori di densità di acqua liquida a 27 livelli di quota.

L'algoritmo è stato utilizzato per invertire le temperature di brillanza misurate dal radiometro multifrequenza operativo a Chilbolton.

L'ESPERIMENTO

Serie temporali di misure radiometriche di diversa durata, da circa 20 ore fino a diversi giorni, sono state acquisite nell'anno 2001. Sono state selezionate diverse acquisizioni di temperature di brillanza di consistente lunghezza e sono state invertite, ottenendo le corrispondenti serie temporali di profili di acqua liquida. Questi ultimi sono stati confrontati con le distribuzioni verticali di fattore di riflettività misurate da un radar Doppler completamente coerente a 94 GHz, che ha la capacità di misurare l'intero spettro delle velocità delle idrometeore osservate. Le misure effettuate dal radar sono state integrate con le osservazioni effettuate contemporaneamente da un lidar a 905 nm, che si è rivelato particolarmente utile nel fornire informazioni su configurazioni di liquido troppo sottili per essere rivelate da uno strumento a onde millimetriche.

In figura 1 sono riportati come esempio i profili di densità di acqua liquida delle nubi stimata mediante l'algoritmo di rete neurale dalle misure radiometriche, confrontati con la riflettività radar, la velocità delle idrometeore e il coefficiente di backscattering misurato dal lidar, acquisiti durante il 6 ottobre 2001.

Il confronto tra i profili di liquido ricavati dall'inversione delle misure radiometriche, quelli di riflettività radar e quelli di backscattering misurati dal lidar ha messo in evidenza diverse caratteristiche interessanti, indicando la ragionevolezza generale delle stime, nonostante le difficoltà del problema.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR).

Gli autori ringraziano Pedro Baptista dell'ESA/ESTEC per le stimolanti discussioni e per i suoi sforzi organizzativi.

Il radiometro multifrequenza, il radar a 94 GHz e il lidar sono stati messi a disposizione dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA/ESTEC).

Si ringrazia il British Atmospheric Data Centre (BADC) per aver consentito l'accesso ai radiosondaggi del Met Office.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Battistelli, E., C. Capitani, A. Culebras, F. Del Frate, G. Schiavon, B. Arbesser-Rastburg, and J. P. Baptista, A multifrequency mm-wave radiometer (MFR): instrument description and retrieval algorithm, *Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment*, 529–536, D. Solimini, Ed., VSP Press, Utrecht, The Netherlands, 1995.
- [2] Eastment, J. D., A Fully-Coherent 94 GHz Radar for the Characterisation of Clouds, *Proc. of 29th AMS International Conference on Radar Meteorology*, Montreal, Canada, pp. 442–445, July 1999.
- [3] Kahkonen, T., J. E. Kallio, J. Lonnquist, Development of a High-Altitude Ceilometer, *ESA/ESTEC Contract No. 10551/93/NL/JV*, March 1996.
- [4] Del Frate, F. and G. Schiavon, A combined natural orthogonal functions/neural network technique for the radiometric estimation of atmospheric profiles, *Radio Sci.*, 33, 405–410, 1998a.
- [5] Del Frate, F., and G. Schiavon, Neural networks for the retrieval of water vapor and liquid water from radiometric data, *Radio Sci.*, 33, 1373–1386, 1998b.
- [6] Del Frate, F., and G. Schiavon, Nonlinear principal component analysis for the radiometric inversion of atmospheric profiles by using neural networks, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 37, pp. 2335–2342, 1999.
- [7] Liebe, H. J., G. A. Hufford, and M. G. Cotton, Propagation modeling of moist air and suspended water/ice particles at frequencies below 1000 GHz, *AGARD 52nd Specialists' Meeting of the Electromagnetic Wave Propagation Panel*, Palma De Mallorca, Spain, 3-1–3-10, 1993.

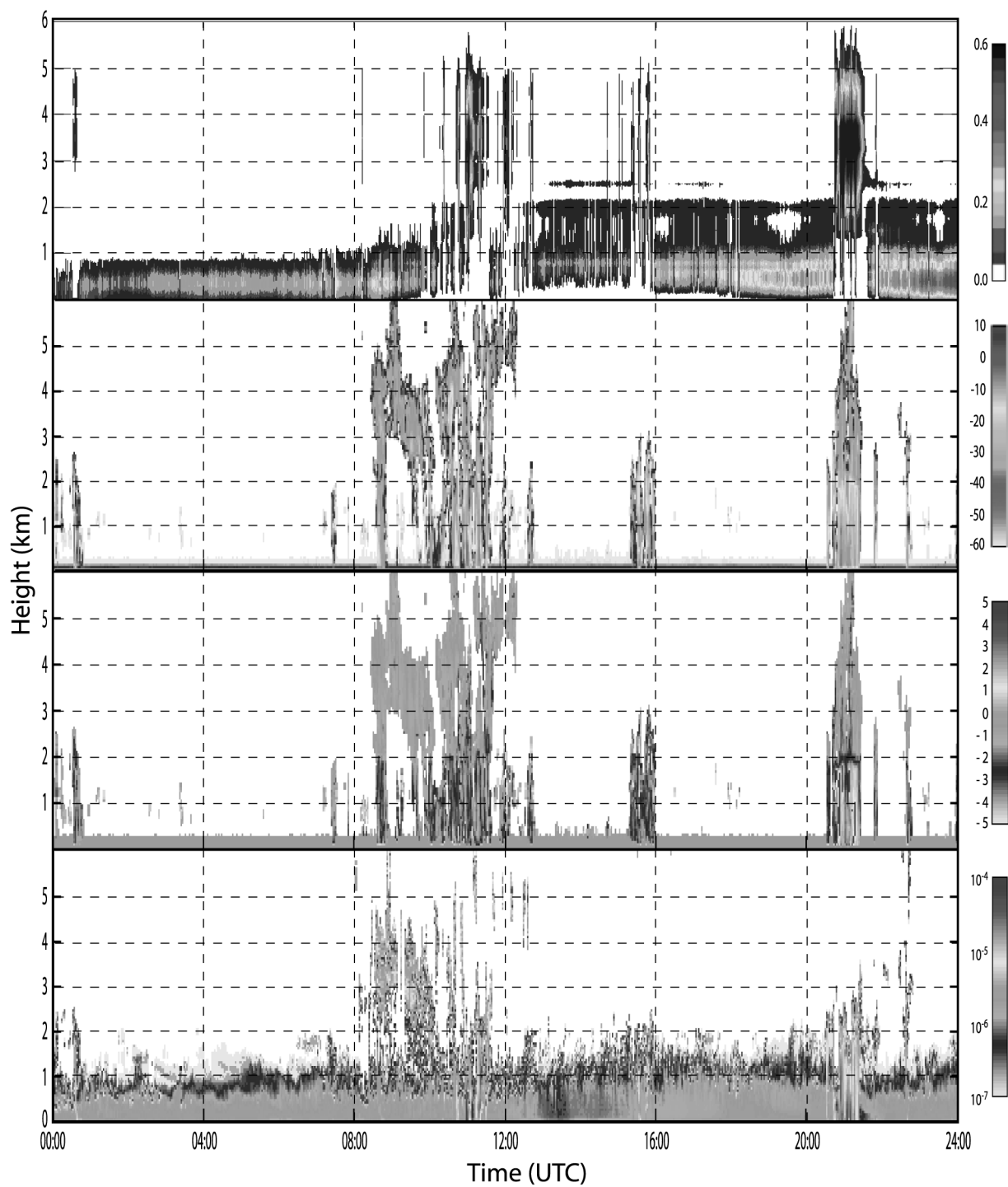


Figura 1: 6 ottobre 2001, dall'alto in basso: profili stimati di acqua liquida (g/m^3), fattore di riflettività radar (dBZ), velocità verticale delle gocce (m/s), coefficiente di backscatter lidar ($\text{sr}^{-1}\text{m}^{-1}$), al variare del tempo.